

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DISTRIBUIDO DE ANTENAS
ACTIVO PARA MEJORA DE COBERTURA Y CAPACIDAD CELULAR
2G/ 3G EN EDIFICIOS ALTOS.**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:
JHON GRANDEZ MACHUCA**

**PROMOCIÓN
2010-I
LIMA-PERÚ
2013**

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DISTRIBUIDO DE ANTENAS
ACTIVO PARA MEJORA DE COBERTURA Y CAPACIDAD CELULAR
2G/ 3G EN EDIFICIOS ALTOS.**

A mi familia:

En especial a mis padres Lucila y Melquiades por su constante incentivo y exigencia para nuestra superación profesional, y a mí enamorada Cinthya que siempre me brinda su apoyo frente a los nuevos retos que se presentan en la vida profesional.

SUMARIO

En el presente trabajo se describe una alternativa para lograr la mejora de cobertura y capacidad de la *interfaz aire* aplicando la solución "Sistema de antenas distribuidas Activo" el cual incluye: Diseño de cobertura de radio frecuencia para interiores y el análisis de resultados en una implementación frente a otras tecnologías, la primera está orientada a la distribución de antenas en el interior del edificio para asegurar la cobertura optimizando el uso del canal de radio y minimizando zonas de traslape de sectores reduciendo así la interferencia en sistemas susceptibles al ruido tal como acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA) y la segunda permite hacer un análisis de los resultados de la implementación de este sistema. Esta solución es independiente al proveedor de radio bases.

La solución mencionada es necesaria puesto los requerimientos de cobertura y capacidad de zonas con gran número de subscriptores tal como centros comerciales, estadios, edificios corporativos, campus, etc. Donde la demanda de servicios de voz y datos es alta, se requiere de un sistema dedicado a atender dicha demanda y a la vez liberar de carga de usuarios la red macro externa. Por ello se busca usar los recursos existentes pero permitiendo que se cursen más llamadas, atendiendo así a un mayor número de clientes. En el marco teórico se ha resumido la información relacionada a las comunicaciones móviles a fin de que se pueda comprender la solución realizada.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA	2
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Objetivos del trabajo.....	2
1.3 Evaluación del problema	2
1.4 Alcance del trabajo.....	3
1.5 Síntesis del trabajo.....	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	5
2.1 El mundo inalámbrico dentro de los edificios.....	5
2.2 Motivación para celdas pequeñas.	5
2.3 Aplicaciones inalámbricas en interiores.....	6
2.4 Evolución de las tecnologías inalámbricas.	6
2.5 Sistemas de Antenas distribuídas (DAS)	9
2.5.1 DAS pasivo.....	10
2.5.2 DAS Activo.	12
2.5.3 DAS Híbrido.	14
2.6 Modelos de propagación en interiores.....	15
2.6.1 Modelos de propagación empíricos o estadísticos	16
2.6.2 Modelos de propagación deterministas	16
2.6.3 Modelo de Pérdida de Trayecto basado en COST 231.....	17
2.7 Mediciones de radio frecuencia	17
2.7.1 Tecnología 2G - GSM.....	18
2.7.2 Tecnología 3G - WCDMA	18

CAPÍTULO III	19
ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DISTRIBUIDOS DE ANTENAS, CASO: HOTEL ART ALVEAR	19
3.1 Evaluación de alternativas	19
3.1.1 Sistema de antenas distribuidas Pasivo.	19
3.1.2 Femtoceldas.....	20
3.1.3 Dificultades y Ventajas de la solución propuesta	20
3.2 Topología y funcionalidad de la solución	21
3.3 Solución del Problema.....	22
3.3.1 Ubicación, datos y estudio de Campo del sitio a implementar la solución.....	22
3.3.2 Descripción fotográfica del sitio y reconocimiento de la instalación	23
3.3.3 Mediciones de radio frecuencia.	24
3.4 Determinación del nivel objetivo de diseño.....	33
3.5 Punto de Interconexión con las Radio Bases.....	34
3.5.1 Acondicionamiento de la señal de entrada.	34
3.5.2 Calculo de la potencia de entrada.	35
3.6 Calculo de la Potencia de Salida.	35
3.6.1 Calculo de la Potencia por portadora en la unidad Remota.	35
3.7 Diagrama unifilar de conexión de los equipos.....	37
3.8 Ubicación y distribución de Antenas.	37
3.9 Simulación y predicciones de cobertura.	40
3.9.1 Simulación y predicción en 2G - EDGE 1900MHz.	40
3.9.2 Simulación y predicción en 3G - WCDMA 1900MHz.	43
3.10 Lista de materiales.	45
CAPÍTULO IV	47
ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	47
4.1 Relevamiento fotográfico de sala de Equipos.	47
4.2 Medición de radiofrecuencia post instalación.....	48
4.3 Análisis de los resultados en comparación con los datos teóricos.	57

CONCLUSIONES	59
ANEXO A	61
GLOSARIO DE TÉRMINOS	61
BIBLIOGRAFÍA	70

INTRODUCCIÓN

Con el explosivo crecimiento del uso de dispositivos inalámbricos debido en parte a los teléfonos inteligentes, tabletas y el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles; además del desarrollo económico y urbano que viene experimentando el país, hace que numerosas personas de distintas clases sociales se reúnan en ambientes comunes como centros comerciales, campus universitarios, estadios deportivos, edificios corporativos, etc. Estos factores reunidos generan una gran demanda de servicios inalámbricos móviles provocando que las redes de acceso inalámbricos de la red externa colapse por falta de capacidad.

Debido a ello los operadores móviles se ven obligados a implementar soluciones dedicadas para sitios interiores y poder mitigar esta enorme demanda.

Un sistema de antenas distribuidas ofrece mayor capacidad y cobertura mejorada brindando calidad de servicios a través de una infraestructura dedicada.

El presente trabajo explica la mejora de la capacidad de la red de acceso inalámbrico al utilizar un sistema de antenas distribuidas activo realizando un análisis comparativo con los diferentes tipos de soluciones de antenas distribuidas y los pasos a seguir para el diseño e implementación de un sistema de antenas distribuido activo en edificios altos, los cuales tienen muchos problemas de interferencia debido a su altitud.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

En este capítulo se realiza el planteamiento de ingeniería del problema, para ello en primer lugar se describe el problema y luego se expone el objetivo del trabajo, también se evalúa el problema y se precisan los alcances del informe, para finalmente presentar una síntesis del diseño presentado.

1.1 Descripción del problema

Falta de cobertura y limitada capacidad de tráfico de voz y datos en edificios corporativos de gran altura.

La llegada de señales provenientes de muchas radio bases aledañas en interiores degrada la calidad de los servicios de tercera generación y consume recursos de radio.

Alta interferencia de los sitios de la red externa debido a que los edificios se encuentran en línea de vista con muchos sectores de la red macro o externa.

Cubrir desde afuera con sectores externos es muy complicado debido a que el sistema debe satisfacer la demanda de los suscriptores que se encuentran en la parte externa del edificio como los que se encuentran en el interior y a la vez no causar interferencia con los demás sectores adyacentes.

1.2 Objetivos del trabajo

Mejorar la cobertura y capacidad de ambientes interiores ubicados en edificios altos donde la calidad del servicio es muy baja utilizando un sistema de antenas distribuidas activo con sectores dedicados.

Esto se logra mediante un sistema activo de antenas distribuidas que ubica puntos de radiación de baja potencia con el fin de cubrir las áreas interiores sin afectar la red externa y a la vez satisfacer la demanda de tráfico.

Analizar las ventajas de la solución activa frente a los sistemas tradicionales.

1.3 Evaluación del problema

Los proveedores de servicios se ven obligados a realizar mejoras continuas para brindar una infraestructura de telecomunicaciones que tenga una gran capacidad de transmisión y satisfacer la demanda de un mundo globalizado de alto desarrollo tecnológico.

Actualmente los operadores tratan de cubrir zonas sin cobertura y sitios de gran demanda de tráfico tanto en voz como en datos con la red externa, logrando así dividir los recursos de la radio base entre los suscriptores que se encuentran en el exterior e interior creando

congestionamiento de llamadas, saturando la red de acceso y dando un servicio de datos de baja calidad.

Se podría pensar que la única solución para ampliar la capacidad de una comunicación sería la incorporación de más radio bases, lo que implicaría invertir en más equipos, configuración y mantenimiento, además de afectar el impacto visual de los alrededores. Sin embargo, la mejor solución será tener un sistema dedicado a los sitios internos, alimentado con las radio bases tradicionales y así reutilizar de manera eficiente los recursos de red.

En este informe se explica las ventajas de usar un sistema activo de antenas distribuidas para mejorar la cobertura y capacidad de los ambientes internos de los edificios altos los cuales están en un ambiente de alta interferencia ya que se encuentran en línea directa con las torres celulares siendo afectados por varios sectores y lóbulos secundarios de las antenas que cubren las zonas urbanas.

Existen diversas maneras de cubrir en el interior de los edificios como ilustra la Figura 1.1

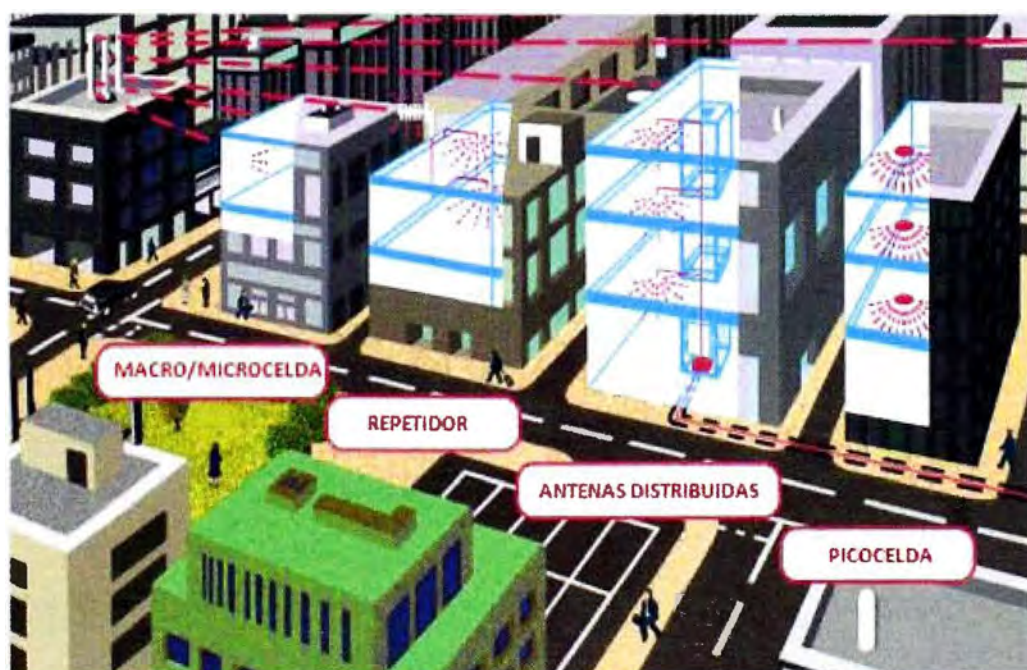


Figura 1.1 Diversas maneras de cubrir dentro de los edificios (Ref. [2])

Por lo expuesto, es que la solución descrita en el presente informe es un proyecto justificable al permitir la utilización de la capacidad de una radio base en sitios donde se requiere cubrir.

La solución aplicada permite liberar recursos de radio de la red externa y satisfacer la demanda de servicios inalámbricos de usuarios en interiores brindando servicios de calidad.

1.4 Alcance del trabajo

El presente trabajo se enfoca en describir la metodología de mejora de la cobertura y

capacidad en la interfaz aire, tomando como ejemplo (caso de estudio) un edificio corporativo el cual presenta una gran demanda en voz y datos tanto en 2G y 3G situada en una ciudad con alta densidad de edificios.

1.5 Síntesis del trabajo

El informe consta de dos partes principales:

En la primera (Marco Teórico) se explica una breve reseña histórica de la evolución de los sistemas inalámbricos, los diversos tipos de sistemas de antenas distribuidas sus características y ventajas, mencionamos los modelos de propagación en interiores y las principales mediciones de radio frecuencia realizadas para plantear la solución del sistema.

En la segunda parte (Solución del Problema) se explica: los pasos de diseño e implementación, los recursos usados (hardware, software, etc.) y las consideraciones tomadas.

Complementariamente se muestra la lista de materiales, así como el resultado de las pruebas realizadas.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

En este capítulo se exponen las bases teóricas conceptuales más importantes para la comprensión del sistema descrito en el presente informe.

2.1 El mundo inalámbrico dentro de los edificios.

¿Dónde están los usuarios?

Las comunicaciones personales inalámbricas es hoy en día una de las más rápidas industrias en el mundo, con millones de nuevos usuarios suscribiéndose a nuevos servicios y aplicaciones. En particular, la mayoría de estos usuarios están dentro de los edificios, en sus oficinas, en casa, en puertas de entrada (aeropuertos, estaciones de tren o buses), en centros comerciales, estadios deportivos, campus universitarios, etc. Con poca frecuencia la mayoría de usuarios están fuera de los edificios, excepto cuando están yendo de un lugar a otro, viajando o desplazándose. También, el efecto de que muchos usuarios están concentrados en áreas pequeñas es comúnmente visto.

Debido a la evidente importancia de los sistemas en interiores los cuales dan servicio a usuarios dentro de los edificios, muchas preguntas llegan desde estas observaciones.

¿Cuánto más esfuerzo deberíamos hacer para garantizar suficientes niveles de cobertura dentro de los edificios? ¿Cómo las ondas de radio viajan y se comportan en tales ambientes?

Explicaremos los conceptos de los sistemas inalámbricos en interiores a fin de entender como un sistema distribuido de antenas activo logra satisfacer estas necesidades de servicio dentro de los edificios.

2.2 Motivación para celdas pequeñas.

Con el fin de proveer cobertura inalámbrica en el interior de los edificios, si suficiente cobertura no es alcanzada desde celdas externas, han sido propuestas la utilización de celdas más pequeñas. Entre las motivaciones para usar celdas pequeñas están las siguientes:

- Escritorios compartidos.
- Necesidad de uniformizar el ambiente del usuario con un solo terminal en línea con todo el sistema de integración visto mundialmente en los últimos años.
- Antenas pequeñas invisibles, mejor utilizadas para dispositivos portátiles.

- Sistemas privados y facturación especial.
- mejor manejo de interferencia.
- Altas tasas de transmisión de datos los cuales soportan aplicaciones interactivas y multimedia.

2.3 Aplicaciones inalámbricas en interiores.

Muchas aplicaciones inalámbricas son bien conocidas y han estado alrededor del mercado por muchos años, proveyendo voz y servicios de datos a los usuarios a diferentes velocidades de transmisión.

Desde los sistemas de segunda generación (Comúnmente llamado 2G) donde el tráfico de voz fue predominante sobre otras aplicaciones a limitadas tasas de transferencia de datos disponibles, hasta las más demandantes aplicaciones de banda ancha móvil los cuales requieren grandes usos del ancho de banda y tasas de transferencias de datos más rápidas como video multimedia en línea, compartición de archivos, TV móvil, y el comercio electrónico son ahora una realidad en los sistemas inalámbricos modernos.

2.4 Evolución de las tecnologías inalámbricas.

Desde la primera tecnología celular desplegada en los años ochenta, nuevas tecnologías inalámbricas fueron desarrolladas por diferentes organizaciones de estandarización y fueron implementados por operadores de servicios.

Para tecnologías celulares, la primera generación de teléfonos, Sistema Telefónico Móvil Avanzado o AMPS (del inglés Advanced Mobile Phone System) fue lanzado en 1983, soportando solamente servicio de voz, y fue la única tecnología hasta finales de los ochentas e inicios de los noventas.

Con la llegada de la segunda generación de teléfonos (2G), muchos estándares como D-AMPS (AMPS digital), Sistema Global para comunicaciones Móviles (GSM) y el estándar interno 95 (IS-95) aparecieron por el año 1993.

En 1995 la búsqueda de datos a mayores velocidades condujeron a la creación de sistemas de tercera generación (3G) el cual por muchos años significó la evolución para tecnologías de datos de sistemas de segunda generación como EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution o Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM).

Otros estándares como el Sistema universal de telecomunicaciones móviles (UMTS) emergieron.

Más allá de 3G en la búsqueda por servicios multimedia de banda ancha, WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access o Interoperabilidad mundial para acceso por microondas) surgió como una tecnología de banda ancha más desarrollada por el año 2007 orientado a servicios de datos solamente.

Actualmente la tendencia es ver redes de baja potencia en el futuro cercano.

2.4.1 Primera Generación (1G)

La primera generación de tecnología celular (1G) agrupa tecnologías analógicas que soportan solamente tráfico de voz. En América, Sistema Telefónico Móvil Avanzado o AMPS (del inglés Advanced Mobile Phone System) fue el más utilizado teniendo un ancho de banda de canal de 30 MHz solamente, suficiente para voz y usando acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) como tecnología de acceso múltiple.

2.4.2 Segunda Generación (2G)

La segunda generación (2G) incluye tecnologías digitales que proveen un incremento en la calidad de voz sobre la primera generación y servicios de datos por conmutación de circuitos.

Ejemplos de sistemas 2G son los siguientes:

Red Mejorada Digital Integrada (iDEN - Integrated dispatch Enhanced Network) / TETRA / TETRAPOL, lanzados en 1994, usando canales de 25 KHz y 12.5 KHz de ancho de banda, con acceso múltiple por división del tiempo (TDMA) como tecnología de acceso múltiple. TETRA y TETRAPOL fueron estándares usados por la policía y servicios de emergencia. GSM (Global System for Mobile Communications o Sistema Global para comunicaciones Móviles), fue lanzado en 1992 en Europa, y ha llegado a ser el estándar celular más usado a nivel mundial. Tiene un ancho de banda de canal de 200 KHz y usa acceso múltiple por división del tiempo (TDMA) como tecnología de acceso.

IS-95 (Interim Standard 95, o estándar interno 95), usa acceso múltiple por división de código (CDMA) como tecnología de acceso múltiple, fue lanzado en 1996 en América. Usa un ancho de banda de canal de 1.25MHz.

a. 2.5G

La tecnología inalámbrica 2.5G es un paso entre los sistemas 2G y 3G. Este incluye sistemas 2G que han sido actualizados para soportar servicios por conmutación de paquetes. En ejemplo de esto es GPRS (Global Packet Radio Services o servicio general de paquetes vía radio), lanzado en el 2001, cual es visto como una evolución de GSM, teniendo el mismo ancho de banda de canal que GSM (200KHz) y acceso múltiple por división del tiempo (TDMA) como tecnología de acceso múltiple.

b. 2.75G

La generación 2.75 es un término no oficial para categorizar tecnologías inalámbricas que no satisfacen los requerimientos de 3G pero comercializado como si lo hicieran.

Un ejemplo de este estándar incluye: CDMA2000 1xRTT (1 times Radio Transmission Technology o 1 por tecnología de transmisión por radio), el cual la evolución directa de IS-95, y fue lanzado en el año 2000. Usa un ancho de banda de 1.25 MHz y usa acceso múltiple por división de código (CDMA) como tecnología de acceso múltiple.

EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution o Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM) es otro ejemplo de 2.75G.

EDGE fue lanzado en el 2001-2002, es una evolución de GSM camino a 3G, tiene el mismo ancho de banda de canal de 200KHz y usa la misma tecnología de acceso múltiple que GSM.

2.4.3 Tercera Generación (3G)

La tercera generación (3G) reagrupa a redes digitales que ofrecen incremento en capacidad de voz y proveen mayores tasas de transmisión de datos que las tecnologías 2G.

a. Acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA)

También conocido como UMTS (Universal Mobile Telecommunications System o Sistema universal de telecomunicaciones móviles), fue desplegado en Europa alrededor del año 2002, Ocupa un ancho de banda de canal de 5MHz, y usa CDMA de banda ancha como tecnología de acceso múltiple.

Por otra parte, CDMA2000 1xEVDO (1x Evolution Data Optimized o Evolución de datos optimizado) fue lanzado en el 2002 en América, como la evolución de CDMA2000 optimizado para datos. Ocupa un ancho de banda de canal de 1.25MHz y también usa acceso múltiple por división de código (CDMA) como tecnología de acceso múltiple.

Otros estándares que emergieron dentro de la tercera generación se listan a continuación:

b. CDMA2000 1xEV-DO Rev. A

Evolución de CDMA2000 1xEV-DO, ancho de banda de canal 1.25MHz.

Tecnología de acceso múltiple: CDMA.

c. CDMA2000 1xEV-DV

Evolución de CDMA2000 1x en voz y datos, esta tecnología no fue desarrollada por los fabricantes de equipos de telecomunicaciones.

Tecnología de acceso múltiple: CDMA.

d. Acceso por paquetes de alta velocidad (HSPA)

High speed packet Access, evolución de WCDMA, ancho de banda de canal: 5MHz

Tecnología de acceso múltiple: TDMA/CDMA.

2.4.4 Cuarta Generación (4G)

La cuarta generación es un término utilizado para IMT-Advanced (International Mobile Telecommunications - Advanced), el cual es conocido como 4G.

Los sistemas 4G apuntan a mejorar las redes de comunicaciones existentes y son esperados de proveer una comprehensiva y segura solución basada en tecnología IP donde facilidades como voz, datos y transmisión multimedia serán brindados a los usuarios en cualquier tiempo y cualquier lugar con mucho más altas tasas de transmisión comparado

con las generaciones previas.

Las técnicas de banda base para 4G son: Multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM), a fin de explotar la propiedad de canal selectivo; tecnología de Múltiples entradas múltiples salidas (MIMO) a fin de alcanzar una alta eficiencia espectral; y el principio turbo códigos (turbo-codes) para minimizar la relación señal a ruido (SNR) requerido en el receptor.

Los sistemas 4G incluyen también interfaces de radio adaptativas; modulación, procesamiento espacial incluyendo MIMO y protocolo multi-modo a fin de poder integrarse a las redes fijas.

a. Multiplexación por división de frecuencias Ortogonales (OFDM).

Multiplexación por división de frecuencias ortogonales es un esquema de multiplexación por división de frecuencia utilizado como un método de modulación multi-portadora. Un gran número de sub portadoras ortogonales espaciadas muy estrechamente es usada para llevar los datos. La información es dividida en varios flujos paralelos de datos o canales, uno por cada sub-portadora. Cada sub-portadora es modulada con un esquema de modulación convencional (Modulación por amplitud en cuadratura QAM o modulación por desplazamiento de fase PSK) a una tasa de símbolo bajo, manteniéndola tasa total de datos, similar al convencional esquema de modulación de única portadora en el mismo ancho de banda.

Por ejemplo, si se utiliza un sistema con 100 sub portadoras y se transmite un solo flujo con una tasa de 1Mbps, este es convertido en 100 flujos de 10Kbps al crear flujos de datos paralelos más lentos, provoca que la duración de cada símbolo de la modulación aumente en un factor de 100. Con una adecuada elección de los parámetros del sistema, como el número de sub-portadoras y la distancia entre éstas pueden reducir enormemente, o incluso eliminar, la interferencia inter-simbólica (ISI).

La propiedad de ortogonalidad observada en OFDM previene que los dispositivos demoduladores ver otras frecuencias que no sean las propias.

2.5 Sistemas de Antenas distribuídas (DAS)

Un sistema de antenas distribuidas es una red de antenas separadas espacialmente y conectadas a un medio de transporte común; típicamente cable coaxial o fibra óptica; que provee servicios inalámbricos dentro de una edificio o estructura desde una fuente de radio frecuencia (radio base o repetidor).

Una vez que la señal ingresa al edificio, este es distribuido a lo largo del edificio, la idea del sistema distribuido de antenas es dividir la potencia de transmisión entre todos los elementos de antena separados en espacio tanto como proveer cobertura sobre la misma área como si fuera una sola antena pero con potencia total reducida mejorando la

confiabilidad del sistema.

En la figura 2.1 describimos vemos el principio básico de un sistema distribuido de antenas.

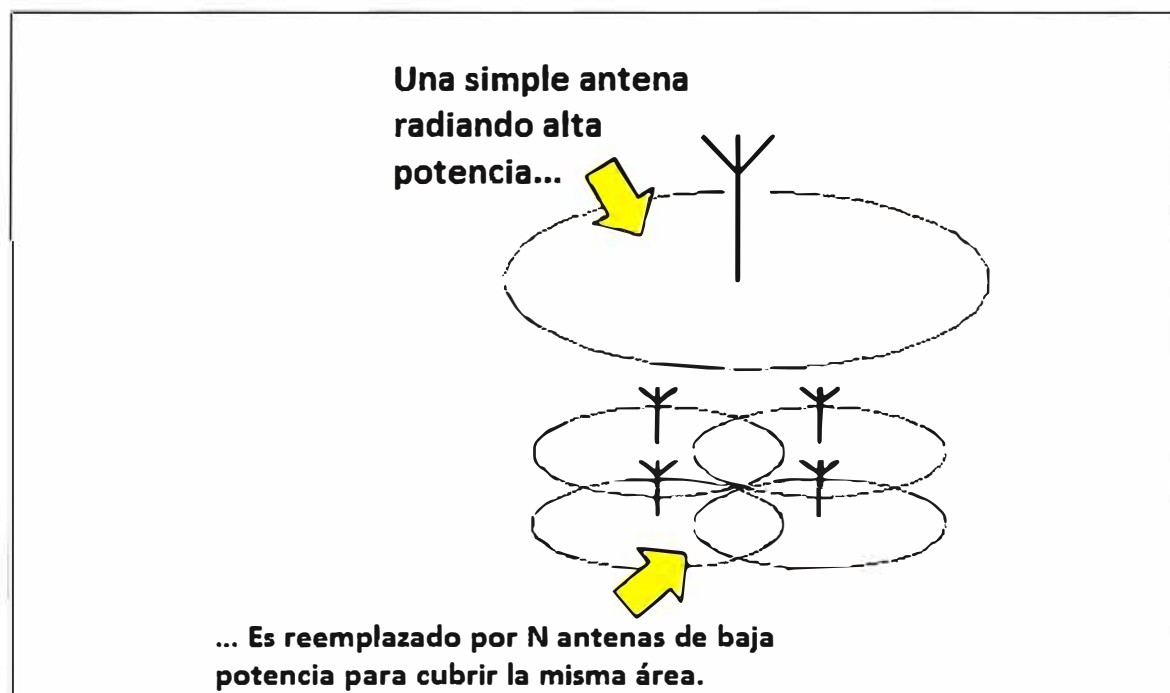


Figura 2.1 Sistema distribuidos de antenas. (Ref. [2])

La función principal del DAS es distribuir la cobertura y capacidad de los servicios brindados por el operador móvil dentro de un edificio o estructura en la cual la demanda de estos servicios es muy importante.

Existen principalmente tres tipos de DAS, pasivo, activo e Híbrido.

2.5.1 DAS pasivo.

El Sistema de antenas distribuido pasivo es un arreglo de cable coaxial de diferentes medidas generalmente cable coaxial de 7/8" y 1/2", antenas, elementos pasivos como divisores de potencia y acopladores direccionales.

El diseño es más complicado porque se tiene que balancear potencia y tomar márgenes de atenuaciones que siempre se dan al momento de realizar la implementación y tener mucha consideración en la ruta seguida por el cable debido a que las pérdidas en este dependen de la longitud y curvas que se puedan presentar en la instalación.

Generalmente se usan los sistemas pasivos para pequeños edificios debido a la atenuación que sufre la señal al atravesar todo el arreglo pasivo de cables y divisores de potencia.

A continuación en la figura 2.2 ilustramos un DAS pasivo con sus principales componentes.

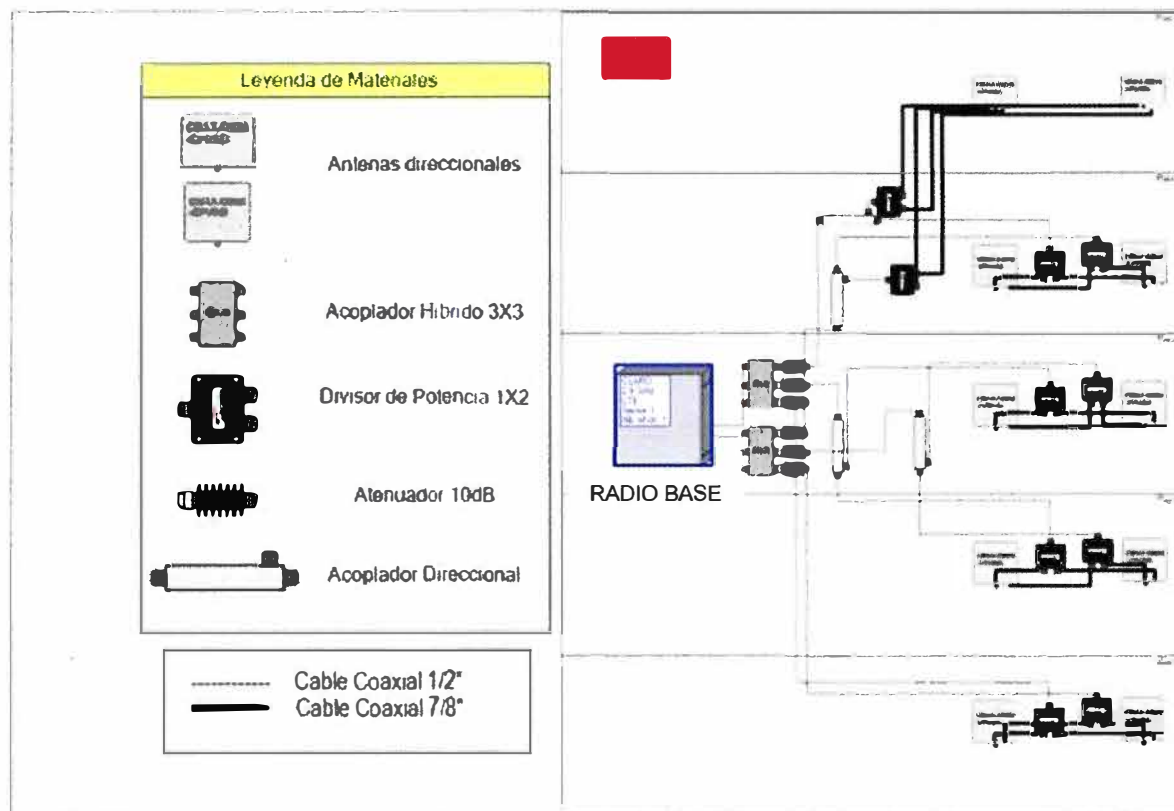


Figura 2.2 DAS pasivo. (Fuente Propia)

a. Ventajas de los DAS pasivos.

- Es sencillo pero requiere tiempo para diseñar.
- Componentes de fabricantes diferentes son compatibles.
- Puede ser instalado en ambientes difíciles.

b. Desventajas de los DAS pasivos.

- No hay supervisión de errores del sistema, la radio base no recibirá alarmas de onda reflejada o VSWR incluso con fallas cerca a la radio base debido a las altas pérdidas de retorno.
- No es flexible para nuevas tecnologías, se tiene que rediseñar el sistema.
- Altas pérdidas degradan el desempeño de servicios de datos.
- Es difícil balancear el presupuesto de enlace (link budget) para todas las antenas, y obtener un nivel de cobertura uniforme.
- Requiere radio bases de alta potencia para poder llegar a cubrir todos los ambientes del edificio.

Es un hecho que el DAS pasivo sea el más implementado a nivel global, pero la necesidad por servicios 3G/UMTS y HSPA y el nuevo estándar 4G LTE (Long Term Evolution) afectará la preferencia al seleccionar el tipo de DAS.

La atenuación de los DAS pasivos es el principal problema en este contexto, frecuencias usadas para futuros servicios móviles tienen tendencia a ser más altas, los esquemas de

modulación aplicados para servicios de alta tasa de transmisión de datos son muy sensitivos al impacto de las pérdidas de y atenuaciones que tienen los DAS pasivos.

La degradación del enlace de bajada (downlink) en la antena y en el enlace de subida (uplink) con alta figura de ruido del sistema causado por las pérdidas de los elementos pasivos limitara la velocidad del enlace de subida (uplink).

Los sistemas pasivos son recomendables para pequeños edificios y con pocas antenas, manteniendo que las pérdidas sean mínimas.

2.5.2 DAS Activo.

El principio de funcionamiento del DAS activo es el mismo del DAS pasivo; distribuir la señal; sin embargo hay grandes diferencias. El sistema de antenas distribuido activo normalmente se basa en cable delgado, fibra óptica y cableado de datos UTP; haciendo el trabajo de instalación muy fácil; comparado con los cables rígidos usados por el sistema pasivo.

El sistema Activo consta de elementos activos tales como amplificadores, a fin de sobrellevar las pérdidas debido a elementos pasivos tales como divisores de potencia o combinadores de señal.

Su uso está orientado a edificaciones grandes tales como edificios corporativos, estadios deportivos, centros comerciales, aeropuertos, campus universitarios, etc.

Cuando las pérdidas inherentes del sistema pasivo llegan a ser excesivas, una amplificación activa puede ser usada para superar las pérdidas en ambas trayectorias del canal de radio tanto en el canal de subida (uplink) como el de bajada (downlink).

La amplificación en el canal de subida (uplink) tiende a estar ubicada lo más cercano a las antenas para minimizar la figura de ruido de todo el sistema.

Mientras que la amplificación del canal de bajada (downlink) puede estar distribuida a lo largo del sistema.

Los amplificadores de frecuencia pueden ser usados para ampliar directamente el rango de los cables coaxiales, pero la ganancia de tales sistemas es limitado por la necesidad de evitar la retroalimentación y por lo tanto la oscilación. Es mucho más común usar repetidores que trasladan la frecuencia, los cuales permiten usar otras tecnologías de cableado, tales como fibra óptica y par trenzado de cobre, esto es más barato y más fácil de implementar que los cables coaxiales de diámetro ancho.

Por otro lado el uso de amplificadores requiere el uso de filtros de frecuencia para definir las señales amplificadas y por lo tanto restringe el rango de tecnologías disponibles. También la potencia del amplificador puede limitar el número de operadores o capacidad manejada desde que la potencia por portadora se reduce con el aumento del número de portadoras.

a. Componentes del DAS Activo.

A fin de entender cómo podemos planificar un sistema de cobertura en interiores, necesitamos entender los elementos que conforman los sistemas de antenas distribuidas activos.

Algunos son puramente analógicos y otros convierten la señal RF en digital y pueden incluso aplicar transmisión IP internamente.

- **Unidad principal (Main Unit).**

La unidad principal (MU) conecta a una radio base o repetidor, estas unidades distribuyen la señal hacia el resto del sistema vía unidades de expansión (Expansion Unit - EU).

La unidad principal (MU) típicamente será conectada a las unidades de expansión (EU) mediante fibra óptica. La unidad principal (MU) es el cerebro del sistema y también genera señales de control y calibración junto con amplificadores y conversores que ajustan la ganancia y los niveles hacia diferentes puertos a fin de compensar las pérdidas de los cables entre todas las unidades.

Monitorea el desempeño del DAS, comunicando datos a todas las unidades. Ante un evento de mal funcionamiento es capaz de enviar señales de alarmas a la estación base que habilita al operador a determinar dónde está la raíz del problema.

- **Unidad de expansión (Expansion Unit)**

Las unidades de expansión (EU) están típicamente distribuidas a lo largo del edificio o campus y son ubicados cerca a los montantes de cable o cuartos de comunicaciones.

Las unidades de expansión (EU) se conectan con la unidad principal (MU) usando fibra óptica en modo dúplex que separa una fibra para transmisión y otra para recepción.

La unidad de expansión convierte la señal óptica proveniente de la unidad principal a señales eléctricas y las distribuye a las unidades remotas (RU).

Idealmente la unidad de expansión (EU) también alimenta de energía DC a las unidades remotas (RU).

- **Instalaciones de fibra óptica.**

Algunos sistemas pueden usar ambos modos de fibra, monomodo y multimodo, algunos sistemas solo monomodo. Se debe tomar en cuenta que la instalación de fibra es muy delicado y se debe hacer con disciplina siguiendo las instrucciones del fabricante de DAS.

- **Unidades Remotas (Remote Unit)**

Las unidades remotas (RU) se instalan cerca a la antena para mantener las pérdidas pasivas a un nivel mínimo y mejorar el desempeño del enlace de radio.

Las unidades remotas convierten la señal eléctrica proveniente de la unidad de expansión (EU) a señal de radio en el enlace de bajada y las señales de radio provenientes de los móviles en el enlace de subida (uplink) en señales eléctricas y las envía a las unidades de

expansión (EU).

La unidad remota (RU) es instalada cerca a la antena y típicamente se conecta a ellas mediante un cable corto de RF, esto asegura el mejor desempeño de RF y posibilita al DAS activo detectar cuando una antena esta desconectada del sistema.

Las unidades remotas (RU) se conectan a las unidades de expansión (EU) mediante un cable coaxial delgado como el CATV o cable UTP CAT5 además de tener la potencia de salida independiente del recorrido del cable, teniendo en consideración las longitudes máximas indicado por el fabricante.

A continuación en la figura 2.3 mostramos una estructura básica de un DAS Activo.

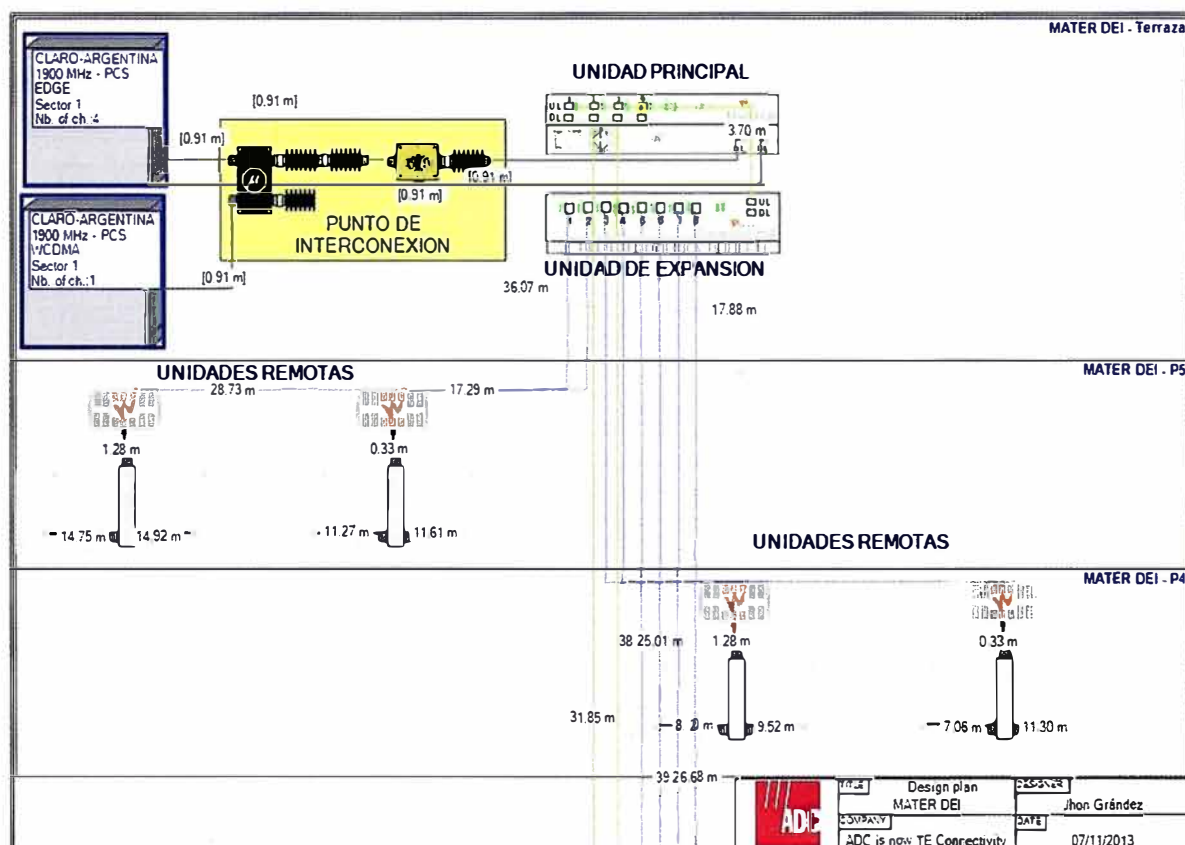


Figura 2.3 Ejemplo de arquitectura DAS activo. (Fuente Propia).

2.5.3 DAS Híbrido.

Es importante distinguir entre DAS puramente activo visto en la sección anterior y el sistema híbrido. Como el nombre sugiere un DAS híbrido es una combinación de un DAS activo y DAS pasivo.

La parte pasiva del DAS híbrido tendrá las mismas limitaciones tanto en instalación como en el impacto en el servicio de datos.

A continuación explicamos los componentes de un DAS híbrido.

a. Unidad Principal (Main Unit).

La unidad principal es el que se conecta a la estación base y distribuye las señales a las

unidades remotas híbridas (HRU). Típicamente la unidad principal (MU) es conectada a las unidades remotas híbridas (HRU) usando fibra óptica.

La unidad principal del sistema híbrido cuenta con las mismas características que la unidad principal del DAS puramente activo.

b. Unidad Remota híbrida (Hybrid Remote Unit - HRU).

La unidad remota es instalada a lo largo del edificio, convierte la señal óptica enviada desde la unidad principal y la convierte nuevamente a radio frecuencia, estas unidades remotas operan en mediana y alta potencia a fin de compensar las pérdidas de la parte pasiva.

Las aplicaciones de los sistemas híbridos se dan cuando necesitamos cobertura en túneles, estaciones de subterráneos, donde se necesite capacidad como estadios deportivos o escenarios multi operador en donde varios operadores comparte la misma infraestructura DAS, a continuación ilustramos un sistema DAS híbrido en la figura 2.5.

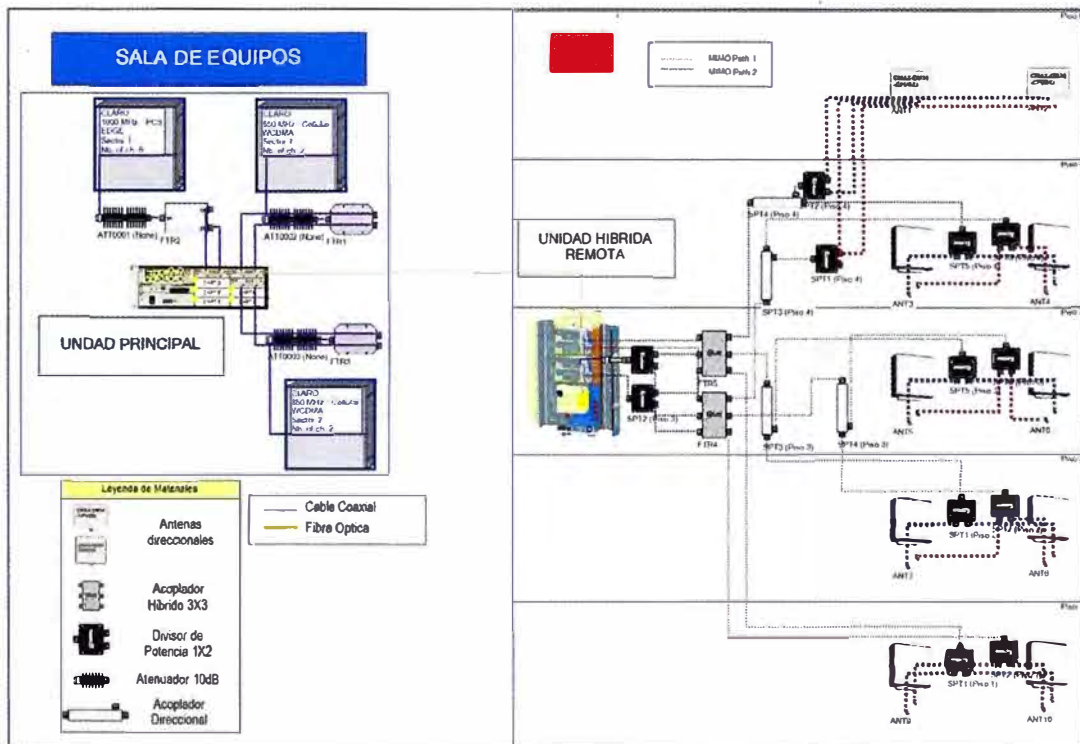


Figura 2.5 Ejemplo de arquitectura DAS Híbrido. (Fuente Propia).

2.6 Modelos de propagación en interiores

La propagación en entornos interiores es un fenómeno muy complejo ya que hay bloqueos por paredes, suelos, techos, etc. Existen multi-trayectos con dispersión, reflexión y difracción.

La problemática de la predicción de cobertura en interiores ha sido objeto de un intenso estudio e investigación durante los últimos años. La propagación en interiores no está influenciada por el perfil del terreno como la propagación en ambientes abiertos, pero sí por la estructura del edificio, especialmente si hay varios tipos de materiales de

construcción en el mismo. La señal transmitida alcanza al receptor por más de una trayectoria o ruta, a través de reflexión, refracción y difracción de las ondas de radio a causa de objetos como paredes, ventanas y puertas dentro del edificio.

Los modelos de propagación se clasifican de la siguiente manera:

2.6.1 Modelos de propagación empíricos o estadísticos

Los modelos empíricos se basan en la extrapolación estadística de resultados a partir de medidas realizadas sobre el terreno. Las influencias propias del entorno son tenidas en cuenta de manera implícita en su conjunto, sin ser reconocidas cada una de ellas de manera aislada, siendo ésta la principal ventaja de estos modelos. Por el contrario, su precisión depende no solo de la precisión de las medidas sino de la similitud entre el entorno donde fueron llevadas a cabo las medidas y el entorno a analizar.

La eficiencia de estos modelos suele ser satisfactoria computacionalmente, a continuación mencionamos los modelos empíricos más utilizados:

- Modelo de Propagación en el Espacio Libre.
- Log-Normal Shadowing Path Loss Model.
- Modelo de Pérdida de Trayecto basado en COST 231.
- Modelo basado en el número de muros y suelos (simplificado).
- Modelo ITU-R.
- Linear Path Attenuation Model.
- Dual Slope-Model.
- Keenan-Motley Model.
- Multi-Wall Model.

En este informe utilizaremos el modelo de pérdida de trayecto basado en COST 231 por ser el más utilizado actualmente en la industria.

2.6.2 Modelos de propagación deterministas

Se basan en principios fundamentales de la física en cuanto a propagación de ondas de radio y los fenómenos que la rodean. Pueden ser aplicados en diferentes entornos sin afectarles a su precisión. En la práctica su implementación requiere enormes bases de datos de características relativas al entorno, las cuales son imposibles o inviables de obtener de manera práctica. Los algoritmos usados por los modelos deterministas son generalmente muy complejos y computacionalmente poco eficientes. Por esta razón su implementación se restringe a pequeñas áreas. Por el contrario, si su implementación es correcta, proporcionan gran precisión en su predicción comparados con los modelos empíricos.

A continuación mencionamos los modelos deterministas más usados:

- Modelos FDTD

- Modelos basados en el método de los Momentos (MoM)

En la actualidad existen varias herramientas Software diseñadas para simulaciones de propagación electromagnética, tanto en ambientes abiertos como cerrados que permiten estimar intensidad de campo, potencia, pérdidas de trayecto, y desvanecimiento rápido.

2.6.3 Modelo de Pérdida de Trayecto basado en COST 231

Este modelo está especialmente diseñado para propagación en interiores. Toma en cuenta las pérdidas por espacio libre y las pérdidas por los pisos penetrados por trayectoria directa que existe en el transmisor y el receptor.

Es un modelo empírico para pérdidas en paredes, este modelo nos pérdidas por el espacio libre en conjunto con la pérdida que se incluye al pasar la señal por diferentes paredes y pisos, al ser penetrados por la señal electromagnética transmitida en la trayectoria directa desde el transmisor hacia el receptor.

El modelo COST 231 para pérdidas por trayectorias en interiores está dado por la siguiente ecuación en decibeles (dB).

$$L = L_{fs} + LC + \sum K_{WI}L_{WI} + L_f \times n^{\left(\frac{n+2}{n+1}-b\right)}$$

(2.1)

Dónde:

L_{fs} =Pérdida en espacio libre entre transmisor y receptor.

LC =Constante de pérdida, Se fija normalmente en 37dB.

K_{WI} = número de paredes de tipo i penetradas.

n = número de suelos penetrados.

L_{WI} = pérdida debida a muro de tipo i .

L_f = pérdida entre suelos adyacentes.

b = parámetro empírico.

Tabla N° 2.1 Valores medios de los factores de pérdida según categoría. (Ref. [9])

	Descripción	Factor (dB)
L_f	Suelos (estructura típica) - Baldosas - Revestimiento de hormigón - Espesor típico < 30 cm	18.3
L_{w1}	Muros internos finos - Yeso - Muros con muchos huecos (ventanas)	3.4
L_{w2}	Muros internos - Hormigón, ladrillos - Mínimo número de huecos	6.9

2.7 Mediciones de radio frecuencia

Las mediciones de radio frecuencia se realizan para cada tecnología teniendo en cuenta lo siguiente:

2.7.1 Tecnología 2G - GSM

a. Nivel de recepción (RxLevel)

Este parámetro indica la fuerza de la señal. Este tiene valores un rango de 0 - 64 y es el nivel de la señal sobre 110dBm, por ejemplo si tenemos un nivel de recepción de 30 esto significa que tenemos: $-110\text{dBm} + 30\text{dB} = -80\text{dBm}$.

Una buena cobertura tendrá niveles entre -75dBm y -85dBm.

b. Calidad de Recepción (RxQual)

Este parámetro indica la calidad de la señal recibida,

La tasa de bits errados (BER) de ambos tanto del enlace de subida como de bajada es dividido en ocho niveles por lo que el rango de este parámetro es de 0 - 7 siendo el de mejor calidad el cero y el de peor calidad 7.

Una buena calidad de señal será entre 0 y 1.

c. Identidad de celda (Cell ID)

Este parámetro nos indica la identidad de la celda que nos está dando cobertura, esta información es tomada en base al canal de control de difusión (BCCH) en sistemas 2G.

2.7.2 Tecnología 3G - WCDMA

a. Potencia de señal de código recibida (RSCP)

Es la potencia recibida de la señal de un determinado código, generalmente esta potencia es medida en el canal CPICH que es el piloto de la señal WCDMA y determina la cobertura de la celda.

El canal CPICH se transmite al 10% de la potencia total de la celda. Es decir si la potencia de salida de la radio base es de +43dBm el canal CPICH se transmite a +33dBm.

Una buena cobertura tendrá niveles entre -75dBm y -85dBm.

b. Relación Ec/Io

Este parámetro indica la calidad de la señal piloto de WCDMA que mide la energía por chip entre la densidad de interferencia medido en el canal CPICH.

Tiene un rango de -10 a -15 (energía de chip/interferencia).

Para celdas en interiores niveles de -6 a -8 son considerado muy buena calidad y brinda mayor aislamiento con la celda macro.

c. Identidad de celda (Cell ID)

Este parámetro nos indica la identidad de la celda que nos está dando cobertura, esta información es tomada en base al código primario de aleatorización (Primary scrambling code) en sistemas 3G, existen más mediciones que realizan con fines de optimización, que no se mencionaran en este informe por no ser tema de interés.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DISTRIBUIDOS DE ANTENAS, CASO: HOTEL ART ALVEAR

De acuerdo a lo mencionado en el capítulo I, el servicio de comunicaciones móviles tenía una limitada capacidad de tráfico de voz y datos, problemas serios de interferencia debido a que recibe señal de los lóbulos secundarios de las antenas en las radio bases cercanas. La solución de mejorar el servicio no se podía enfocar en cubrir desde las radio bases al no ser ésta una alternativa técnica viable por cuanto se debía considerar problemas de interferencia y modificación de los ángulos de inclinación de las antenas servidoras, complicando más el problema.

Como alternativa viable se optaría por implementación de un sistema dedicado a brindar capacidad y cobertura a los usuarios dentro de los ambientes del edificio, este sistema debería cubrir con baja potencia de manera que en los pisos más elevados la señal en el interior no se desborde e interfiera con la señal externa.

Este capítulo se enfoca en describir la metodología de mejora de la comunicación en la homogenizando la cobertura y brindando una capacidad dedicada, aunque esta solución se aplica a muchos escenarios, en el estudio aplicamos a un edificio de 17 pisos más 3 subsuelos, debido al crecimiento vertical que está experimentando en las grandes metrópolis y los nuevos retos que se presenta para brindar servicios inalámbricos de calidad en estos nuevos escenarios.

3.1 Evaluación de alternativas

En esta sección se plantean dos alternativas para la solución del problema, así como las principales características de cada una, además de la solución propuesta.

3.1.1 Sistema de antenas distribuidas Pasivo.

Es una alternativa de solución pero presenta las siguientes dificultades para aplicarla a nuestro caso de estudio que es un edificio de gran altura:

Instalación costosa y complicada debido a que para un edificio alto de aproximadamente 8 a más pisos se utilizaría mucho cable coaxial.

La potencia de un solo sector de una radio base no sería suficiente, lo cual implica usar más sectores no por problemas de capacidad sino por falta de potencia para distribuir a todo el edificio.

Baja relación señal a ruido en el enlace de subida debido a la cantidad de pérdidas por

cable coaxial y divisores de potencia.

Mayor cuidado en la instalación, una mala instalación influye bastante en el desempeño del servicio.

Para poder dar servicio de una nueva banda o tecnología se tiene que volver a diseñar e incluso modificar la instalación.

No es administrable ni monitoreable, si existiera algún problema como una antena desconectada o cable roto, el operador no se daría cuenta del problema a menos que los usuarios se quejen del servicio.

Difícil detección de fallas, se debe realizar mediciones en cada ramificación hasta determinar la falla.

3.1.2 Femtoceldas.

Las femtoceldas son pequeñas radio bases que sirven para conectar servicios de telefonía móvil a través de conexiones residenciales de banda ancha como ADSL, Cable modem.



Figura. 3.1 Ejemplo de arquitectura femtoceldas. (Ref. [8])

Aplicándolo a nuestro caso de estudio, presenta las siguientes dificultades.

- Costo de la femtocelda se traslada al usuario final, los usuarios prefieren cambiarse de operador.
- Capacidad limitada, las femtoceldas se crearon para usuarios domésticos y no para usuarios corporativos, requieren una conexión de banda ancha.
- No es compatible con diferentes fabricantes, si tenemos una femtocelda del fabricante "A" no puede comunicarse con el controlador de estación base (BSC) del fabricante "B", por lo tanto requiere una mayor inversión.

3.1.3 Dificultades y Ventajas de la solución propuesta

El sistema distribuido Activo presenta las siguientes dificultades aplicándolo a nuestro caso de estudio:

- Se requiere alimentación de energía para los equipos intermedios como, Unidad

principal y unidad de expansión.

- Costo elevado de los equipos activos.

Las ventajas de usar esta solución aplicándolo a nuestro caso de estudio son las siguientes.

- Instalación más sencilla debido a que usa cables más delgados.
- Diseño de cobertura más sencillo y fácil, debido a que la potencia de salida de cada unidad remota no depende del recorrido del cable que transporta la señal.
- Mejor relación señal a ruido en el enlace de subida, esto se debe a que la unidad remota se instala muy cerca a la antena amplificando la señal antes de la etapa que inserta ruido al sistema.
- El balance de costo de equipos como costo de instalación hacen que el costo total del proyecto sea viable en comparación con los elevados costos de instalación de la solución pasiva.
- Posibilidad de transmitir más de una sola banda y tecnología por la misma instalación.
- Flexible a tecnologías futuras.
- Administrable y monitoreable, cuando existe alguna falla emite alarmas que pueden ser analizados por los ingenieros de mantenimiento y detectar la falla de manera sencilla.

3.2 Topología y funcionalidad de la solución

Para la solución propuesta usaremos la línea InterReach Unison del fabricante TE Connectivity el cual tiene la siguiente arquitectura y características:

3.2.1 Unidad Principal

Llamada Main Hub por el fabricante, el cual se interconecta con las radio bases y digitaliza la señal de radio frecuencia, este transmite la señal digitalizada a las unidades de expansión mediante fibra óptica.

3.2.2 Unidad de Expansión

Llamada Expansion Hub por el fabricante, recibe la señal de radio frecuencia digitalizada y transportada por fibra óptica y la convierte en señal de frecuencia intermedia para transmitirla a las unidades remotas mediante cable UTP categoría 5.

También usa este medio para alimentar eléctricamente a la unidad remota.

3.2.3 Unidades Remotas

Llamada Remote Access Unit por el fabricante, recibe la señal en frecuencia intermedia y la convierte a radio frecuencia para transmitirla a las antenas mediante cable coaxial, son de baja potencia y todas las unidades remotas emiten la misma potencia de salida.

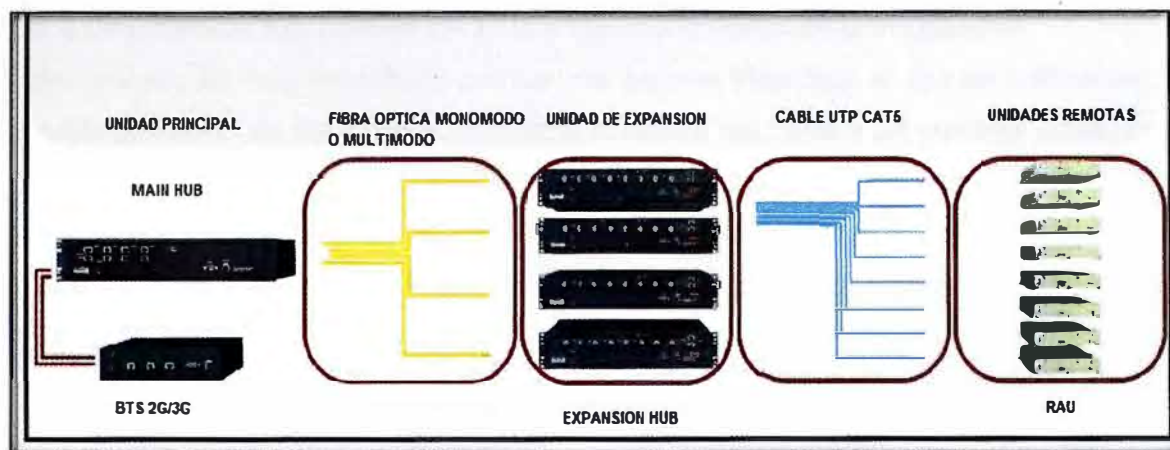


Figura 3.2 Arquitectura de sistema InterReach Unison. (Ref. [3])

3.3 Solución del Problema

El Objeto de estudio y análisis de la solución será sobre el hotel "Art hotel Alvear" de diecisiete pisos con tres subsuelos, ubicado en una zona céntrica de la ciudad de Buenos Aires.

3.3.1 Ubicación, datos y estudio de Campo del sitio a implementar la solución

A continuación mostramos la tabla N° 3.1 que nos indica los datos del sitio en referencia para la instalación del sistema de antenas distribuidas.

Tabla N° 3.1 datos del sitio para implementación. (Ref. [5])

Ubicación	
Dirección	Suipacha 1036
Ciudad	Buenos Aires
Coordenadas	34.35'45.37" S, 58.22'47.71" O
Nombre del Sitio	Alvear Art Hotel

3.3.2 Descripción fotográfica del sitio y reconocimiento de la instalación

Este proceso es muy importante porque nos permite identificar el tipo de edificación, la posible ubicación de los equipos, el posible recorrido del cable y las posibles ubicaciones de las antenas, también nos dará a conocer las limitaciones de la instalación impuestas por el propietario de la edificación, el cual influirá en el tipo de antenas a elegir y la posición de las unidades remotas, en la figura N° 3.3 mostramos el reporte fotográfico de los principales ambientes del hotel.



Figura 3.3 Reporte fotográfico de los principales ambientes del hotel. (Ref. [5])

En nuestro caso de estudio, se trata de un Hotel lujoso en el que instalar antenas tipo direccionales no está permitido por tener gran impacto visual con la estética del hotel.

3.3.3 Mediciones de radio frecuencia.

Antes de plantear la posible solución o diseño de cobertura en interiores, debemos medir los niveles de la red macro que incide en el interior a fin de tener un 10dB por encima de los niveles de la red externa.

Para ello realizaremos las mediciones en el interior del edificio llamado "walk test" que requiere un software especial para realizar las mediciones, el cual consta de un teléfono; que debe estar configurado con la banda y canales a medir; y un servidor en el que se realizara el procesamiento de la información.

a. Mediciones pre implementación.

A continuación mostramos mediciones realizadas en los principales niveles del hotel

- **Primer, Segundo y Tercer subsuelo:**

Tecnología 2G y Tecnología 3G

Debido a la profundidad de los subsuelos no existe cobertura en ninguna tecnología.

- **Planta Entre Piso:**

Tecnología 2G

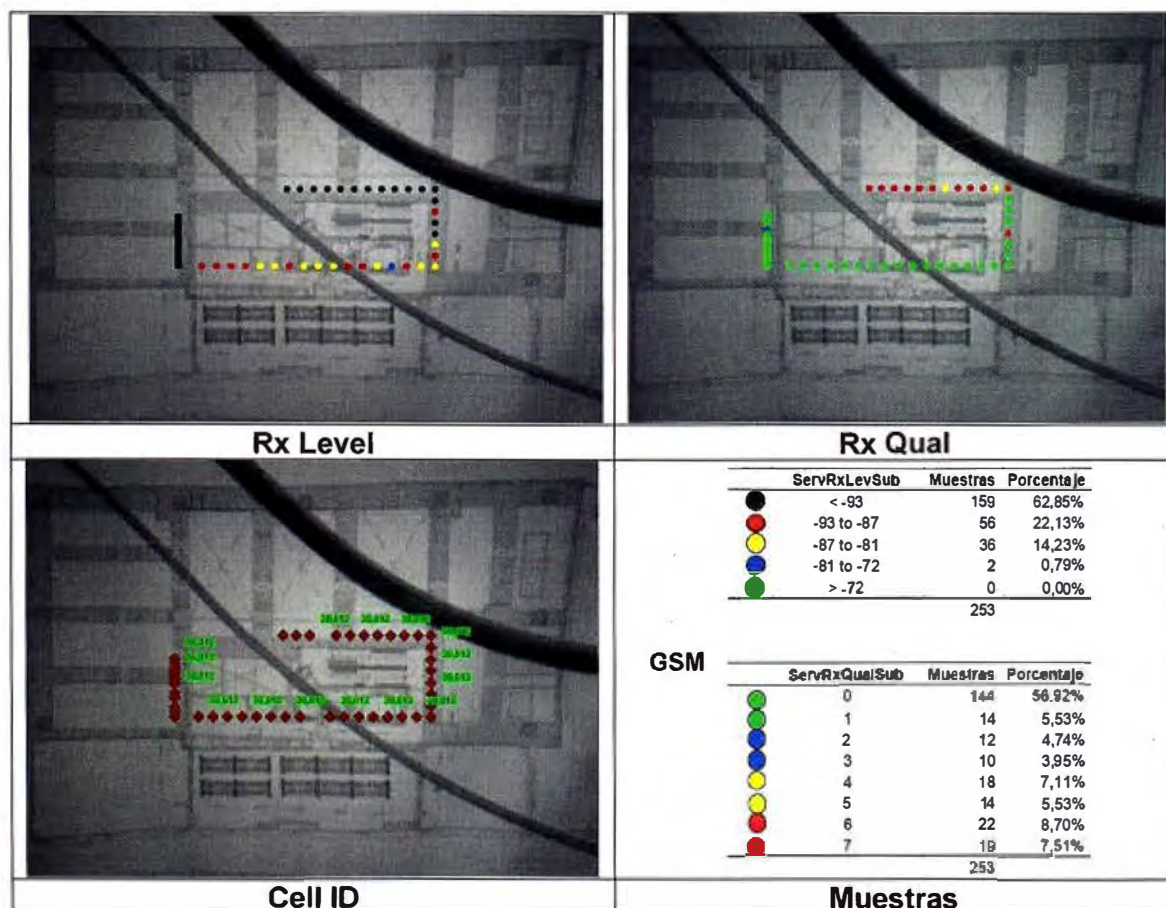


Figura 3.4 Mediciones de tecnología 2G en la planta Entre piso. (Ref. [5])

La figura 3.4 nos muestra que los niveles en de recepción (RxLevel) están menores a -93dBm al 63% de muestras tomadas y el nivel de calidad en recepción (RxQual) está en 0 en el 57% de las muestras tomadas, esto indica que existen poca cobertura pero con buen nivel de calidad. El Cell ID indica que la Celda 2G servidora es 30,012.

Tecnología 3G

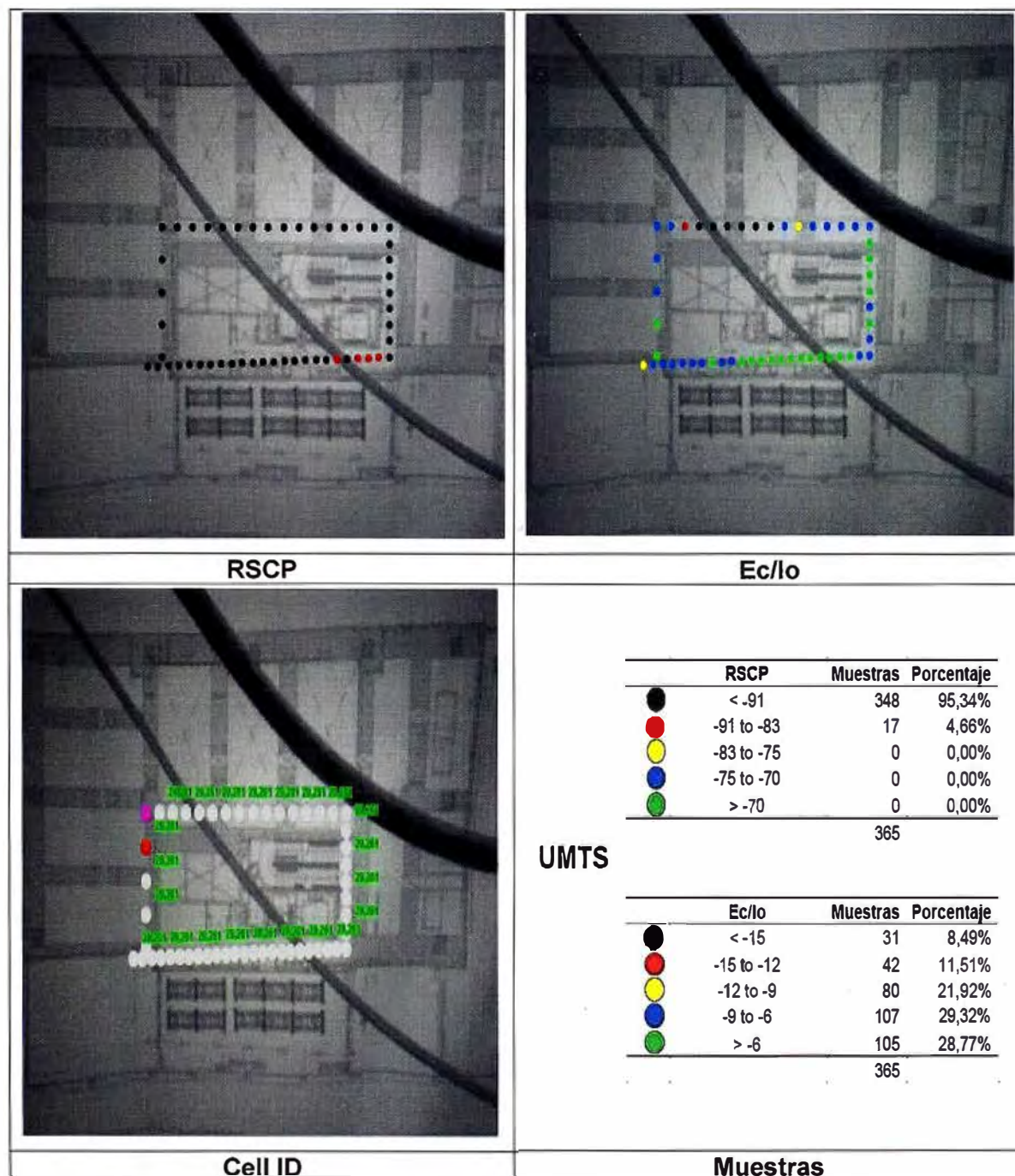


Figura 3.5 Mediciones de tecnología 3G en la planta Entre piso. (Ref. [5])

La figura 3.5 nos muestra que en el caso de WCDMA tenemos niveles de recepción del canal CPICH (RSCP) son menores a -91dBm al 95% de muestras tomadas y la relación Ec/Io variable entre -12dB y -6dB, lo cual indica una pobre cobertura y servicios limitados

a baja velocidad.

El Cell ID indica que el Nodo B servidor es 29,261.

- **Segundo Piso:**

Tecnología 2G

Debido a la obstrucción de edificios la cobertura en 2G es casi nula en este nivel por lo cual el teléfono de prueba no registra la señal.

Tecnología 3G

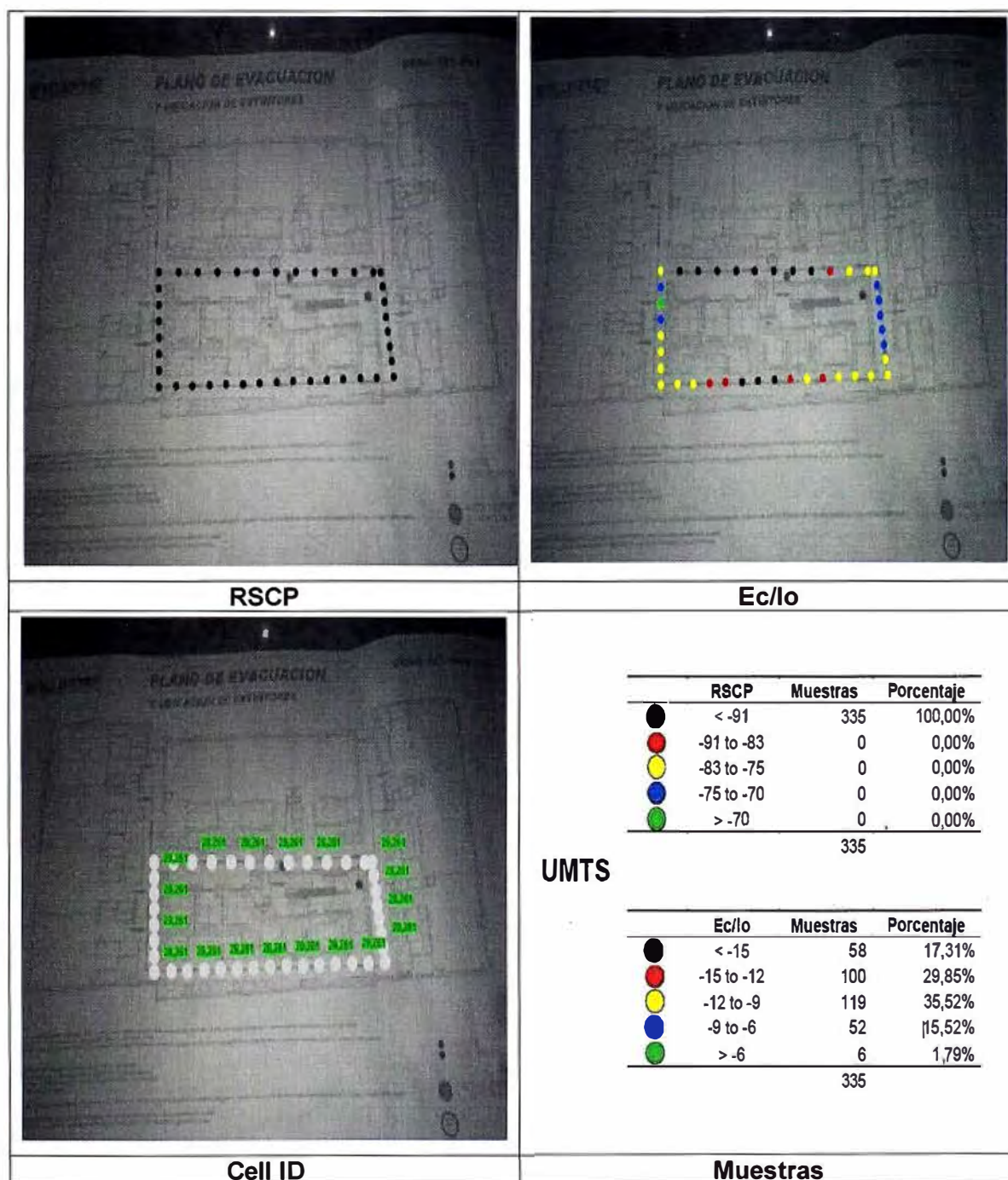


Figura 3.6 Mediciones de tecnología 3G en el Segundo piso. (Ref. [5])

La figura 3.6 nos muestra que en WCDMA los niveles de recepción del canal CPICH

(RSCP) son menores a -91dBm al 100% de las muestras tomadas, la relación E_c/I_0 presenta valores de -9dB hasta -15dB en más del 50% de las muestras lo que indica que el servicio de datos es deficiente o presenta descargas a baja velocidad de transmisión. Las mediciones de CELL ID indican que el sector dominante proviene de la celda 29,261.

- **Sexto Piso:**

Tecnología 2G

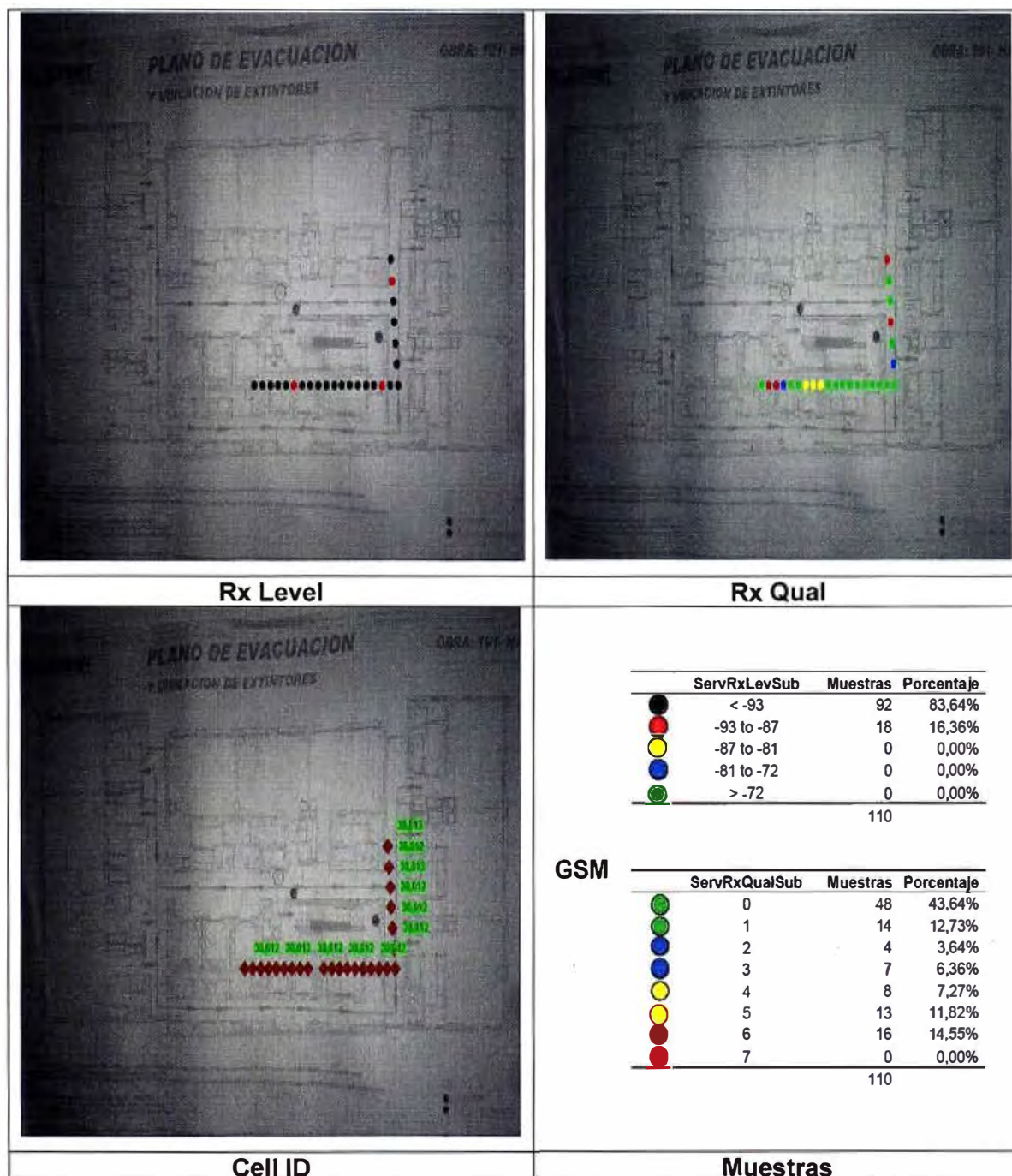


Figura 3.7 Mediciones de tecnología 2G en el Sexto piso. (Ref. [5])

La figura 3.7 nos muestra que en EDGE los niveles de recepción (RxLevel) son menores a -93dBm al 83% de muestras tomadas y en los niveles de calidad de recepción (RxQual)

existen niveles de 0 a 1 el 55 % y de 5 a 6 al 25% de las muestras tomadas, la señal es débil en la mayor parte del nivel.

El Cell ID muestra que la celda 2G servidora es 30,012.

Tecnología 3G

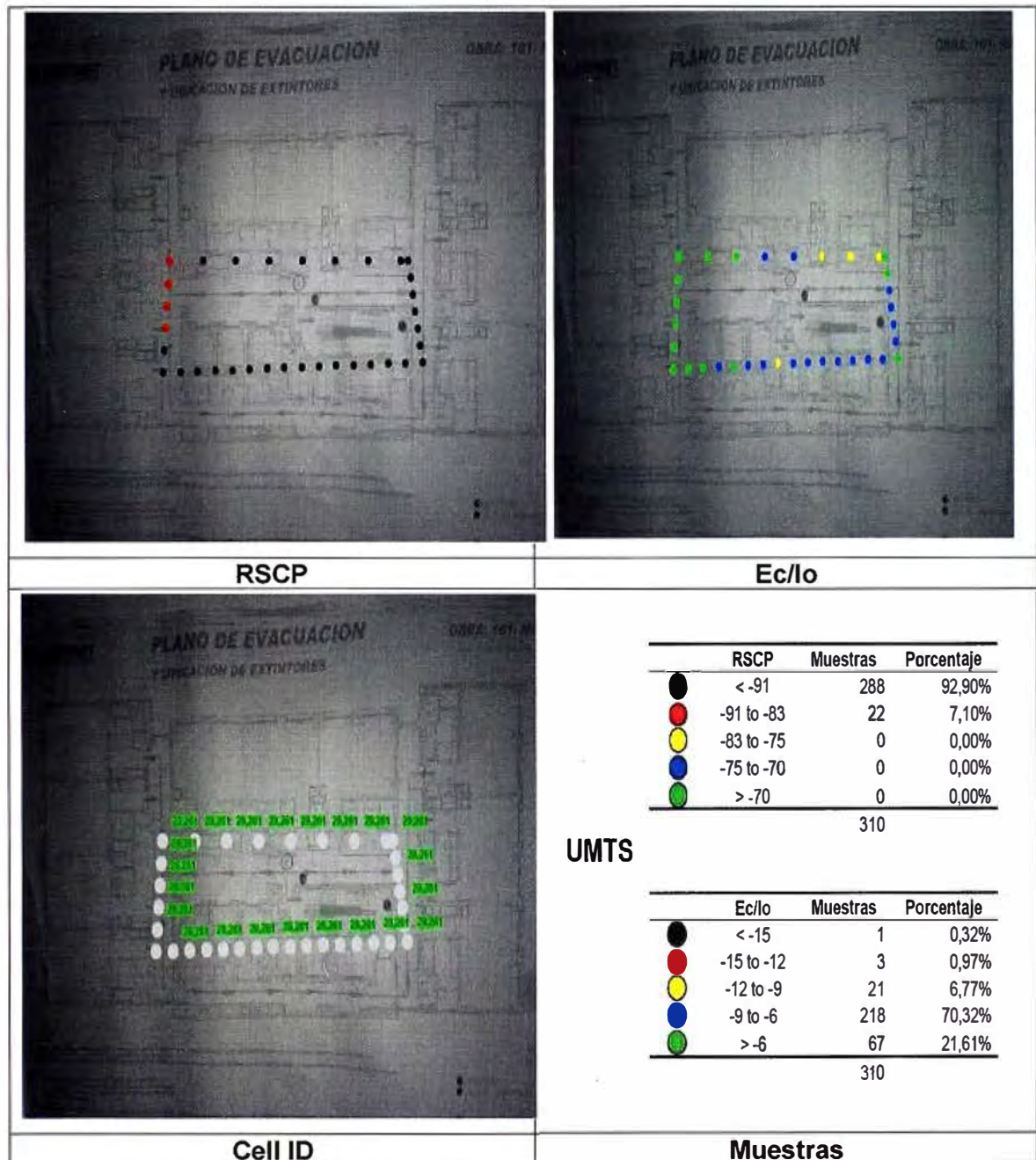


Figura 3.8 Mediciones de tecnología 3G en el Sexto piso. (Ref. [5])

La figura 3.8 nos muestra que en WCDMA presenta bajos valores de nivel de recepción del canal CPICH (RSRP) menores a -91dBm al 93% de las muestras, la relación Ec/Io tiene de -9dB a -6dB al 70% del área de interés, el cual está dentro de lo que podemos calificar como bueno.

Las mediciones de Cell ID muestran el nodo B servidora es 29,261.

- Décimo Piso

Tecnología 2G

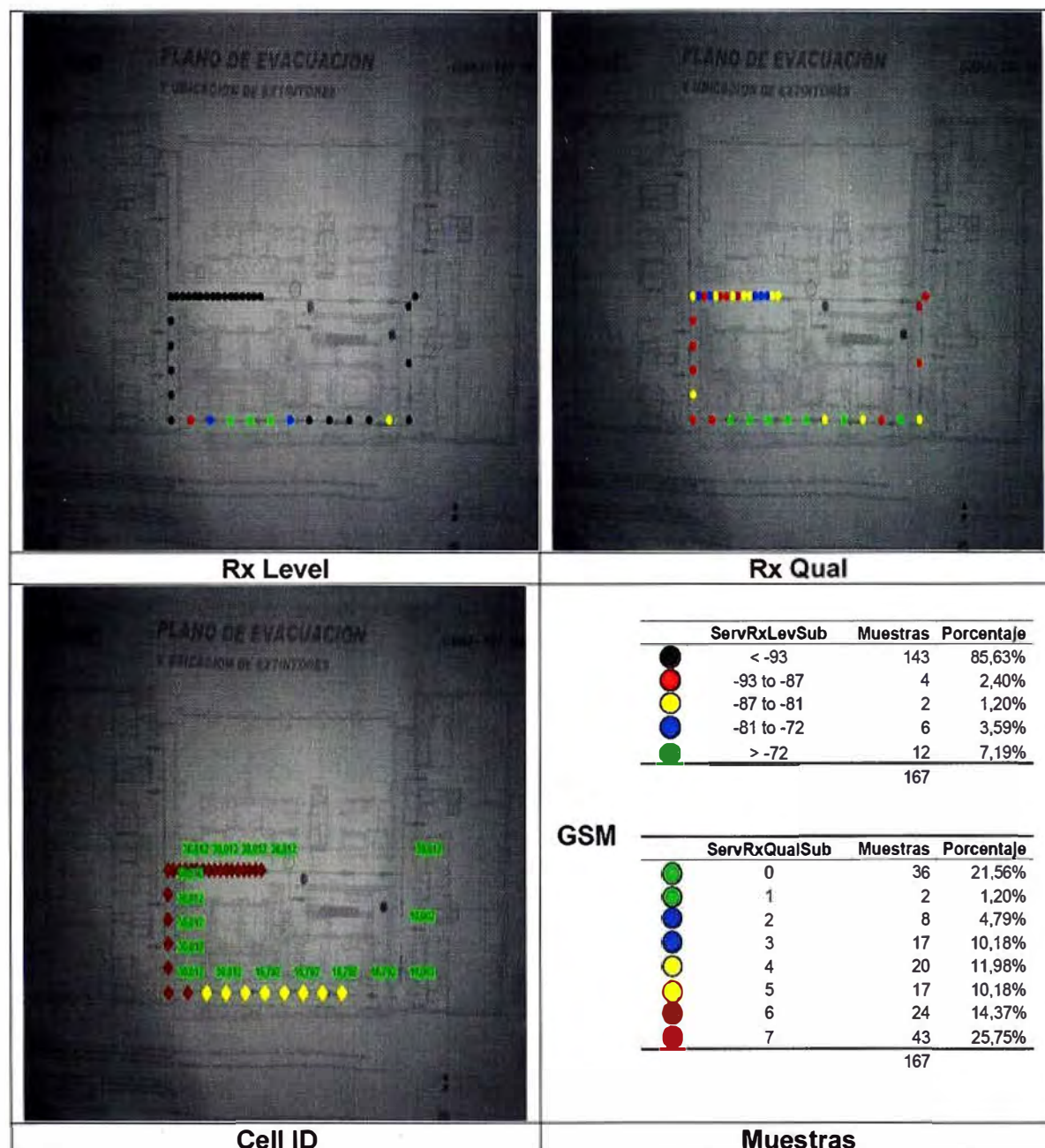


Figura 3.9 Mediciones de tecnología 2G en el Décimo piso. (Ref. [5])

La figura 3.9 nos muestra que en EDGE los niveles de recepción (RxLevel) son menores a -93dBm al 85% de muestras tomadas y en calidad de recepción (RxQual) existen niveles de 0 a 1 al 25 % y de 7 al 25% de las muestras tomadas.

El Cell ID muestra que existen 3 celdas 2G que están cubriendo la misma planta: 30,012 - 16,792-10,002.

Esto provocara que existan zonas de traslape de sectores el cual puede provocar caída de llamadas, y consumo innecesario de recursos debido a que en algún momento el móvil va

a estar atendido por más de un sector, esto afecta los indicadores de calidad (KPI) del Operador.

Tecnología 3G

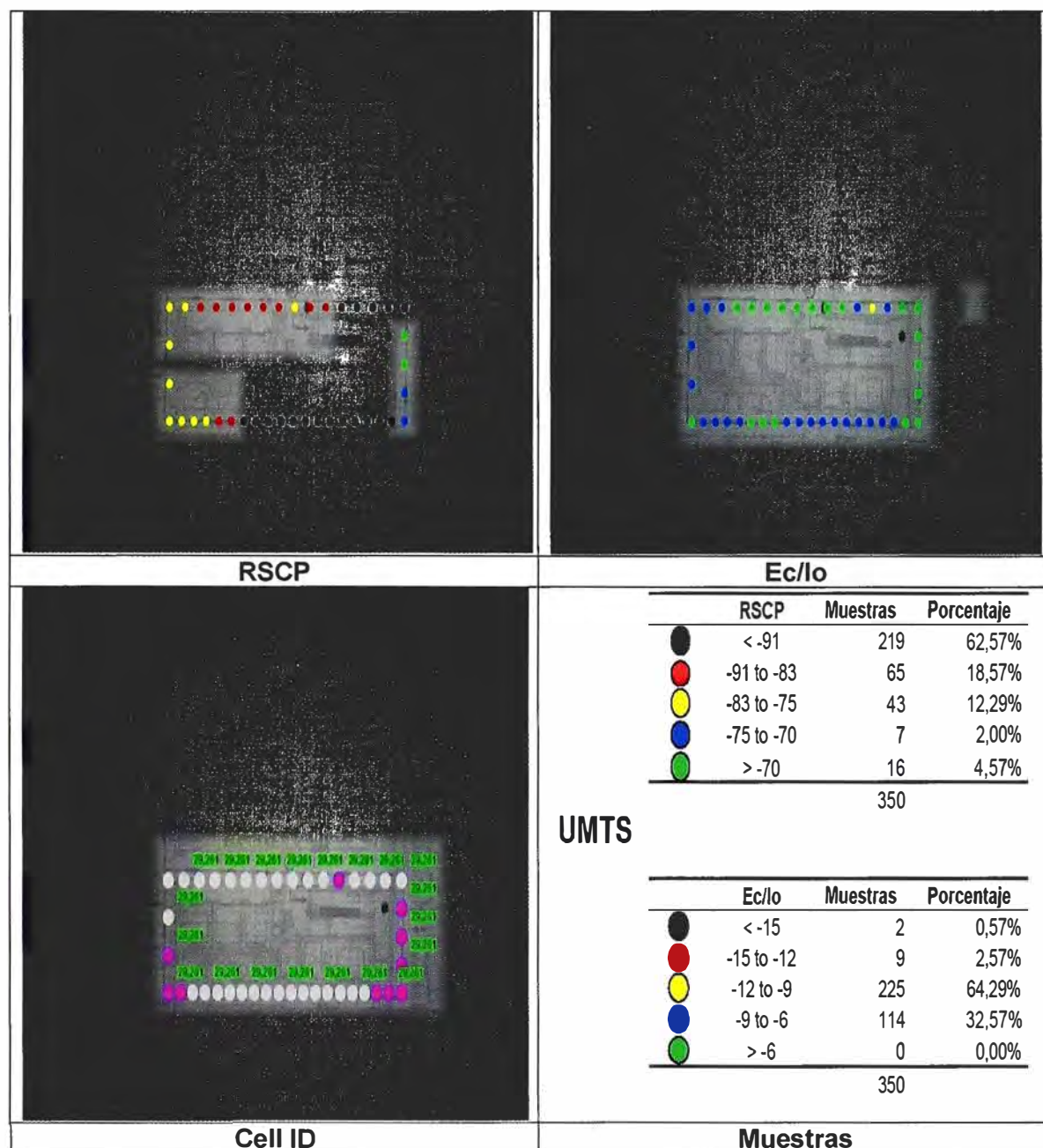


Figura 3.10 Mediciones de tecnología 3G en el Décimo piso. (Ref. [5])

La figura 3.10 nos muestra que en WCDMA los niveles de recepción del canal CPICH (RSCP) son menores a -91dBm al 63% de las muestras tomadas, esto indica que la señal es muy débil en este piso provocando que existan caída de llamadas en algunas zonas y hasta falta de cobertura, la relación Ec/Io presenta valores de -9dB hasta -12dB en más del 64% de las muestras, además de la baja señal la calidad esta también degradada estas dos combinaciones provocan un servicio deficiente el cual será más notorio en la descarga

lenta de datos o navegación web.

Las mediciones de CELL ID indican que el sector dominante proviene de la celda 29,261.

- Décimo Sexto Piso

Tecnología 2G

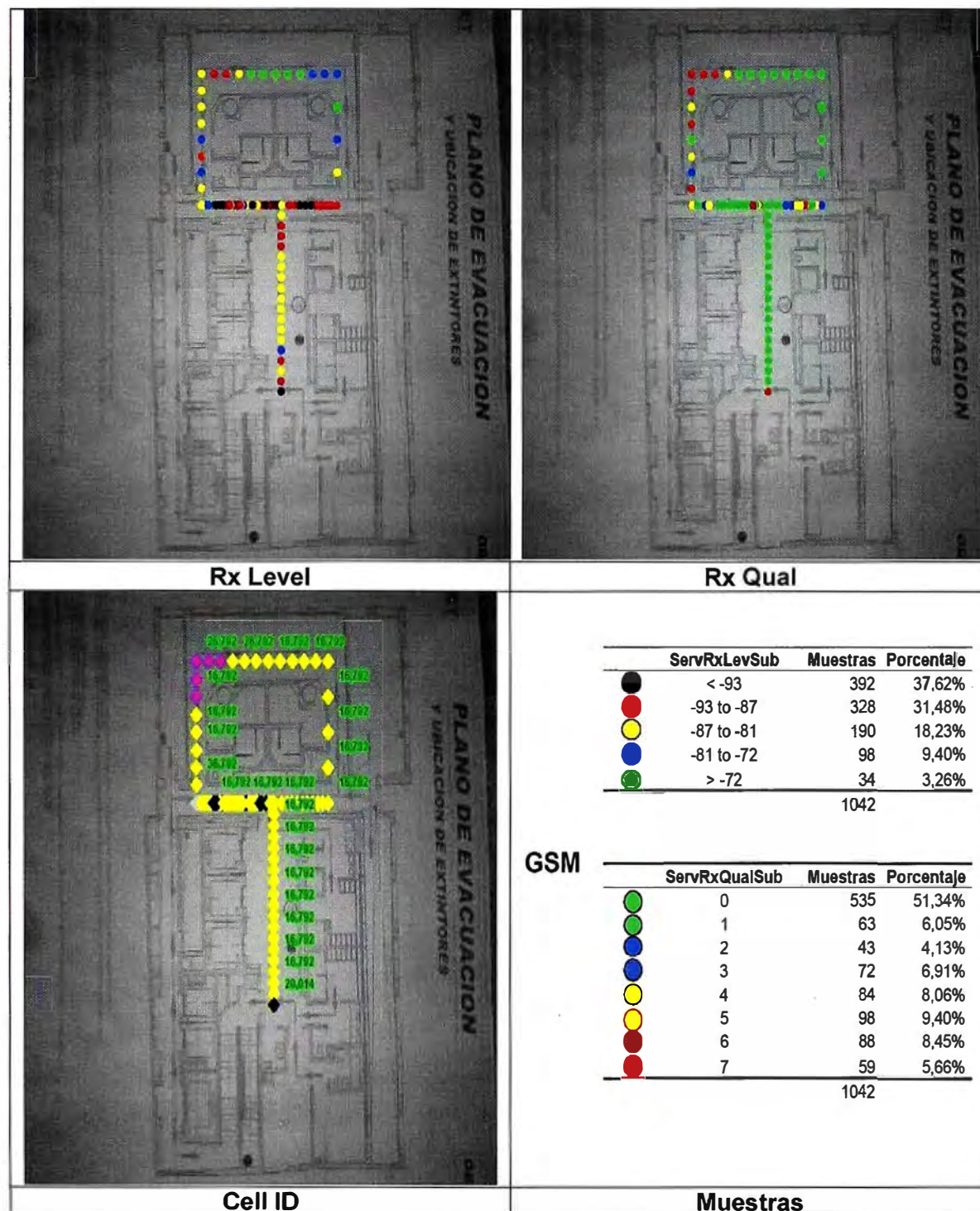


Figura 3.11 Mediciones de tecnología 2G en el Décimo sexto piso. (Ref. [5])

La figura 3.11 nos muestra que en EDGE los niveles de recepción (RxLevel) son menores a -93dBm al 38% y de -93dBm a -87dBm al 31% de muestras tomadas y en los niveles de

calidad de recepción (RxQual) existen niveles de 0 a 1 el 57 % de las muestras tomadas. El Cell ID muestra que la celda 2G servidora es 16,792.

Tecnología 3G

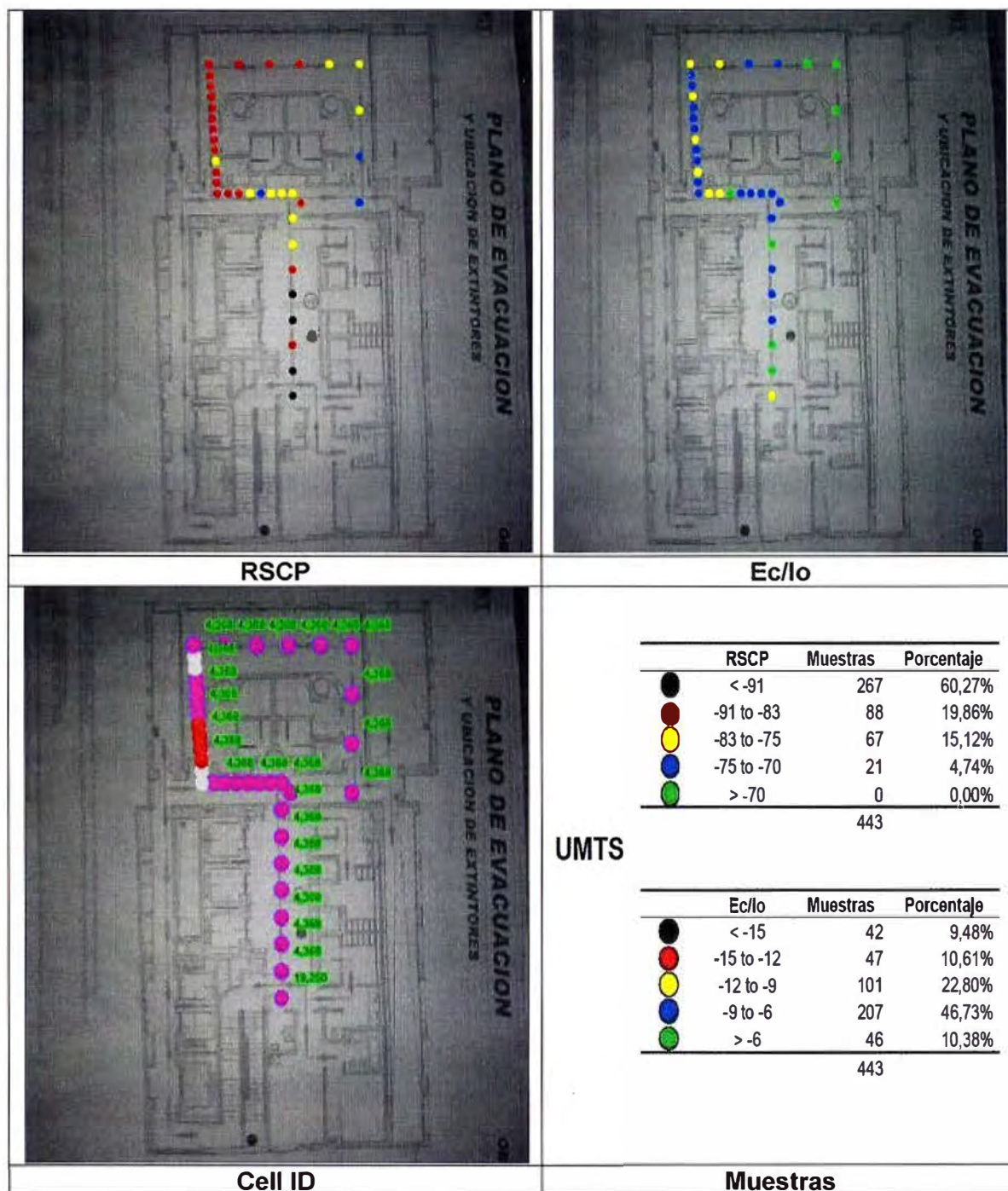


Figura 3.12 Mediciones de tecnología 3G en el Décimo sexto piso. (Ref. [5])

La figura 3.12 nos muestra que en WCDMA los niveles de recepción del canal CPICH (RSCP) son menores a -91dBm al 60% de las muestras tomadas, la relación (Ec/lo) presenta valores de -9dB a -6dB al 46% de las muestras.

Las mediciones de CELL ID indican dos sectores presentes las celdas 4,368 y 19,250.

3.4 Determinación del nivel objetivo de diseño.

Para determinar el nivel requerido de diseño para la cobertura de radiofrecuencia, tomamos los valores promedios de las mediciones realizadas y adicionamos 10dB sobre el valor encontrado para asegurar suficiente aislamiento en radio frecuencia.

Para el Cálculo promedio de cada piso tomamos el nivel de potencia más alto y lo multiplicamos por la cantidad de muestras tomadas, así para 2G en el nivel Entre piso de la figura 3.13 tendríamos lo siguiente:

	ServRxLevSub	Muestras	Porcentaje
●	< -93	159	62,85%
●	-93 to -87	56	22,13%
●	-87 to -81	36	14,23%
●	-81 to -72	2	0,79%
●	> -72	0	0,00%
		253	

Figura 3.13 Mediciones de tecnología 2G en el Entre piso. (Ref. [5])

$$RxLevel_{prom} = \frac{-93 \times 159 - 87 \times 56 - 81 \times 36 - 72 \times 2}{253} dBm$$

$$RxLevel_{prom} = -89.79 dBm$$

Con el mismo procedimiento obtenemos para los demás pisos, la tabla N° 3.3 muestra los valores calculados.

Tabla N° 3.3 Valores promedios de nivel de señal por tecnología. (Fuente Propia).

Piso	NIVEL - dBm	
	2G (RxLevel)	3G (RSCP)
SS3	Sin Cobertura	Sin Cobertura
SS2	Sin Cobertura	Sin Cobertura
SS1	Sin Cobertura	Sin Cobertura
EP	-89.80	-90.63
P2	Sin Cobertura	-91.00
P3	-91.00	-91.00
P4	-91.00	-91.00
P5	-91.51	-90.72
P6	-92.02	-90.43
P7	-89.95	-89.55
P8	-87.87	-88.67
P9	-89.16	-87.42
P10	-90.45	-86.17
P11	-89.85	-86.46
P12	-89.26	-86.76
P13	-89.75	-88.51
P14	-90.24	-90.26
P15	-88.25	-88.13
P16	-86.26	-86.00
PROMEDIO	-89.76	-88.92

Se tiene en promedio -90dBm para 2G y -89dBm para 3G.

Fijamos nuestros niveles de potencia para diseño con 10dB mayor a la potencia promedio encontrada y serán:

2G: - 80dBm

3G: - 79dBm

En los subsuelos basta con tener una cobertura aceptable ya que no presenta señal proveniente de la red macro, consideramos tener -85dBm en las áreas de transito de personal para el 95% del área de interés considerando las zonas comunes y permitidas para la instalación de las antenas.

3.5 Punto de Interconexión con las Radio Bases.

Las unidades principales, en nuestro caso el MAIN HUB del sistema DAS activo, presenta una tolerancia de potencia de entrada que varía según el fabricante, en nuestro caso es de + 30dBm como potencia máxima en el enlace de bajada y requerimos de una conexión simplex en el cual el enlace de bajada (downlink) y el enlace de subida (uplink) deber estar separados.

La etapa en el cual se acondiciona y atenúa la señal proveniente de la radio base se llama punto de interconexión (point of interfacing), los requisitos de señal de entrada a la unidad principal o MAIN HUB son:

- Transmisión simplex: Enlace de bajada (downlink) y enlace de subida (uplink) de forma separada.
- Potencia máxima tolerada por el equipo en el enlace de bajada (downlink): + 30dBm de potencia compuesta.
- Conectores de tipo N.

3.5.1 Acondicionamiento de la señal de entrada.

Las radio bases que provee el operador son de tecnología Flexi EDGE para tecnología 2G, con potencia de salida compuesta de 20W (43dBm) y Flexi WCDMA para tecnología 3G con potencia de salida compuesta de 8W (39dBm) del fabricante Nokia Siemens Networks, cada uno en modo dúplex en la banda de 1900MHz.

Utilizamos un acoplador híbrido de alto aislamiento para combinar las dos señales, un atenuador de 20dB a 50W para atenuar la señal, y un circulador para dividir el enlace de bajada (Downlink) del enlace de subida (Uplink); en ocasiones se utiliza un filtro duplexor que realiza el mismo trabajo pero brinda mayor aislamiento entre puertos y reduce los problemas de intermodulación pasiva (PIM); y por último un atenuador de 10 dB a 2W para colocar los niveles de potencia dentro del rango de operación de la unidad principal.

En la figura 3.14 describimos la interconexión y acondicionamiento de la señal proveniente de las radio bases, la combinación atenuación y separación que esta sufre antes de ser

inyectada a la unidad principal del sistema distribuidos de antenas activo.

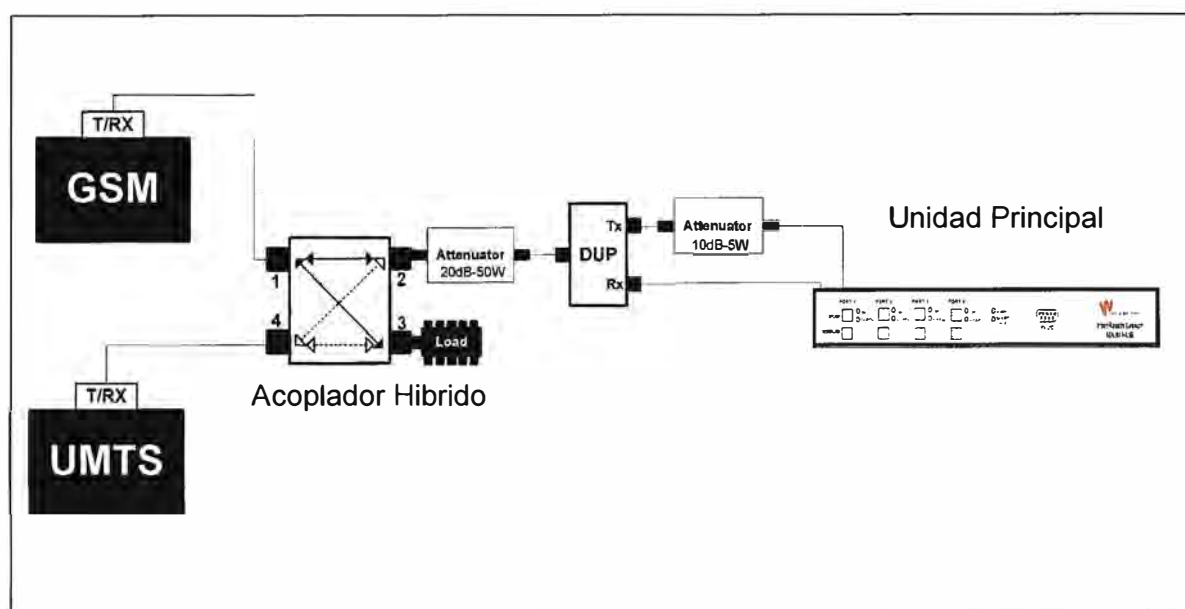


Figura 3.14 Diagrama de interconexión entre unidad principal y radio bases. (Fuente Propia)

3.5.2 Calculo de la potencia de entrada.

Potencia Combinada de las radiobases: $28W \equiv 44.5dBm$

$$\begin{aligned}
 & \text{Potencia compuesta}_{\text{Entrada}} \\
 & = 44.5dBm - 3dB \text{ (Pérdidas por acoplador híbrido)} - 20dB_{\text{(atenuador)}} \\
 & - 10dB_{\text{(atenuador)}} - 2dB \text{ (pérdidas de acoplamiento)} \\
 & \text{Potencia compuesta}_{\text{Entrada}} = 9.5dBm \leq 30dBm
 \end{aligned}$$

La potencia de entrada de las dos tecnologías combinadas en la banda de 1900MHz está dentro del rango de tolerancia del equipo.

3.6 Calculo de la Potencia de Salida.

El sistema de antenas distribuido de TE Connectivity es un sistema de cero pérdidas, es decir la potencia de entrada se replica a la unidades remotas.

Adicional a la potencia de entrada el sistema es capaz de agregar ganancia en todo el sistema para compensar el aumento de más canales.

El cálculo de la potencia de salida en las unidades remotas se basa en potencia por portadora, y según las especificaciones del fabricante presenta un máximo nivel antes de que el amplificador ingrese a la zona de saturación.

3.6.1 Calculo de la Potencia por portadora en la unidad Remota.

El cálculo de la potencia por portadora en la unidad remota depende de la cantidad de portadoras que se estén combinando, límites de compresión que sufre la señal y productos de intermodulación que resultan de la combinación de la señal estas variables dependen del equipo y el tipo de tecnologías a combinarse por ello tomamos en cuenta las tablas

proporcionados por el fabricante a continuación la tabla N° 3.4 que nos indica los valores máximos de potencia por portadora en el enlace de bajada.

Tabla N° 3.4 Especificaciones del fabricante de los niveles de potencia por portadora.

(Ref. [3])

NUMERO DE PORTADORAS	Potencia por portadora(dBm)			
	TDMA	GSM	EDGE	CDMA
1	23	26	23	16
2	18	20	17.5	13
3	15	16.5	14	11
4	13	14	12	10
5	11.5	12	10.5	9
6	10.5	11	9.5	8
7	9.5	10	9	7.5
8	8.5	9	8	7
9	8	8.5	7.5	
10	7.5	8	7	
11	7	7.5	6.5	
12	6.5	7	6	
13	6.5	6.5	6	
14	6	6.5	5.5	
15	5.5	6	5	
16	5.5	5.5	5	
20	4.5	4.5	4	
30	2.5	3	2	

Como vamos a combinar WCDMA y EDGE en la banda de 1900MHz, utilizamos la herramienta recomendada por el fabricante para sistemas multi-tecnologías, los resultados se muestran en la figura 3.15.

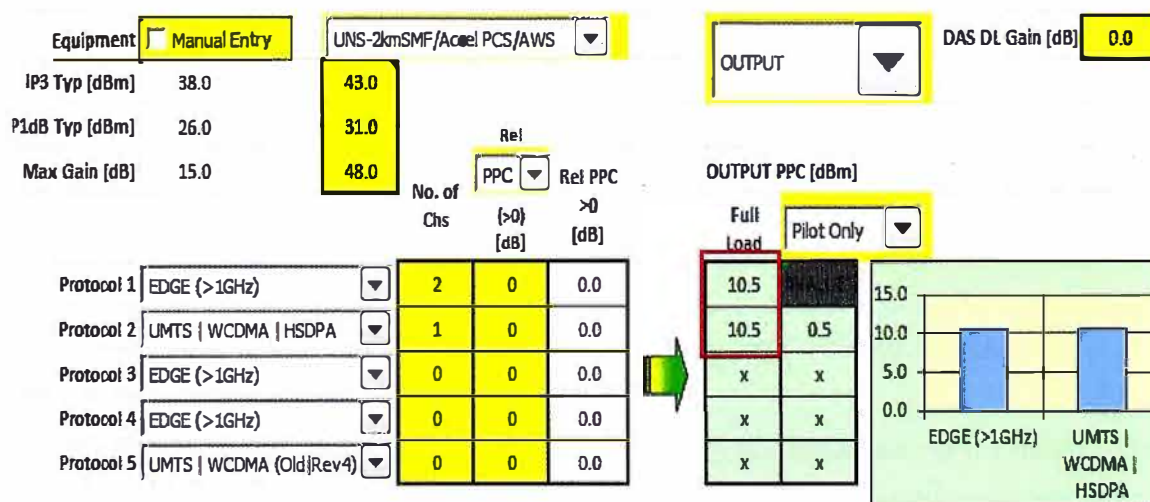


Figura 3.15 Hoja de cálculo para determinar el nivel de potencia de sistemas multi tecnologías. (Ref. [3])

Obtenemos una potencia de Salida por portadora de 10.5dBm en la unidad remota (RAU). Es importante señalar que la potencia por portadora calculada en la unidad remota no depende de la trayectoria seguida por el cable UTP que conecta la unidad remota (RAU) con la unidad de expansión (EH) ni la fibra óptica que conecta la unidad principal (MH) y la unidad de expansión (EH), siempre y cuando se respete las distancia máxima de instalación del cableado UTP que es de 100m.

3.7 Diagrama unifilar de conexión de los equipos.

Ubicamos las radio bases y la unidad principal en la sala de comunicaciones ubicado en el primer subsuelo cerca a la montante principal del edificio, las unidades de expansión cada 4 pisos instalados en un rack cerca a la montante.

A continuación la figura 3.16 muestra el diagrama que describe la interconexión y acondicionamiento de la señal además de los materiales utilizados:

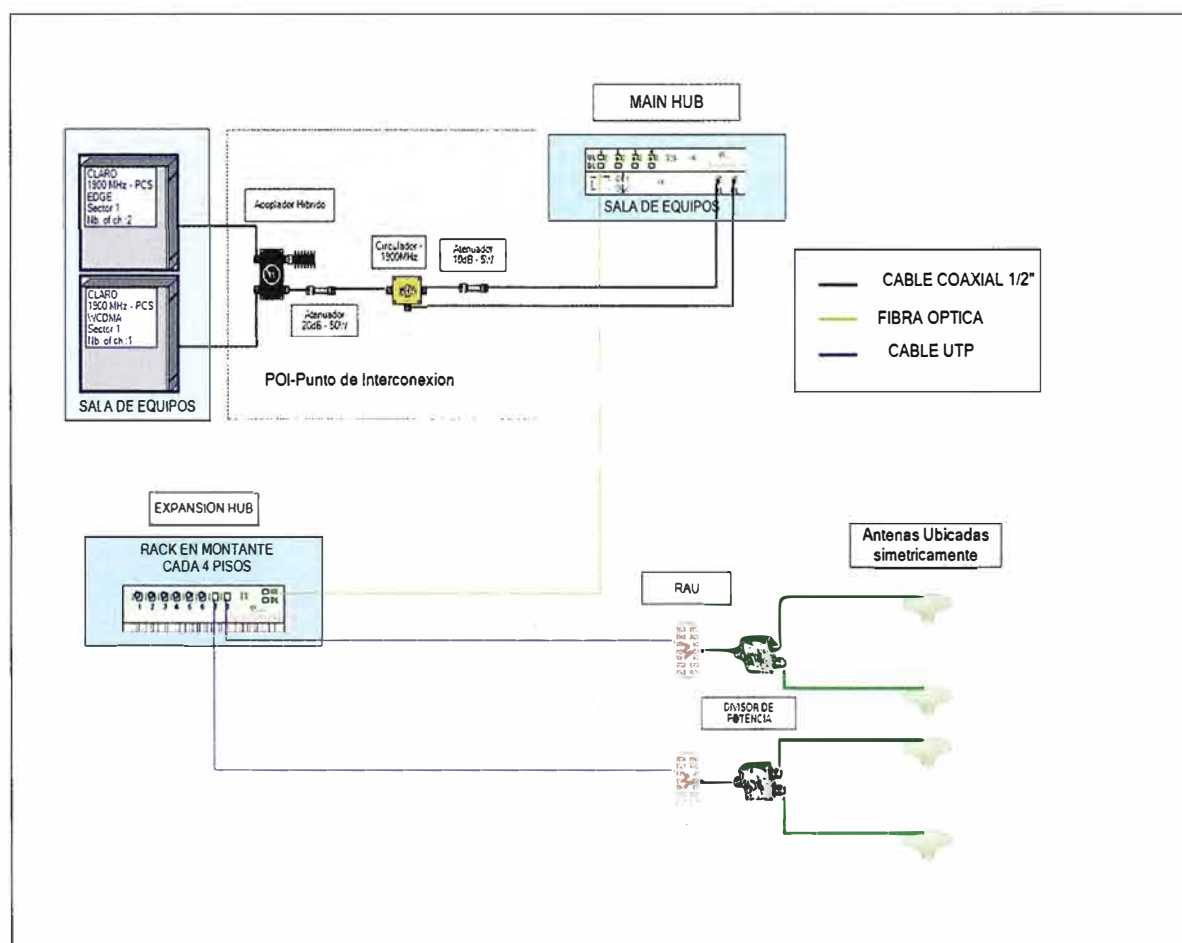


Figura 3.16 Diagrama unifilar del sistema propuesto (Fuente Propia).

3.8 Ubicación y distribución de Antenas.

Para la ubicación de las antenas nuestra prioridad serán las zonas de mayor tránsito de huéspedes y personal propio del hotel, debido a que las antenas para interiores tipo panel o direccionales afectan la estética del edificio, se instalan antenas tipo omnidireccional, y

de manera que estén ubicadas en los pasillos de cada piso y conservando distancia de las ventanas para evitar que la señal salga de los bordes de la edificación causando interferencia con la señal macro, cada unidad remota (RAU) estará alimentando a dos antenas mediante un divisor de potencia y cable de coaxial de 1/2".

Generalmente en los edificios como hoteles la distribución de los pisos se repite mucho o tienen patrones similares, esto ayuda a estimar la cantidad de cable necesario en la instalación.

A continuación mostramos las ubicaciones de las antenas, unidades remotas (RAU) y divisores de potencia en los pisos correspondientes en las figuras 3.17, 3.18, 3.19 y 3.20.



Figura 3.17 Ubicación de antenas y equipos en Subsuelos 1, 2,3 y Entre Piso (Fuente Propia).

La ubicación de los equipos como ya lo habíamos mencionado antes es en el cuarto de comunicaciones ubicado en el primer subsuelo cerca a la montante principal del edificio para tener acceso vertical a los demás pisos y evitar tendido de cable extenso, las antenas las ubicamos en los pasillos de mayor circulación de personal, debido al uso de los subsuelos como almacén o depósito de materiales no es necesario cubrir la mayor parte de los ambientes solamente los pasillos y con un nivel de señal aceptable ya que no existe señal interferente proveniente de la red externa y el tráfico esperado es bajo.

Para tener un nivel de potencia equitativo en cada antena el criterio es ubicarlas a la misma distancia desde el divisor de potencia de esta manera conseguimos la homogeneidad en la cobertura para los sitios de interés.



Figura 3.18 Ubicación de antenas y equipos en los pisos 2 al 13 (Fuente Propia).

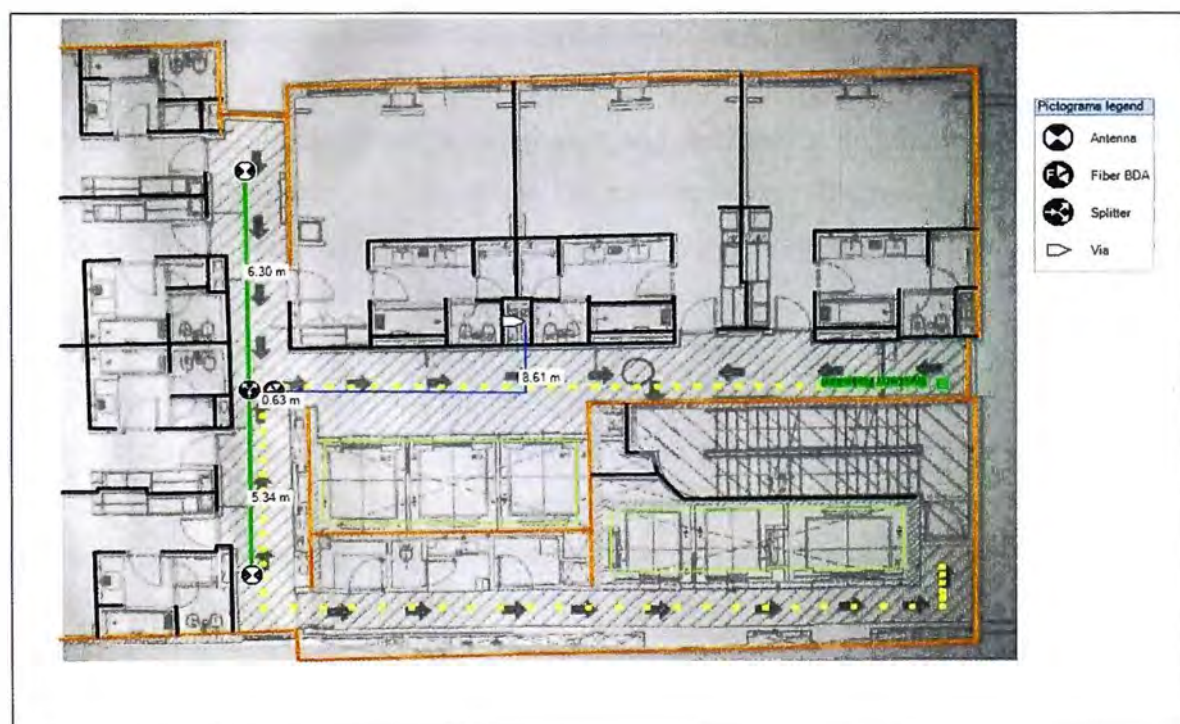


Figura 3.19 Ubicación de antenas y equipos en los pisos 14 y 15 (Fuente Propia).

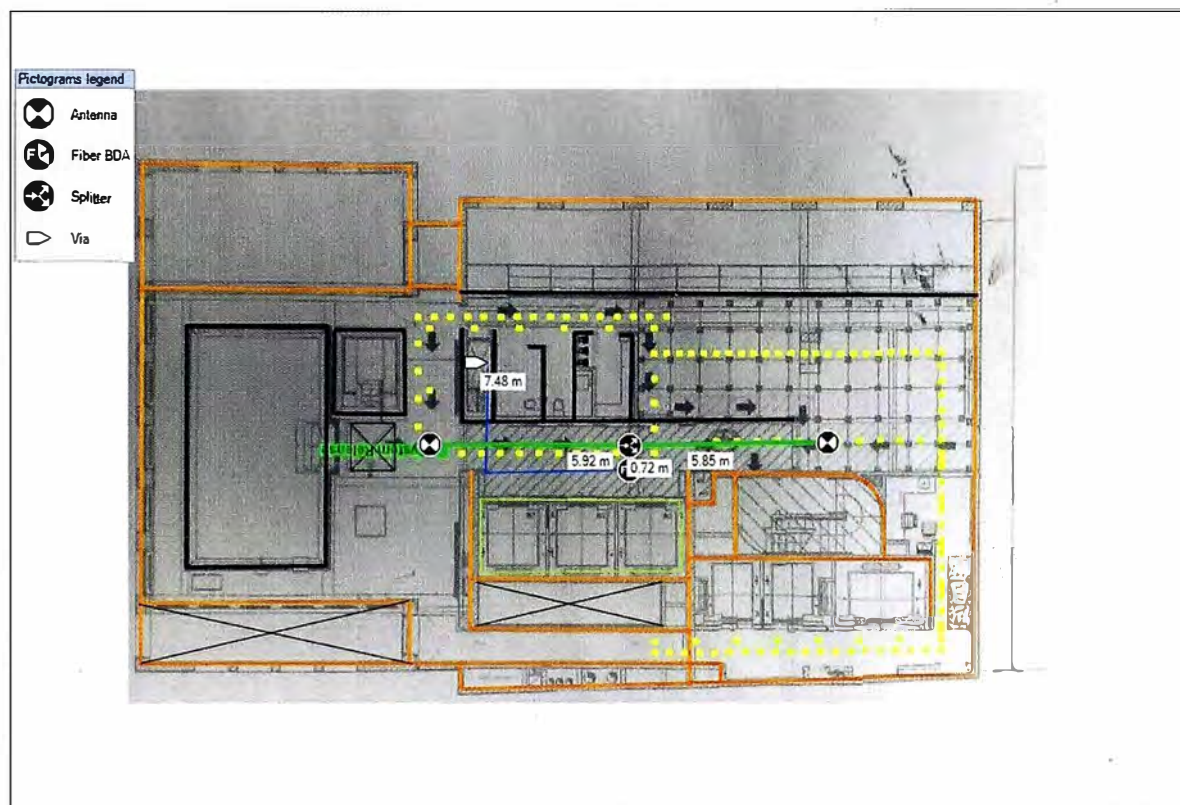


Figura 3.20 Ubicación de antenas y equipos en los pisos 16 y 17 (Fuente Propia).

3.9 Simulación y predicciones de cobertura.

Para realizar la simulación de propagación y predicciones de cobertura utilizamos la herramienta informática llamada iBwave que basa sus predicciones en el modelo COST231 para propagación en interiores, esta herramienta informática nos permite ingresar los planos, paredes, seleccionar la tecnología y escoger materiales de diversos fabricantes tanto de equipos de telecomunicaciones así como dispositivos de microondas.

Cargamos las librerías que contienen los modelos para iBwave de los equipos del fabricante TE Connectivity e ingresamos la información de las paredes obtenida del estudio técnico realizado en una visita previa de reconocimiento.

3.9.1 Simulación y predicción en 2G - EDGE 1900MHz.

La simulación en 2G para la banda de 1900MHz la realizamos en base a la fuerza de la señal y el nivel de recepción, generalmente en base al canal de control de difusión (BCCH) este canal transmite una serie de elementos de información a los móviles (MS) que caracterizan la organización de la red de radio, como las configuraciones de canal de radio y tiene funciones de señalización y control del sector. El canal de control de difusión (BCCH) se configura por regla general en el primer transmisor/receptor o transceiver (TRX) del sector.

A continuación mostramos las predicciones de cobertura en las figuras 3.21, 3.22, 3.23, 3.24 correspondiente a la tecnología 2G.

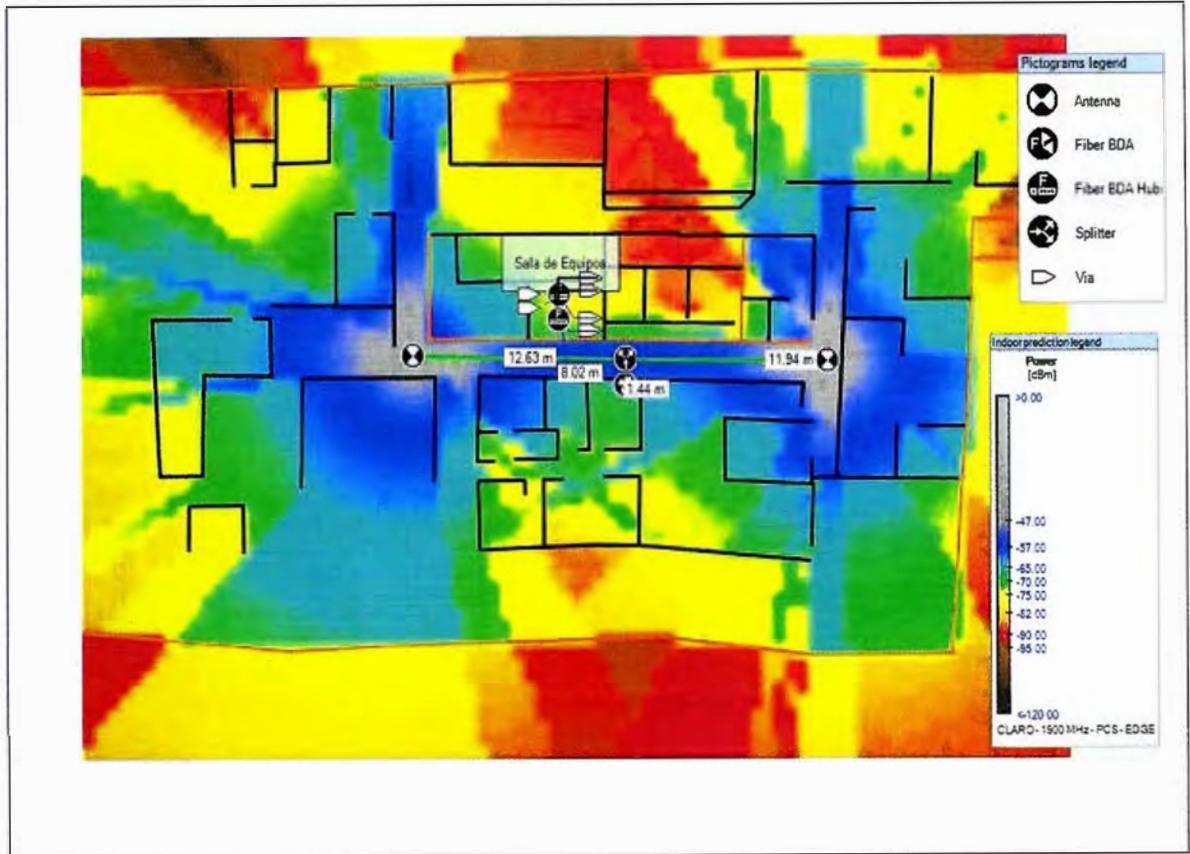


Figura 3.21 Predicción de cobertura 2G en Subsuelos y Entre Piso (Fuente Propia).

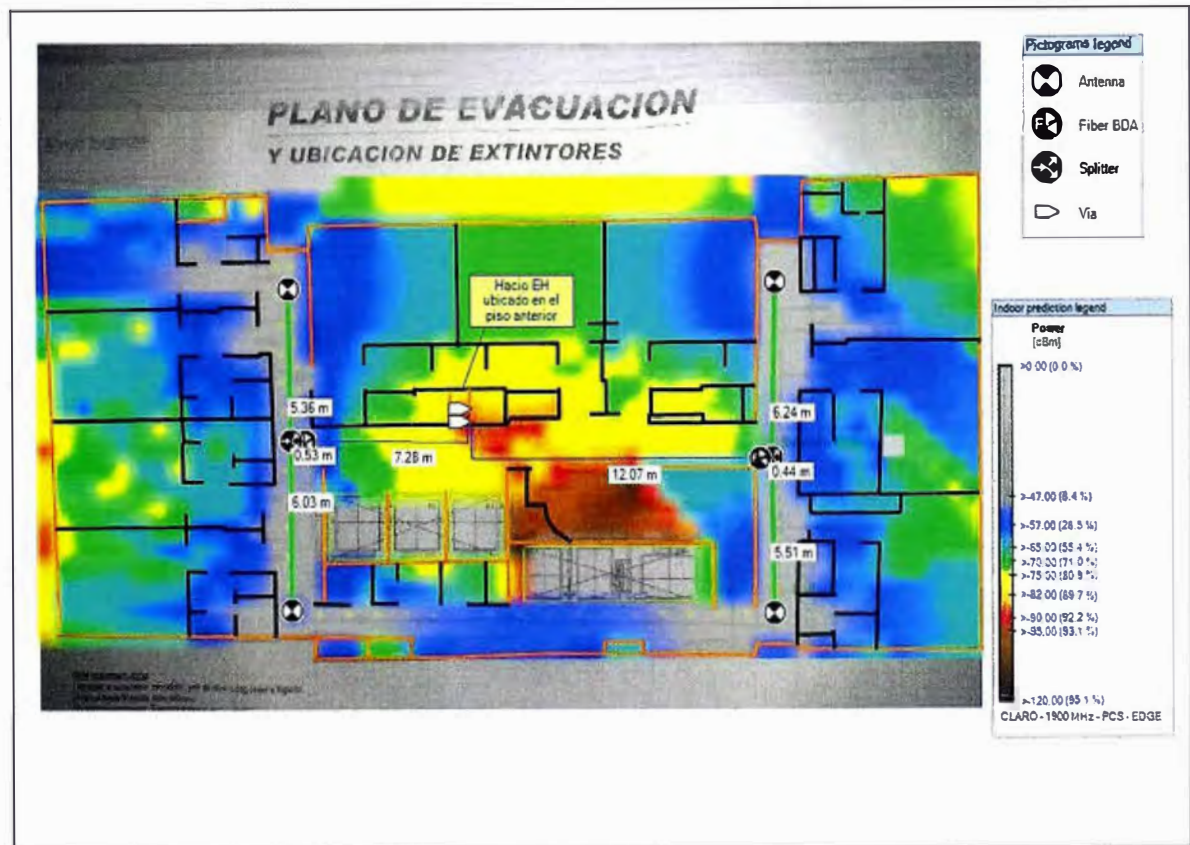


Figura 3.22 Predicción de cobertura 2G en Pisos del 2 al 13 (Fuente Propia).

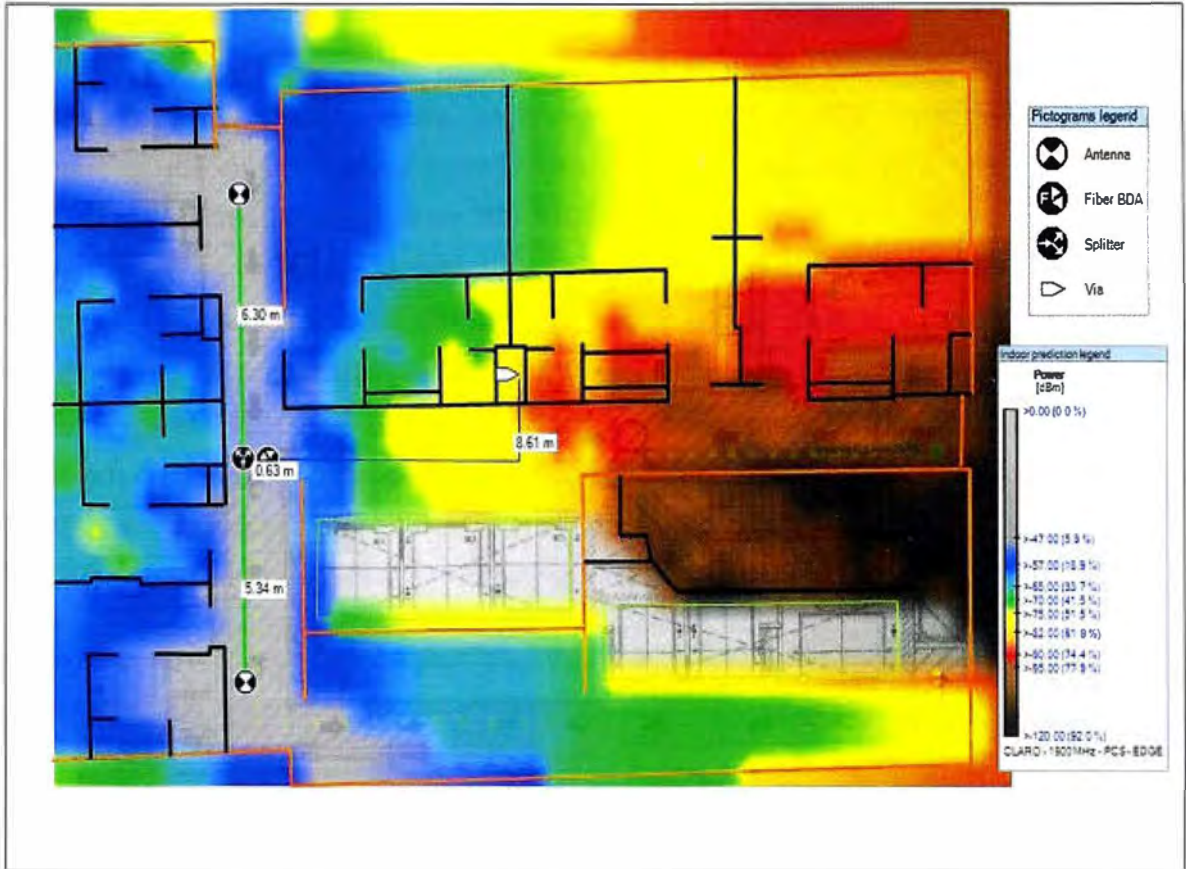


Figura 3.23 Predicción de cobertura 2G en Pisos del 14 al 15 (Fuente Propia).

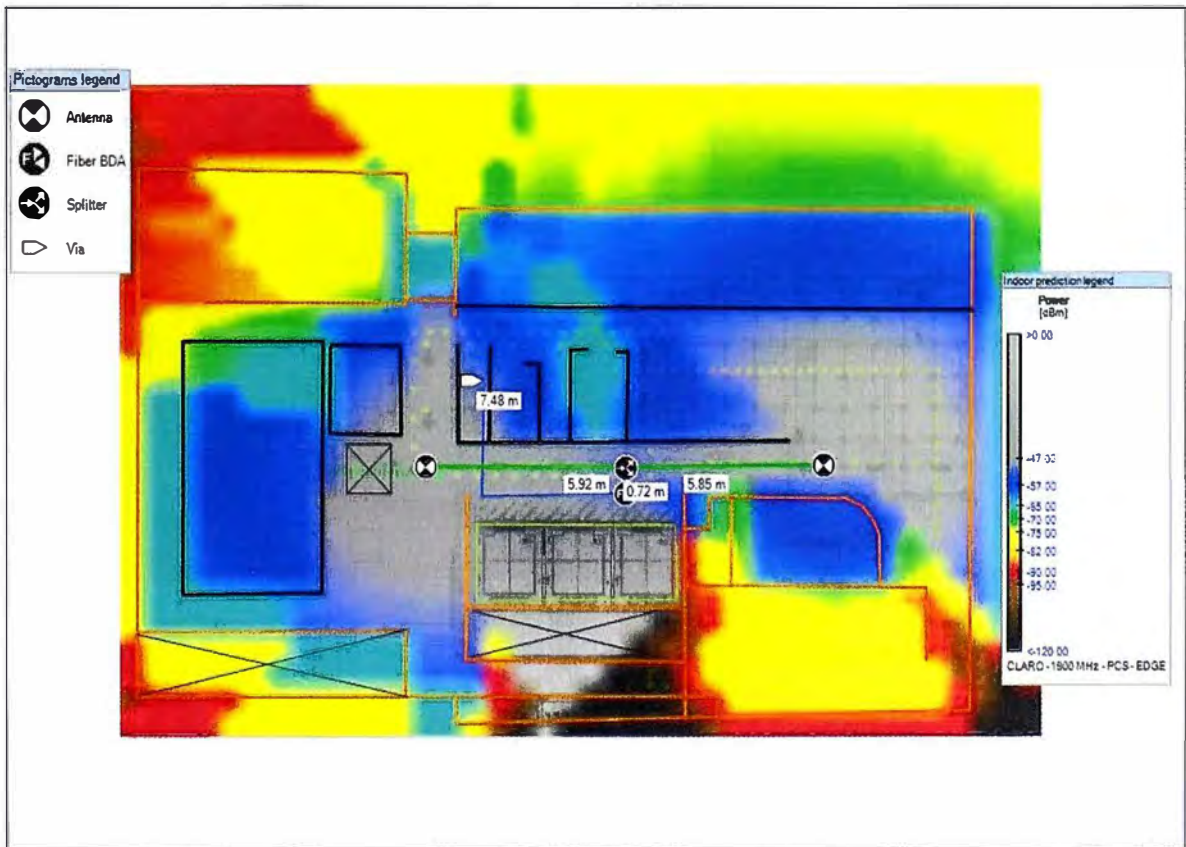


Figura 3.24 Predicción de cobertura 2G en Pisos del 16 al 17 (Fuente Propia).

Según las predicciones la cobertura para las antenas propuestas es muy buena, pero debemos tener presente que el software no toma en cuenta pérdidas por conectores ni pérdidas por diversos elementos en la edificación por lo cual debemos esperar una atenuación adicional que generalmente está dentro del rango de 2dB a 3dB.

3.9.2 Simulación y predicción en 3G - WCDMA 1900MHz.

La simulación y predicción de cobertura en 3G para la banda 1900MHz la realizamos en base a la potencia del canal CPICH, este canal es de difusión y tiene una potencia constante, se encarga de transmitir la información del sector 3G a los móviles (MS) y se transmite generalmente al 10% de la potencia del sector o lo que es equivalente decir a 10dB por debajo de la potencia por portadora del sector, por ello es que las predicciones en 3G son más débiles que en 2G.

A continuación mostramos las predicciones de cobertura en las figuras 3.25, 3.26, 3.27 y 3.28 para los respectivos pisos o niveles.

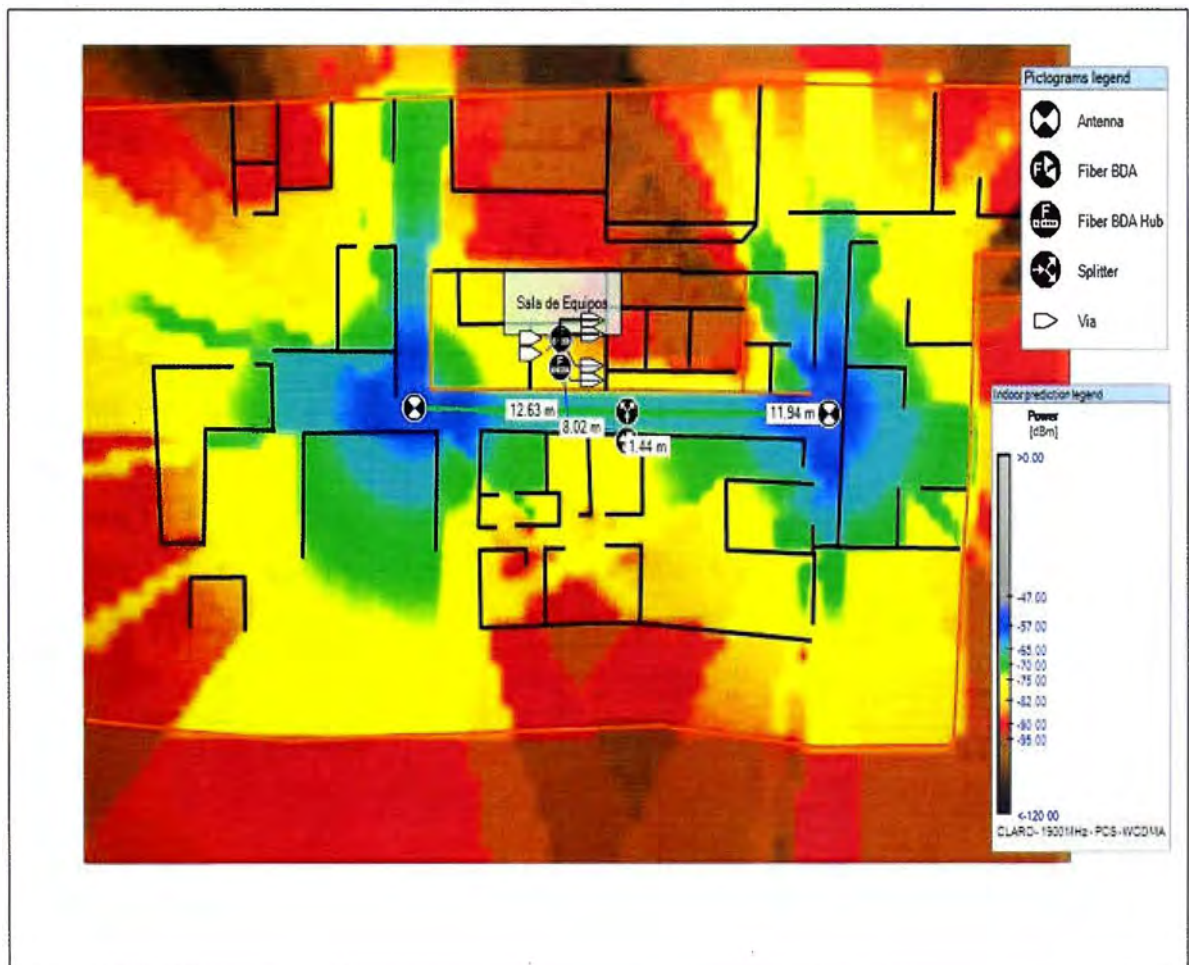


Figura 3.25 Predicción de cobertura 3G en Subsuelos y Entre Piso (Fuente Propia).

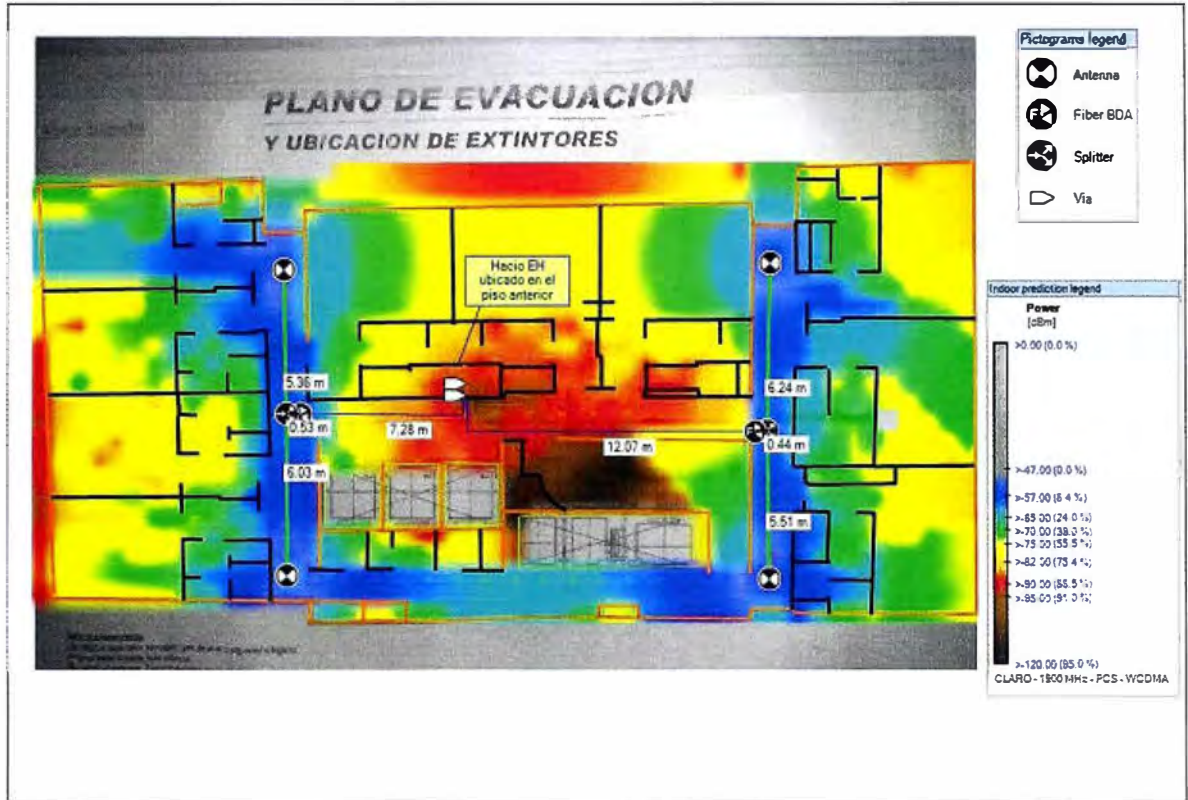


Figura 3.26 Predicción de cobertura 3G en Pisos del 2 al 13 (Fuente Propia).

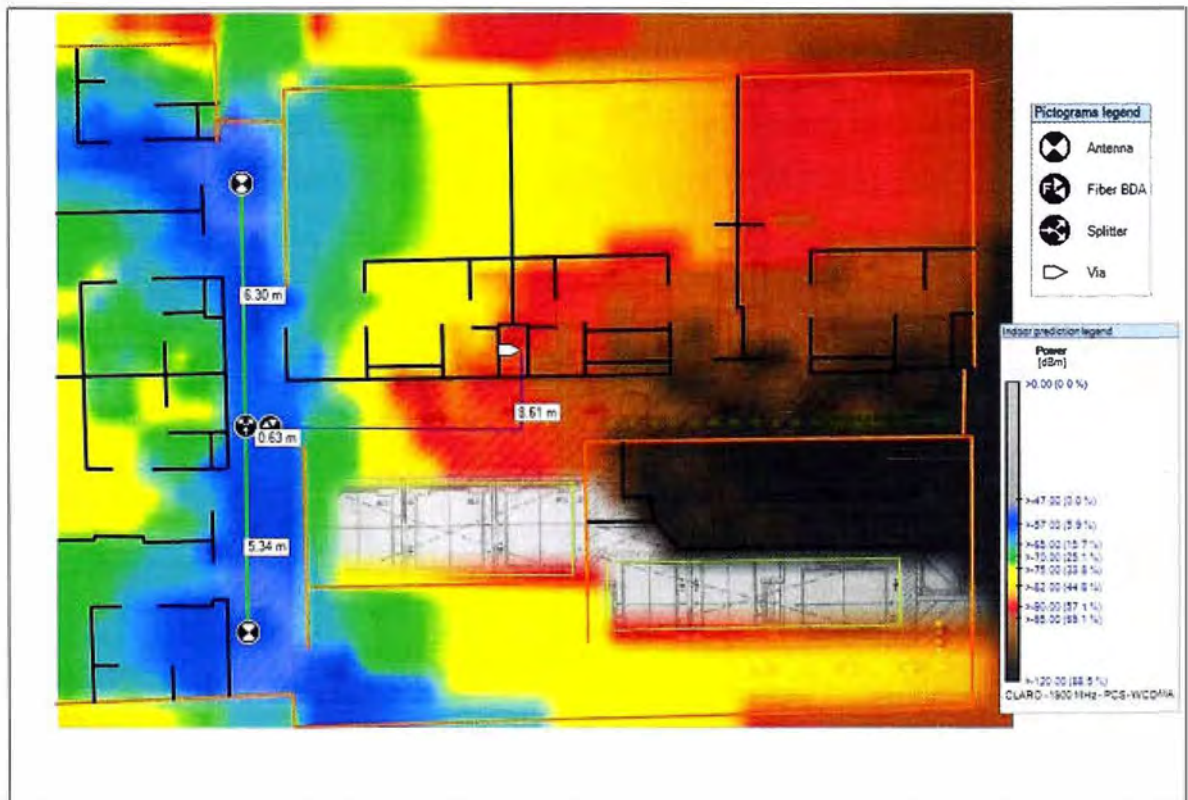


Figura 3.27 Predicción de cobertura 2G en Pisos del 14 al 15 (Fuente Propia).

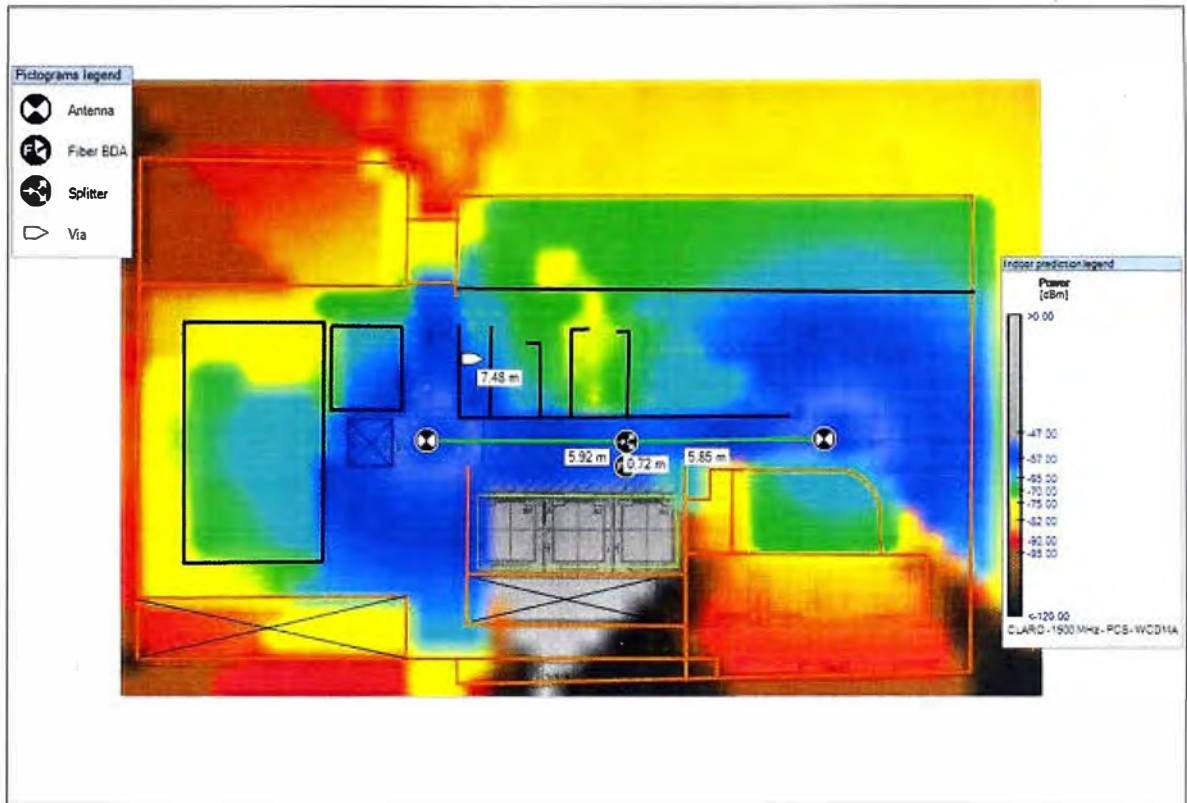


Figura 3.28 Predicción de cobertura 3G en Pisos del 16 al 17 (Fuente Propia).

3.10 Lista de materiales.

La lista de materiales contempla los principales materiales y equipamiento a utilizar en la implementación del sistema de antenas distribuidas, se tiene en cuenta que existirán trabajos adicionales como obras civiles y adecuaciones del sitio para la instalación, la tabla N° 3.5 nos lista los principales materiales utilizados en el proyecto.

Tabla N° 3.5 Lista de Materiales. (Fuente Propia)

Lista de materiales InterReach UNISON					
Numero de ítem	Número de catalogo	Descripción	Cantidad	PRECIO UNIT. REFERENCIAL (USD)	PRECIO SUBTOTAL REFERENCIAL (USD)
1	UNS-1-MH-2	UNIDAD PRINCIPAL	2	2,841.40	5,682.8
2	UNS-EH-2	UNIDAD DE EXPANSION	5	2,446.76	12,233.8
3	UNS-PCS-2	UNIDAD REMOTA PARA 1900MHZ	32	576.17	18,437.44
4	4018SCAPC-10	JUMPER SC/APC MONOMODO PARA CONEXIÓN DE MASTER Y EXPANSION	5	110.0	550.0
5	4003-10	JUMPER COAXIAL RG400 DE RF PARA CONEXIÓN ENTRE MASTER Y ACOPLADOR HIBRIDO	2	71.16	142.32
6	4207	ATENUADOR DE 20dB,25W CON CONECTORES N MACHO Y N HEMBRA,DC-4GHZ	2	180.0	360.0
7	4660	CIRCULADOR, BANDA DE OPERACIÓN 1700-2200MHZ	2	200.45	400.9
8	4003-2-5	JUMPER COAXIAL RG142 DE 1M, CONECTORES N MACHO	4	34.08	136.32
9	4106	ATENUADOR DE 10dB,25W, N-MACHO _N-HEMBRA, DC-4GHZ	2	180.40	360.8
10	4001-3	JUMPER COAXIAL DE 1M CON CONECTORES SMA-N	32	32.70	1046.4
11	140543-0	ACOPLADOR HIBRIDO 3dB	2	304.0	608.0
12	140289-0	ANTENA INDOOR OMNI DE 3dBi, CONECTOR N-HEMBRA	52	43.0	2,236.0
13	NIU-4P-NM-1	AGENTE SNMP PARA GESTION DE ALARMAS	1	1,653.72	1,653.72
14	4029	CABLE SERIAL PARA COMISIONAMIENTO	1	16.35	16.35
15	140590-0	SPLITTER 1:2 CON CONECTORES N	32	92.0	2,944
16	140529-0	MODEM GPRS PARA CONEXIÓN REMOTA	1	928.09	928.09
17	140573-0	CARGA DE 50 OHMS PARA PUERTO LIBRE DE ACOPLADOR HIBRIDO	2	224.0	448.0
18		FIBRA OPTICA PARA CABLEADO INDOOR DE 12 HILOS	100m		300.0
19		CABLE UTP CAT5 PARA CONEXIÓN ENTRE UNIDAD REMOTA Y EXPANSION	500m		100.0

CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Relevamiento fotográfico de sala de Equipos.

La figura 4.1 a continuación muestra el reporte fotográfico de la instalación en la sala de equipos.



Figura 4.1 Reporte fotográfico de instalación en sala de equipos. (Ref. [5])

4.2 Medición de radiofrecuencia post instalación.

- Subsuelos 1,2,3

Tecnología 2G

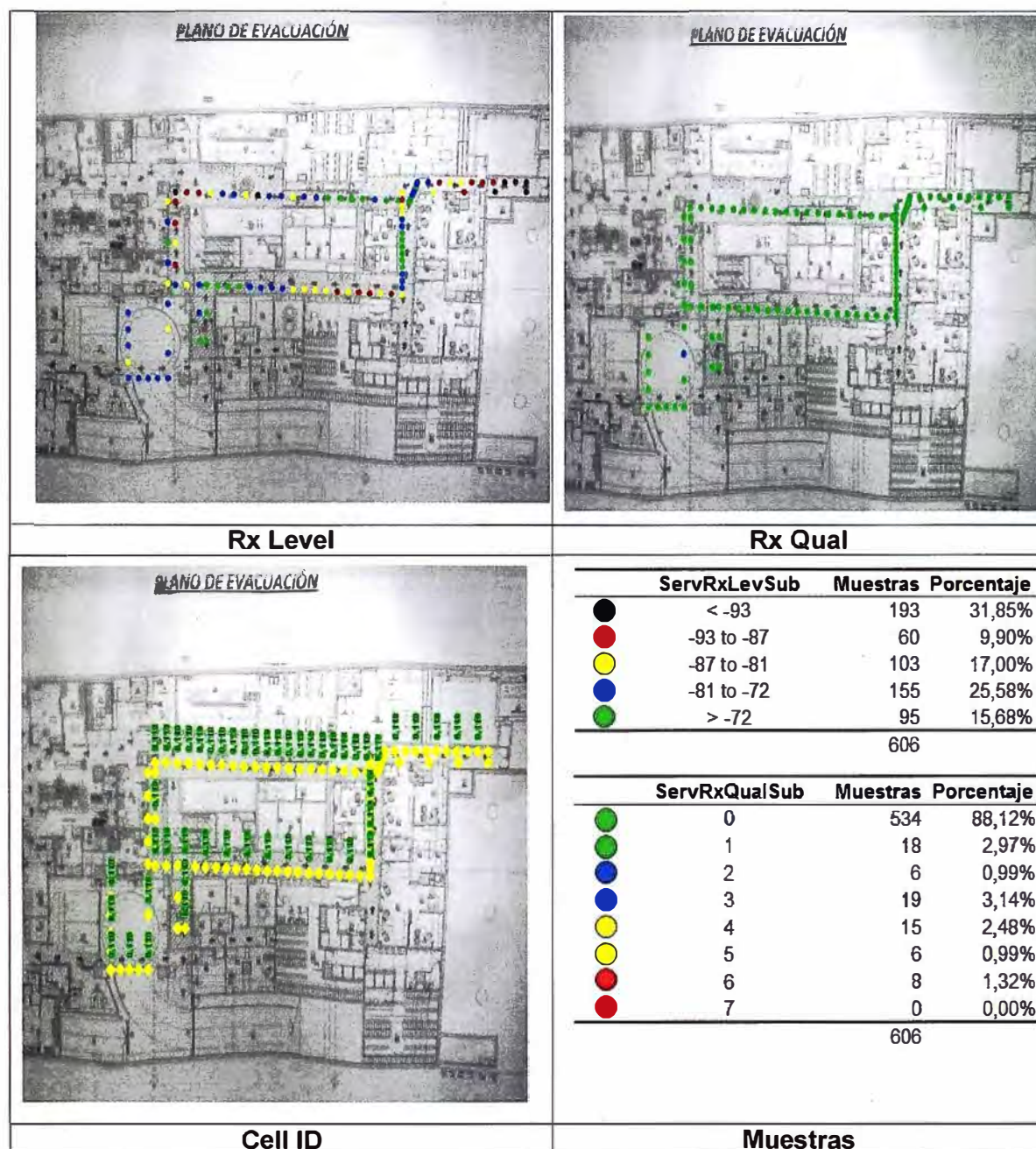


Figura 4.2 mediciones de señal 2G post instalación en subsuelos 1,2 y3. (Ref. [5])

La figura 4.2 muestra las mediciones en EDGE de los niveles de recepción (RxLevel) que ahora presenta valores desde -72dBm hasta -93dBm en más del 50% de muestras tomadas y los niveles de calidad de recepción (RxQual) existen niveles de 0 al 88% de las muestras tomadas, esto es consecuencia de que es el único servidor presente en los subsuelos ya que anteriormente no existía cobertura de ningún servicio.

El Cell ID muestra que la celda 2G servidora es 81,18 en todo el nivel correspondiente a

un sector que alimenta al DAS.

Tecnología 3G

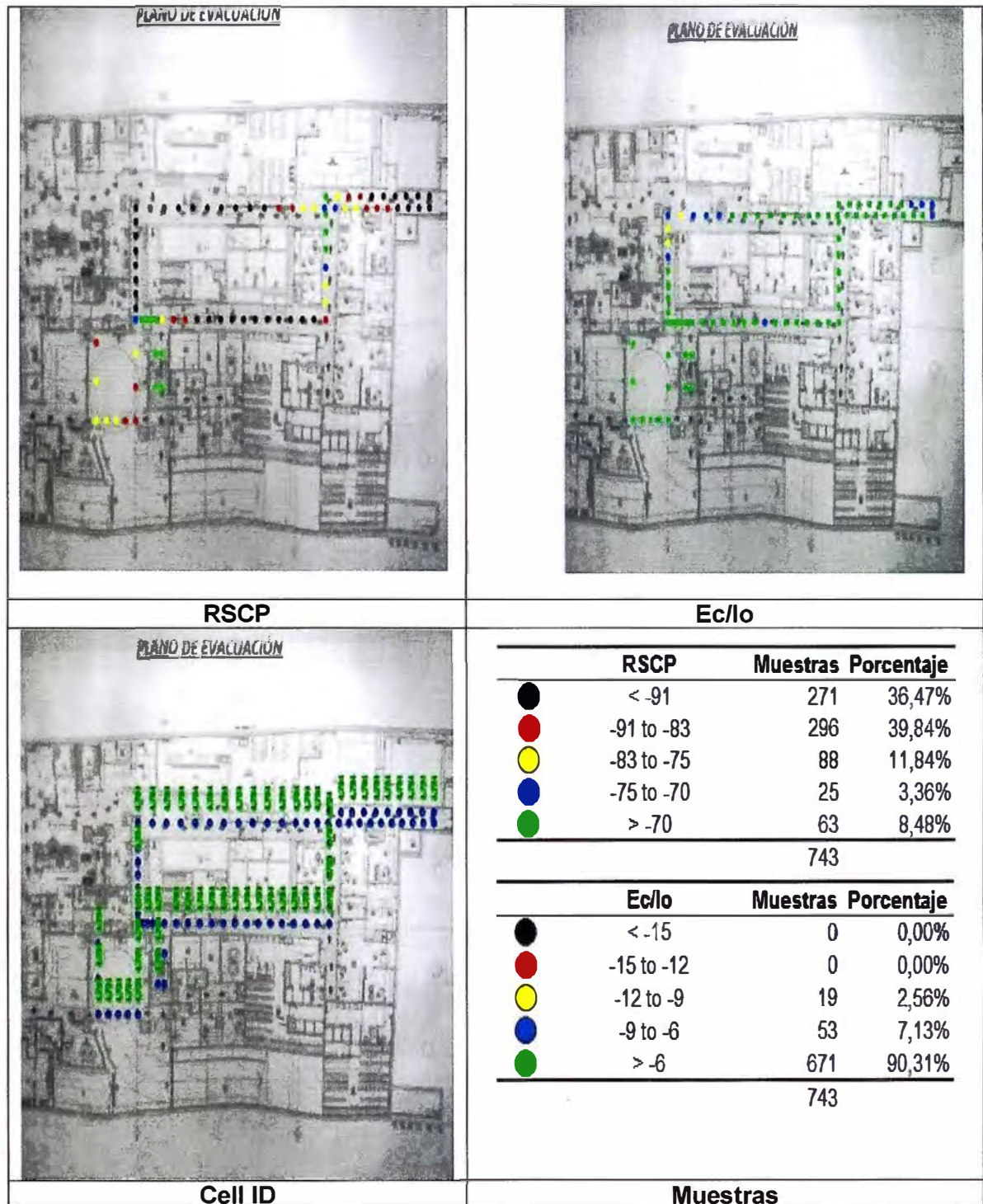


Figura 4.3 mediciones de señal 3G post instalación en subsuelos 1,2 y3. (Ref. [5])

La figura 4.3 muestra las mediciones en WCDMA que los niveles de recepción del canal CPICH (RSCP) están ahora entre -91dBm y -83dBm al 40% de las muestras tomadas, la relación E_c/I_o presenta valores mayores de -6dB al 90% de las muestras, esto incrementa el la velocidad de descarga de datos.

Las mediciones de CELL ID indican que el sector predominante es la celda 4,784 correspondiente a uno de los sectores que alimenta el DAS.

- Entrepiso

Tecnología 2G

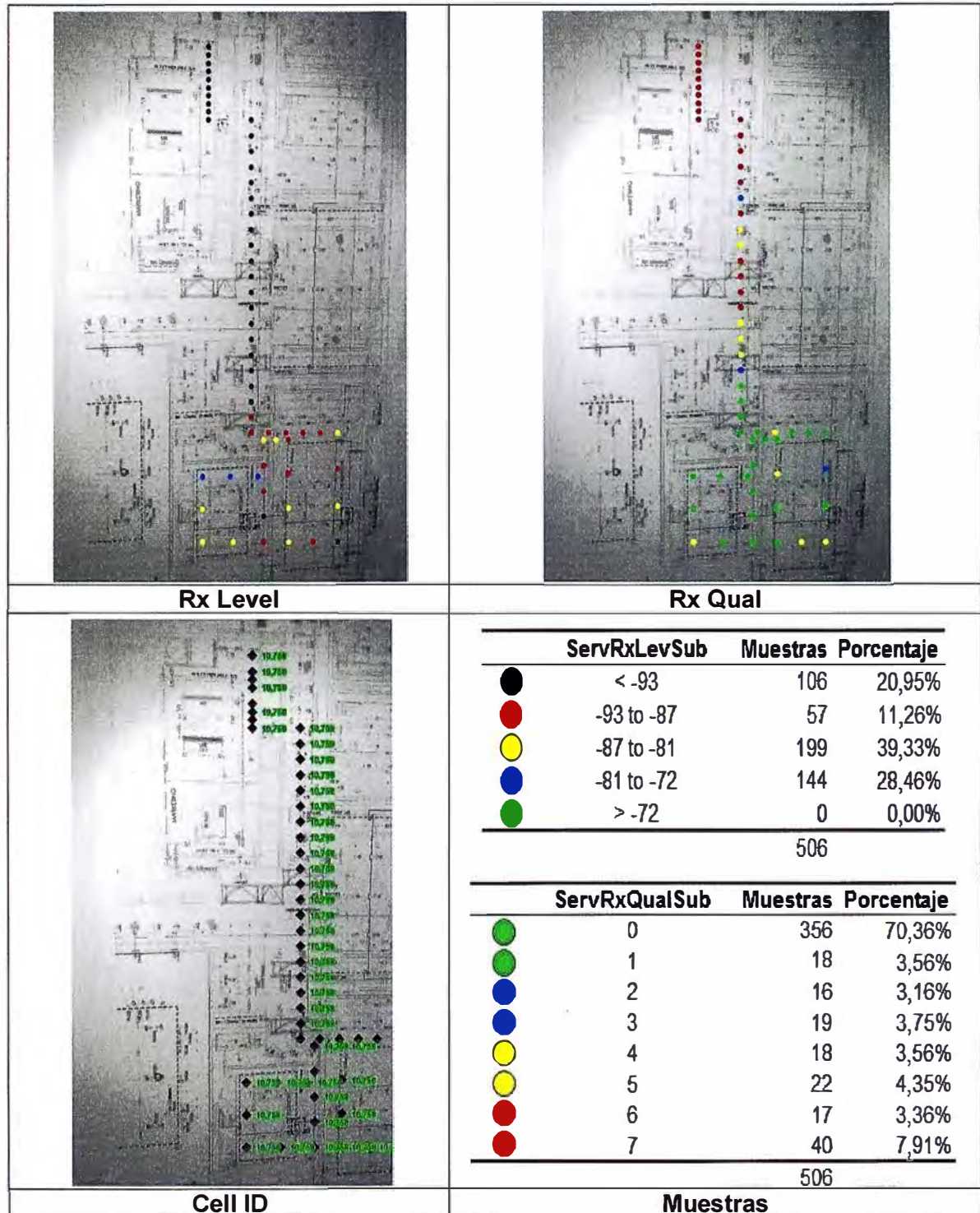


Figura 4.4 mediciones de señal 2G post instalación en el nivel Entre piso. (Ref. [5])

La figura 4.4 muestra que en EDGE los niveles de recepción (RxLevel) ahora presentan valores mayores a -80dBm en más del 50% de muestras tomadas y en calidad de recepción

(RxQual) existen niveles de 0 al 70% de las muestras tomadas.

El Cell ID muestra que la celda 2G servidora es 10,758 en todo el nivel.

Tecnología 3G

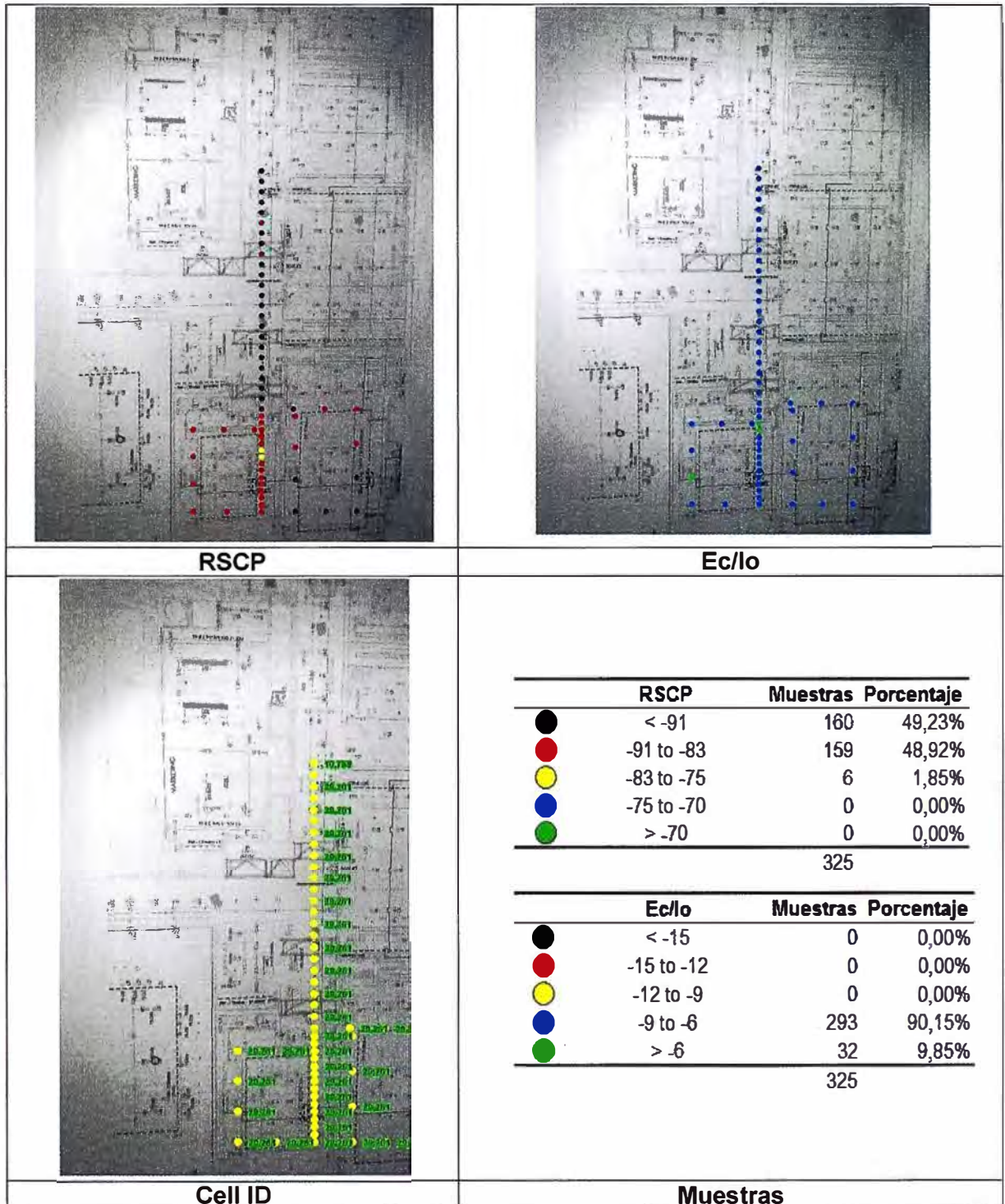


Figura 4.5 mediciones de señal 3G post instalación en el nivel Entre piso. (Ref. [5])
 La figura 4.5 muestra que en WCDMA los niveles de recepción del canal CIPCH (RSCP) están entre -91dBm y -83dBm al 49% de las muestras tomadas, la relación Ec/lo presenta valores entre -9dBm y -6dB al 90% de las muestras.

Las mediciones de CELL ID indican que el sector dominante es la celdas 29,261 y con una pequeña muestra el sector 10,758 proveniente de los pisos anteriores.

- Décimo Piso

Tecnología 2G

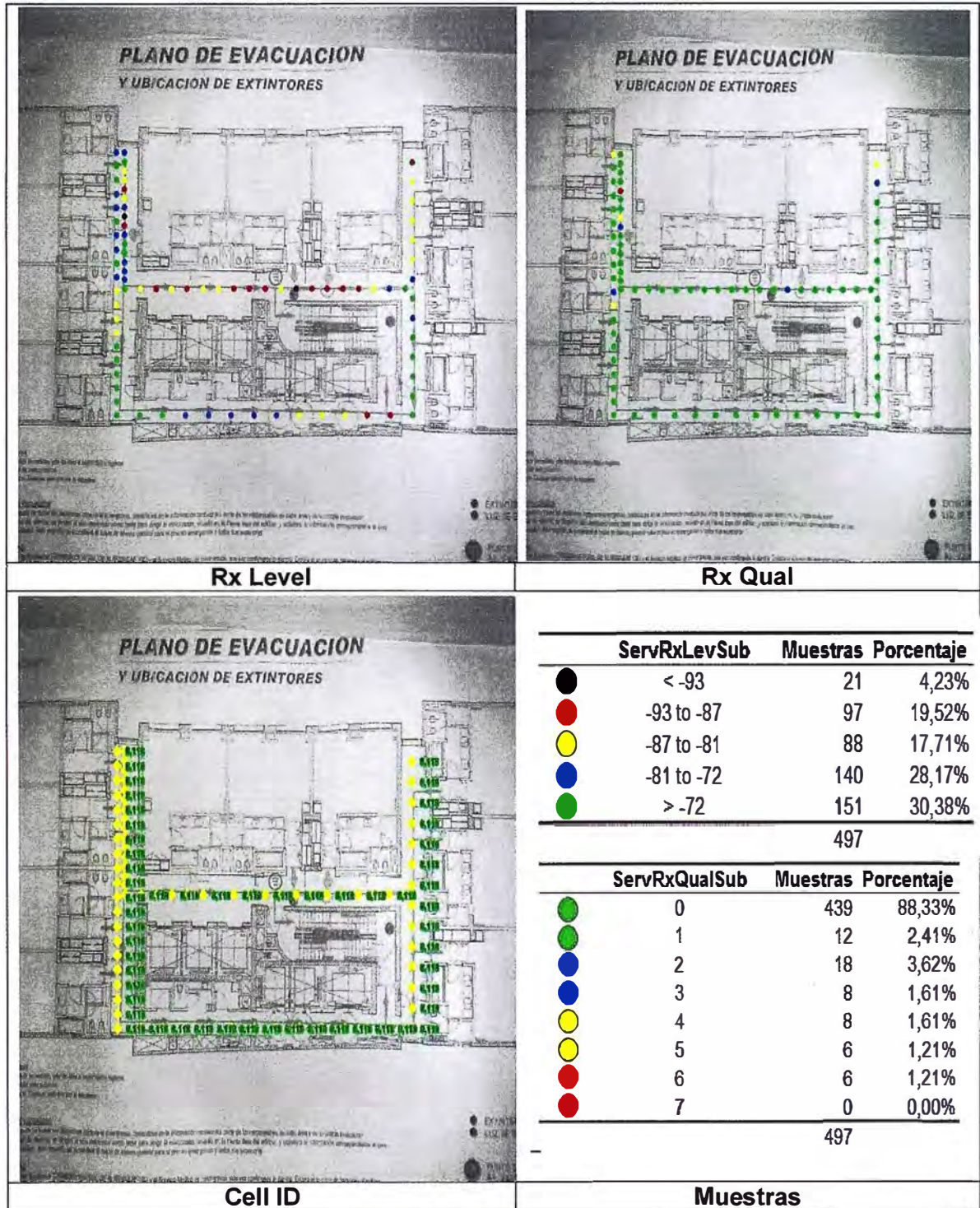


Figura 4.6 mediciones de señal 2G post instalación en el Décimo piso. (Ref. [5])

La figura 4.6 muestra que en EDGE los niveles de recepción (RxLevel) ahora presentan valores mayores a -90dBm en más del 50% de muestras tomadas y la calidad de recepción

(RxQual) existen niveles de 0 al 88% de las muestras tomadas.

El Cell ID muestra que la celda 2G servidora es 8,118 en todo el nivel.

Tecnología 3G

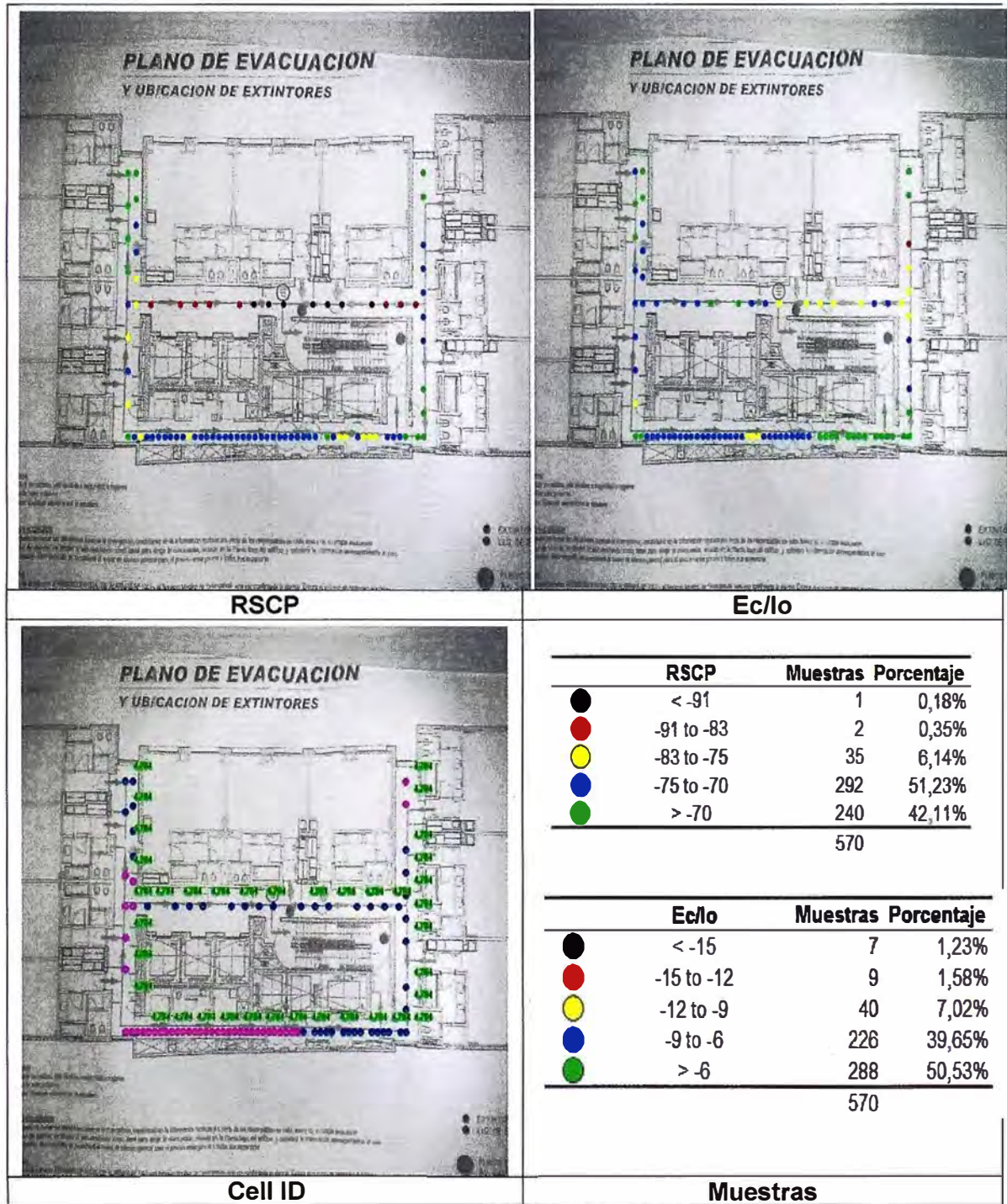


Figura 4.7 mediciones de señal 3G post instalación en el Décimo piso. (Ref. [5])

La figura 4.7 muestra que en WCDMA los niveles de recepción del canal CPICH (RSCP) están entre -70dBm y -83dBm al 99% de las muestras tomadas, la relación Ec/Io presenta valores entre -9dBm y -6dB al 90% de las muestras lo cual mejora la calidad de servicios en la descarga de datos.

Las mediciones de CELL ID indican que el sector servidor es 4,784 correspondiente a un sector que alimenta al DAS.

- **Décimo cuarto Piso**

Tecnología 2G

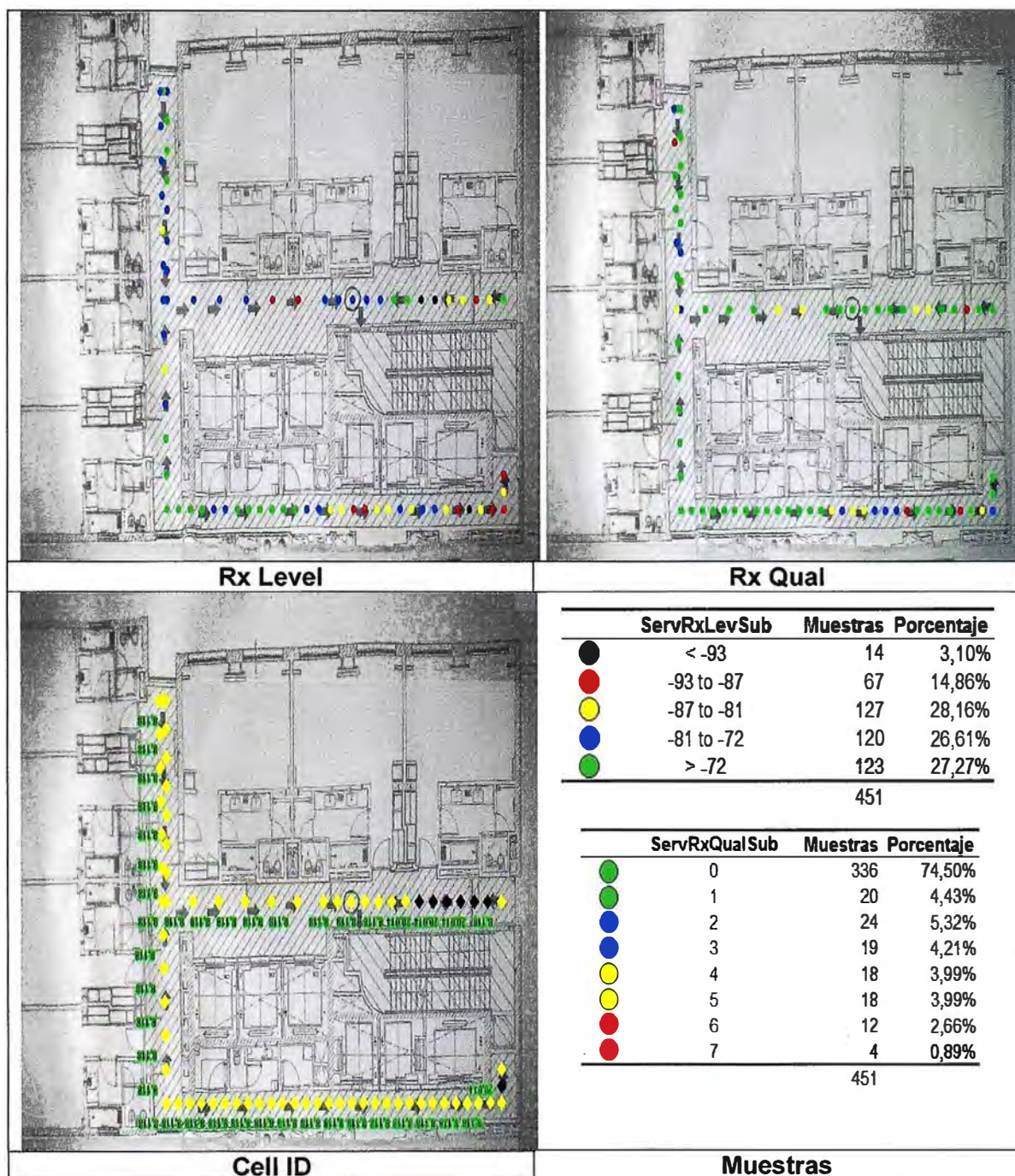


Figura 4.8 mediciones de señal 2G post instalación en el Décimo cuarto piso. (Ref. [5])

La figura 4.8 muestra que en EDGE los niveles de recepción (RxLevel) ahora presentan valores mayores a -90dBm en más del 50% de muestras tomadas y la calidad de recepción (RxQual) existen niveles de 0 al 88% de las muestras tomadas.

El Cell ID muestra que la celda 2G servidora es 8,118 en todo el nivel correspondiente a

un sector que alimenta al DAS.

Tecnología 3G

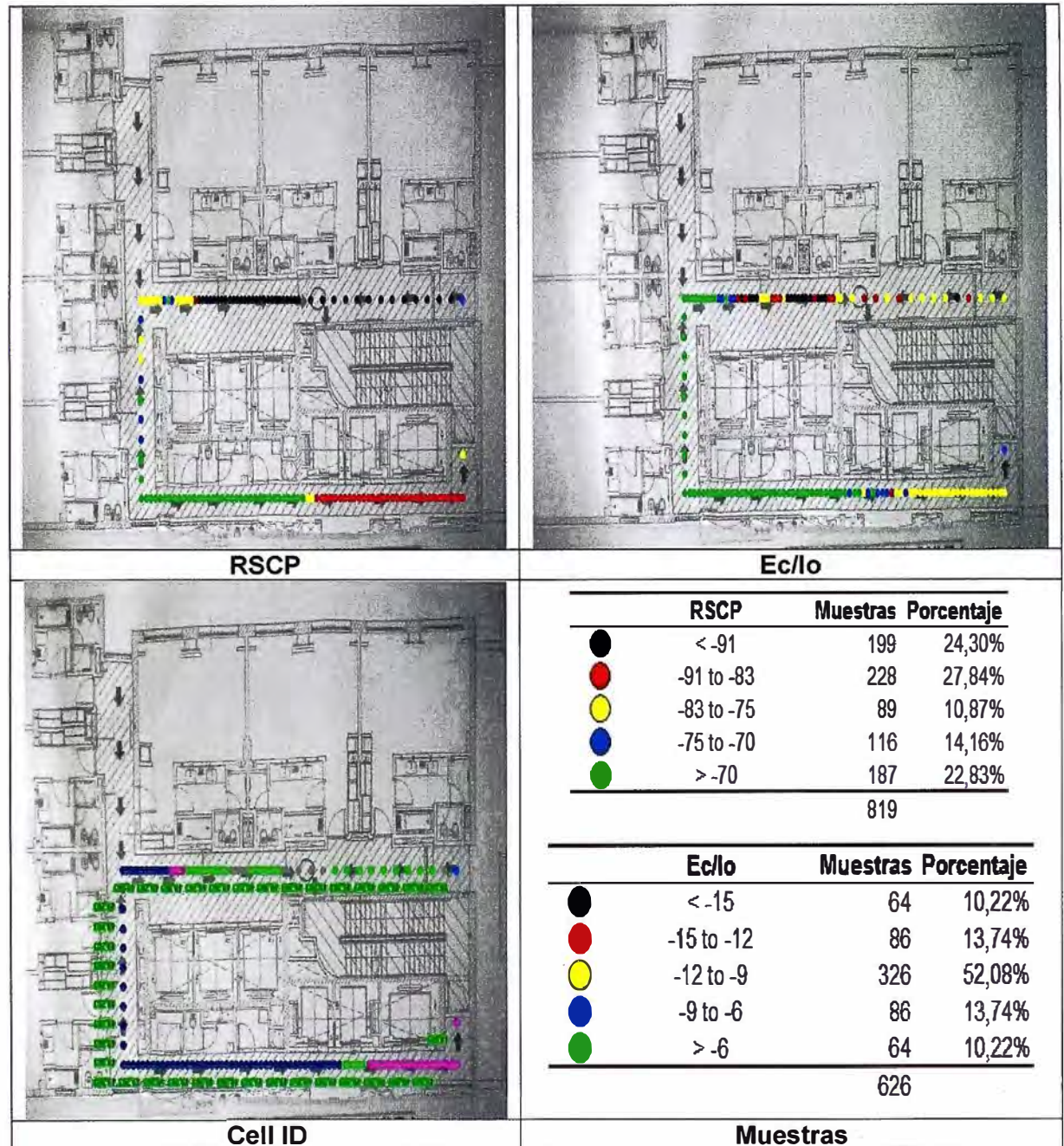


Figura 4.9 mediciones de señal 3G post instalación en el Décimo cuarto piso. (Ref. [5])

La figura 4.9 muestra que en WCDMA los niveles de recepción del canal CPICH (RSCP) están entre -70dBm y -83dBm al 40% de las muestras tomadas, la relación E_c/I_o presenta valores entre -12dBm y -6dB al 75% de las muestras, esto se debe a que las antenas están instaladas en el margen derecho del edificio y la margen izquierda está siendo afectada por la señal macro, la señal interior proveniente del DAS es débil en este margen.

Las mediciones de CELL ID indican que el sector servidor es 49,263 correspondiente a un sector que alimenta al DAS.

• Décimo Sexto Piso
Tecnología 2G

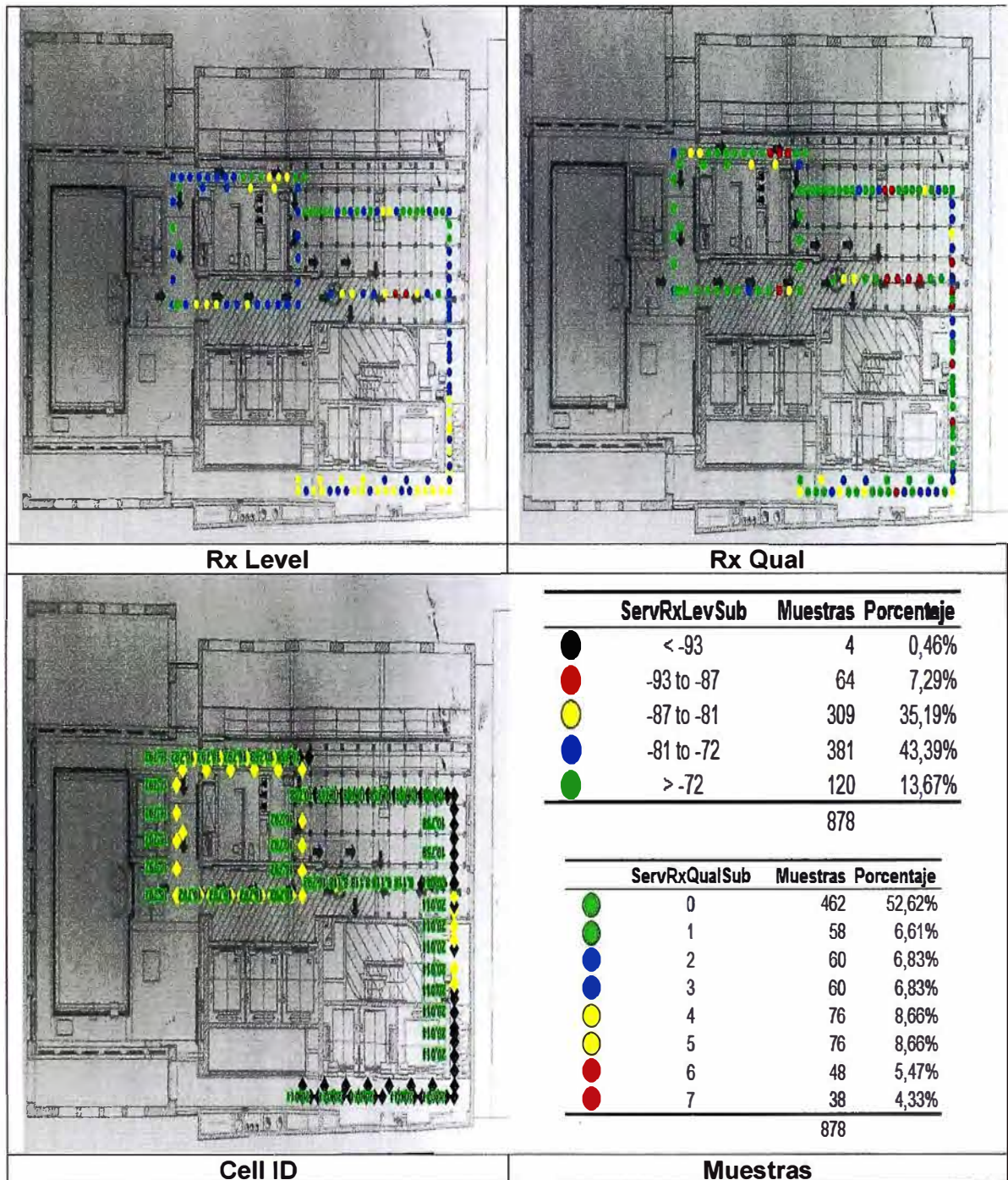


Figura 4.10 mediciones de señal 2G post instalación en el Décimo sexto piso. (Ref. [5])
La figura 4.10 muestra que en EDGE los niveles de recepción (RxLevel) ahora presentan valores mayores a -87dBm en más del 90% de muestras tomadas y la calidad de recepción (RxQual) presenta niveles de 0 al 52% de las muestras tomadas.
El Cell ID muestra la existencia de 3 sectores adicionalmente al sector interno (8,118) esto debido a que a mayor altura mayor incidencia de los sectores externos y además las

antenas instaladas solo se ubican en el pasillo de ascensores.

Tecnología 3G

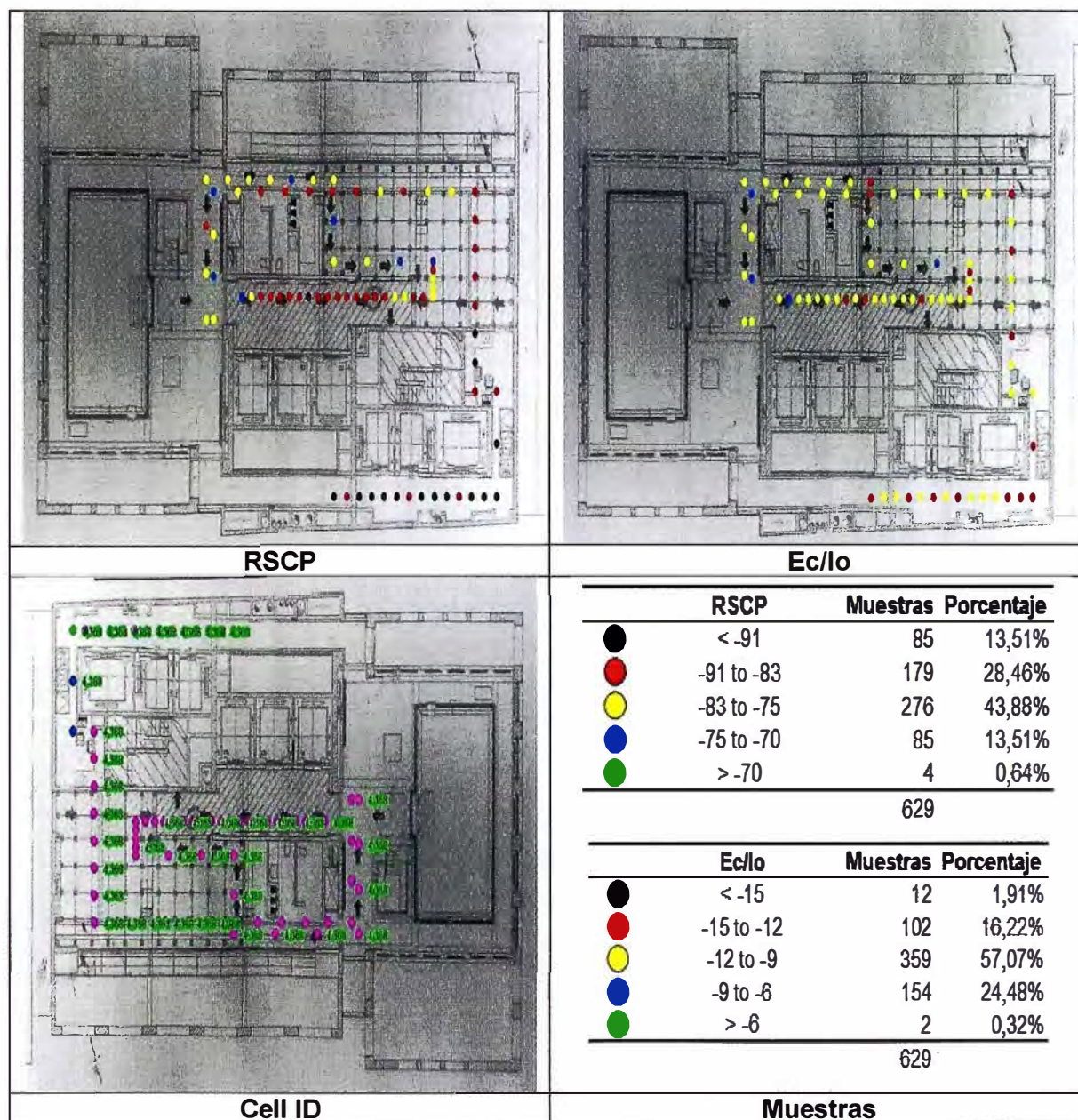


Figura 4.11 mediciones de señal 3G post instalación en el Décimo sexto piso. (Ref. [5])

La figura 4.11 muestra que en WCDMA los niveles de recepción del canal CPICH (RSCP) están entre -70dBm y -83dBm al 50% de las muestras tomadas, la relación Ec/Io presenta valores entre -12dBm y -6dB al 75% de las muestras.

Las mediciones de CELL ID indican que el sector servidor es 4,368 correspondiente a un sector que alimenta al DAS.

4.3 Análisis de los resultados en comparación con los datos teóricos.

En este caso realizamos la comparación de niveles de cobertura, debido a la limitación que existe en el software para ingresar datos de niveles de cobertura la red externa.

La figura 4.12 ilustra una comparación gráfica de los datos simulados y los obtenidos en mediciones de campo de un piso de referencia, debido a la tendencia y al comportamiento de la señal en los demás pisos por ser similares.

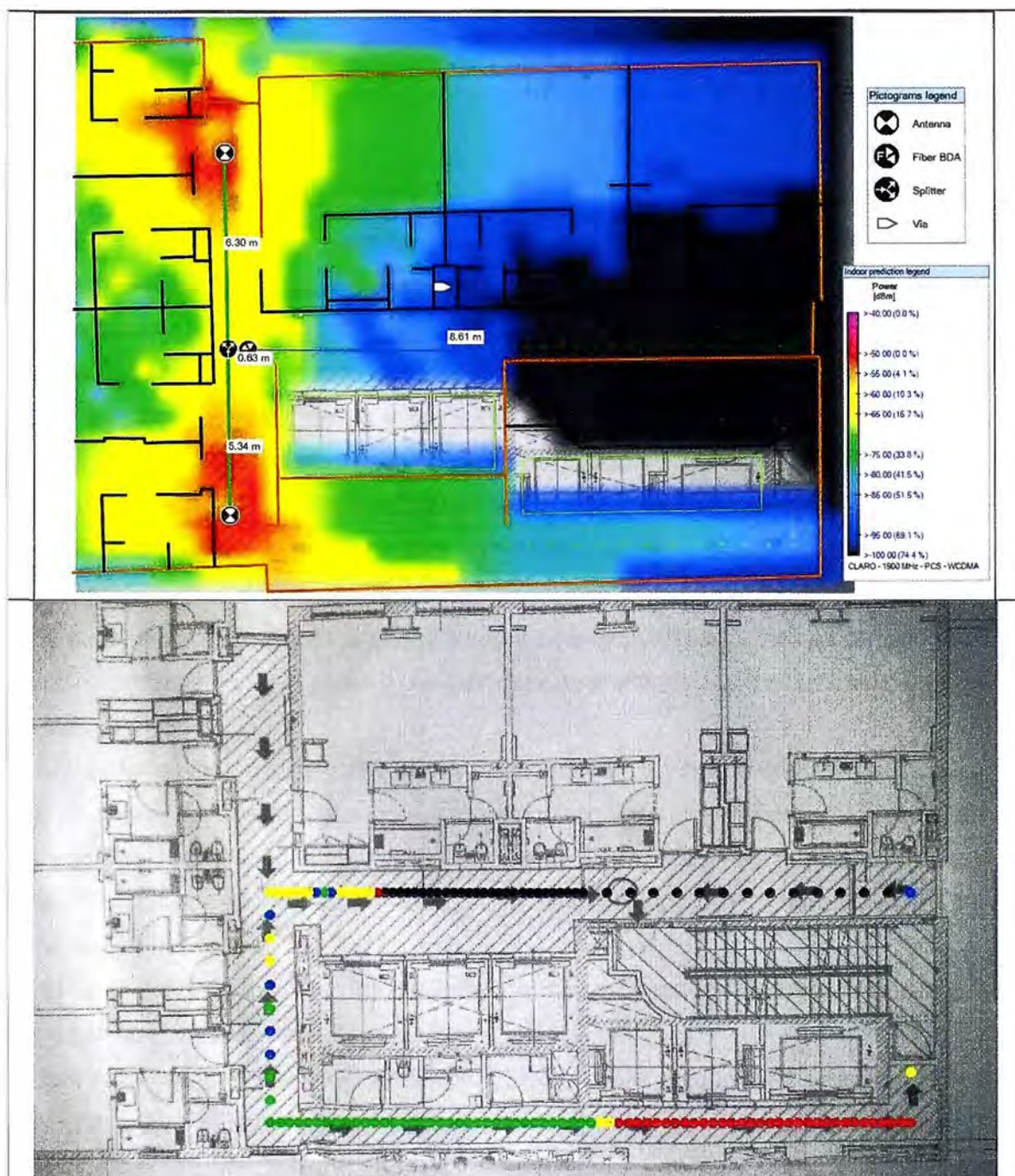


Figura 4.12 Comparación gráfica de los datos teóricos y medidos en campo. (Fuente Propia)

Comparando los porcentajes de cobertura de las predicciones y de las mediciones post instalación concluimos que la herramienta informática con el cual realizamos la predicción de cobertura muestra una aproximación aceptable, incluso las manchas de predicción son muy semejantes a los obtenidos en campo.

CONCLUSIONES

1. Mediante la implementación de una solución dedicada como es el sistema de antenas distribuido activo, se logró tener cobertura con una muy buena calidad en un edificio de gran altura superando los problemas de interferencia y falta de capacidad como en los subsuelos.
2. La arquitectura de esta solución mejora mucho el enlace de subida (Uplink), debido a que el amplificador se encuentra a pocos metros de la antena aumentando la relación señal a ruido, necesario para la utilización de servicios on-line y aplicaciones en la cual el usuario está constantemente subiendo archivos como fotos, comentarios en redes sociales y actualización de estados; este tipo de tráfico en el enlace de subida seguirá incrementándose con el desarrollo de las tecnologías de cuarta generación (4G).
3. El sistema es flexible y está preparado para ser actualizado a futuras tecnologías con cambios mínimos en los equipos y conservando la misma instalación tanto en cables como en antenas.
4. Comparado con los sistemas clásicos o sistemas de antenas distribuidas pasivos, en la cual la instalación de los cables coaxiales en edificios grandes representa un gran reto de instalación y negociación con los propietarios del predio; esta nueva alternativa de solución acorta los tiempos de instalación debido a que usa cableado UTP, y fibra óptica los cuales son más fáciles de instalar y tienen menor impacto visual.
5. El propietario del predio está familiarizado con este tipo de instalación por lo cual la negociación no representa un mayor obstáculo.
6. Los sistemas de antenas distribuidos activos, por el mismo hecho de tener equipos gestionables y configurables significan un mayor costo en el presupuesto del operador de servicios por lo cual su aplicación está limitada a ambientes grandes como centros comerciales, estadios deportivos, aeropuertos, edificios muy altos y clientes corporativos muy importantes para el operador donde la calidad del servicio que se brinda cumple un rol determinante para el usuario final.
7. El presente informe da a conocer una solución alternativa a los sistemas pasivos en el emergente mercado de las telecomunicaciones que está en constante evolución tecnológica y el tráfico de datos a alta velocidad es el principal objetivo, aplicándolo a

edificios muy altos en el cual el sistema pasivo representara un elevado costo de instalación, un reto de planificación y diseño, además de ser una solución desfasada que se aplicaba para solucionar problemas de cobertura en servicios de voz únicamente.

ANEXO A
GLOSARIO DE TÉRMINOS

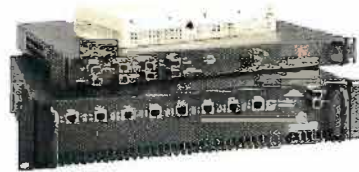
3GPP	3rd Generation Partnership Project
BCH	Canal de radiodifusión (Broadcast Channel)
BCCH	Canal de Control de Difusión (Broadcast Control Channel)
BS	Estación base (Base Station)
BTS	Estación base transreceptora (Base station transceiver)
CPICH	Canal de piloto común (Common Pilot Channel)
DCCH	Canal de control dedicado (Dedicated Control Channel)
DTX	Transmisión discontinua (Discontinuous transmission)
E1	Circuito de datos de 2.048 Mbps (Europa), 32 canales de 64 kbps
EDGE	Datos mejorados para evolución GSM (Enhanced data for GSM evolution)
EGPRS	GPRS mejorado (Enhanced GPRS)
GPRS	Servicio de radio de paquetes general (General packet radio service)
GPS	Sistema de posicionamiento global (Global positioning system)
GSM	Sistema Global de Comunicaciones Móviles (Global System for Mobile communications)
IP	Protocolo de Internet (Internet protocol)
MS	Estación móvil (Mobile Station).
MSC	Centro de servicio/conmutación móvil (Mobile switching/service center)
O&M	Red de Operación y Mantenimiento (Operation and maintenance)
OPEX	Gastos operativos
OSS	Sistema de Soporte de Operaciones (Operations support system)
PCH	Canal de Paginación (Paging Channel)
PDH	Plesiochronous digital hierarchy
PGW	Puerta de enlace de Paquetes (Packet gateway)
PLMN	Red móvil terrestre pública (Public Land Mobile Network)
QAM	Modulación de amplitud en cuadratura (Quadrature amplitude multiplexing)
QoS	Calidad de servicio
RACH	Canal de Acceso Aleatorio (Random Acces Channel)
RAN	Red de acceso de radio (Radio access network)
RBS	Estación de base de radio (Radio base station)
RFCH	Canal de frecuencia de radio
RR	Recurso de radio
RSL	Radio enlace de señalización
SACCH	Canal de Control Asociado Lento (Slow Associated Control Channel)
SAPI	Identificadores de Puntos de Acceso de Servicio
SCH	Canal de Sincronización (Synchronization Channel)
SCPC	Un canal por portadora (Single-channel-per-carrier,)
SDH	Synchronous digital hierarchy
SDCCH	Canal de Control Dedicado Autónomo (Stand-alone Dedicated Control Channel)
SIM	Módulo de identificación del abonado (Subscriber Identity Module)
SMS	Servicio de mensaje corto (Short Message Service)
TCH	Canal de Tráfico en la interfaz de aire (Traffic channel)
TDM	Multiplexación por división de tiempo (Time-division multiplexing)
TDMA	Acceso múltiple por División de Tiempo
TMSI	Identidad temporal del suscriptor móvil (Temporary Mobile Subscriber

	Identity)
TEIs	Identificadores de punto final de terminal (Terminal Endpoint Identifiers)
TRA	Transcodificador y adaptador de tasa (Transcoder and Rate Adaptor)
TRAU	Unidad adaptadora de la transcondificación/tasa (Transcoder/Rate Adapter Unit)
TRH	Manejador de transreceptor (Transceiver Handler)
TRU	Unidad transreceptora (Transceiver Unit)
TRX	Transreceptor (Transceiver)
VoIP	Voz sobre IP (Voice over IP)
WAN	Rede de área amplia (Wide area network)
WAAS	Servicios de ampliación de Área Amplia (Wide Area Application Services).
WCDMA	Acceso múltiple por división de código de banda ancha (Wideband code-Division Access)

ANEXO B
ESPECIFICACIONES TECNICAS DE EQUIPAMIENTO DAS

InterReach Unison®

PCS



Como su nombre lo sugiere, el InterReach Unison opera como una extensión perfecta de la infraestructura de red pública inalámbrica, extendiendo el alcance de las comunicaciones inalámbricas al entregar señales transparentes y ampliando la capacidad a través de cualquier instalación privada o pública.

Esta solución proporciona un grado revolucionario de flexibilidad, potencia e inteligencia que acomoda los requerimientos únicos de cada entorno; se adapta a los cambios requeridos fácilmente; y mantiene bajas las tasas de costo de vida del sistema.

El InterReach Unison es el único sistema de red inalámbrico basado en software inteligente que cumple con la demanda de hoy y proporciona la potencia y flexibilidad para adaptarse al futuro.

El InterReach Unison fue creado específicamente para atender las necesidades de instalaciones grandes y densas, ambientes de tráfico alto, tales como centros de convenciones, estadios y aeropuertos. El sistema tiene una arquitectura modular y utiliza cables estándares de peso ligero.

Estas características se combinan para ofrecer a los operadores de redes inalámbricas y dueños de empresas y edificios, la potencia e inteligencia en una solución sencilla y versátil.

No más llamadas caídas, no más zonas de sombra o zonas sin cobertura. Solo señales claras en donde y cuando usted las necesita.

Características

Más de 10,000 sistemas de antenas distribuidas de ADC instalados en más de 100 países.

- Entrega cobertura de voz y datos inalámbrico en interiores (in-building) en grandes espacios.
- Alta potencia compuesta y desempeño RF que ofrecen cobertura y capacidad líder en la industria con la mínima cantidad de equipos.
- Compatible con los principales protocolos de acceso utilizados a nivel mundial incluyendo GPRS, EDGE, CDMA2000 y WCDMA.





InterReach Unison[®] PCS

- La frecuencia, ganancia del sistema y la potencia de salida de la antena son seleccionables vía software.
- No requieren voltaje de alimentación en las antenas remotas.
- Utiliza fibra y S-CTP Cat. 5/6 estándar para una instalación flexible y sin interrupciones.
- Características de operación, alarma, administración y mantenimiento integradas controladas vía software que soportan configuraciones y monitoreo tanto en sitio como en las unidades remotas.
- Aprobado por FCC, UL y CE Mark.



Niveles de Salida Flexible

La ganancia del sistema puede ser ajustada de 0 a 15 dB en incrementos de 1 dB. Además, la señal puede ser ajustada a 10 dB para proporcionar cobertura controlada en áreas del edificio específicas.

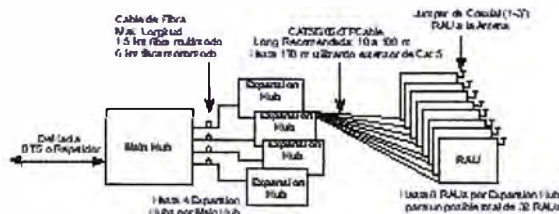
Alarmas

El InterReach Unison monitorea más de 170 parámetros dentro del sistema. Tres niveles de alarmas están disponibles:

- LED: Cada unidad tiene LEDs para indicar fallas en la unidad o que la unidad se ha conectado. Por ejemplo, si una RAU tiene una falla, su LED se pondrá en rojo, la información de falla es enviada al Expansion Hub que también presenta un LED rojo en el conector del puerto de la RAU.
- Contacto Seco: Conecta el Main Hub a la BTS o equipo de monitoreo externo. El Expansion Hub soporta 3 alarmas de contacto y puede soportar monitoreo UPS.
- Mensajes de Estado, Alarma y Falta: Se despliegan en una PC/laptop que está corriendo la herramienta de software AdminManager de ADC.

Arquitectura del Sistema

La configuración mínima de un Sistema Unison Simple es un Hub Principal (Main Hub), un Hub de Expansión (Expansion Hub), y una RAU (1-1-1). La configuración máxima de un sistema sencillo es un Hub Principal (Main Hub), cuatro Hubs de Expansión (Expansion Hub) y 32 RAUs (1-4-32). Sistemas múltiples pueden ser implementados para cubrir grandes áreas o aplicaciones de campus.





InterReach Unison® PCS

Especificaciones

FRECUENCIAS DE OPERACIÓN

Especifico PCS en los Estados Unidos

Bandas	Downlink (MHz)	Uplink (MHz)
A	1950 a 1965 MHz	1850 a 1865 MHz
D	1945 a 1950 MHz	1855 a 1870 MHz
B	1950 a 1965 MHz	1870 a 1885 MHz
E	1965 a 1970 MHz	1885 a 1890 MHz
F	1970 a 1975 MHz	1890 a 1895 MHz
C	1975 a 1980 MHz	1895 a 1910 MHz

FRECUENCIAS DE OPERACIÓN

Bandas	interReach Banda Unison	Downlink Pasabanda RF	Uplink Pasabanda RF
A B D	PCS5	1950 a 1965 MHz	1850 a 1865 MHz
B D E F	PCS7	1945 a 1975 MHz	1865 a 1895 MHz
C E F	PCS8	1965 a 1990 MHz	1885 a 1910 MHz
A/A5/D/E/E	PCS9	1965 a 1970 MHz	1855 a 1890 MHz
A5/D/B/E/F	PCS10	1940 a 1975 MHz	1860 a 1895 MHz
D/B/E/F/C2	PCS11	1945 a 1982.5 MHz	1865 a 1902.5 MHz
B4/B5/E/F/C	PCS12	1955 a 1980 MHz	1875 a 1910 MHz

ESPECIFICACIONES RF

Parámetros	Fibra Monomodo de 2 km Típico		Fibra Multimodo de 1 km Típico	
	Downlink	Uplink	Downlink	Uplink
Ganancia promedio con 75m Cat 5e/6 a 25°C (77°F) (dB):	15	15	15	15
Atenuación con 75m Cat 5e/6 (dB):	2.5	3	2.5	3
Salida IP3 (dBm):	38		36.5	
Entrada IP3 (dBm):		-12		-14
Salida a Punto de Compensación de 1 dB (dBm):	26		26	
Figura de Ruido 1 MHz ECHS/RAL (dB):		16		16
Figura de Ruido 1 MHz ECHS/RAL (dB):		22		22

a. La ganancia máxima se obtiene en combinación de 1 dBm de OLT y 16 dBm de ECHS/RAL por canal en un modo de

AMBIENTALES

	Main & Expansion Hub	Unidades de Acceso Remoto
Temperatura de Operación	0° a +45°C (+32° a +113°F)	-25° a +45°C (-13° a +103°F)
Temperatura de Operación	-20° a +85°C (-4° a +185°F)	-25° a +85°C (-13° a +185°F)
Humedad de Operación (sin condensación)	5% a 95%	5% a 95%

CUMPLIMIENTO

Seguridad	UL60950 3a Edición
EMC	FCC Part 15 clase A
Radio	FCC Part 27



InterReach Unison® PCS

FISICAS	Main Hub	Expansion Hub	Unidad de Acceso Remoto
Conectores RF:	2 N, hembra	8 RJ-45 blindado, hembra (CAT 5B)	1 RJ-45 blindado, hembra (CAT 5B) 1 SMA, hembra (opcional)
Conector de sistema estándar (serie del contacto):	1 D-sub de 9 pines, hembra	1 D-sub de 9 pines, hembra	-
Conectores de Interfaz Serial Administrativa:	1 D-sub de 9 pines RS-232, macho	-	-
Conector de Fibra*:	Par 4, SC/APC	Par 1, SC/APC	-
Potencia (Vólt):	Rango: 100-240V AC 0.5A, 50/60 Hz Rango de Operación: 20-28V AC, 2.4-0.8A 47-63 Hz	Rango: 115-230V AC 0.5A, 50/60 Hz Rango de Operación: 90-132V AC / 70-250V AC Auto-ajuste: 2.2-1.5A / 1.2-0.8A 47-63 Hz	36V DC (desde el Expansion Hub)
Consumo de Potencia (W):	30	4 RALs: típico 120, max 148 4 RALs y 4 Extensores de RAL: típico 137, max 172 8 RALs: típico 170, max 212 8 RALs y 8 Extensores de RAL: típico 204, max 260	-
Dimensiones del Gabinete* (H x W x D)	44.5 mm x 461 mm x 305 mm (1.8" x 17.25" x 12")	22 mm x 468 mm x 305 mm (0.9" x 17.25" x 12")	44 mm x 516 mm x 150 mm (1.7" x 12" x 6")
Peso:	~3 kg (~6.5 lb)	~5 kg (~11 lb)	~1 kg (~2 lb)

a. Es crítico para el sistema que solo conectores de fibra SC/APC sean utilizados a lo largo de la red de fibra, incluyendo los pasillos de distribución de fibra.

b. Sin incluir los soportes regulares para el montaje en rack de 19" de los hubs.

Nota: El consumo típico de potencia del Expansion Hub assume que la longitud del cable Cat 5e/6 va no mayor a 100 metros y no mayor a 170 metros con un extensor de Cat 5.

CABLEADO

Fibra Óptica:	Esta especificación asume que el cable de fibra óptica es monomodo o multimodo, con conectores SC/APC.
Presupuesto de Pérdida Óptica:	Uplink y Downlink Máximo 3 dB óptico Presupuesto de potencia óptica entre el Main Hub y el Expansion Hub Pérdida Óptica = Σ pérdidas (1 fibra + conector + empalme + cordones de parcheo)
Cat 5e/6:	Esta especificación en este documento asume que el cable es S/FTP Cat 5e/6.
Longitudes Cat 5e/6:	Mínimo: 10 metros (33') Máximo: 100 m (328') Máximo con Extensor de Cat 5: 170 m (558')

Potencia de Salida en la RAU

Número de Cárders	Potencia por Cárder (dBm)			
	TDMA	GSM	EDGE	CDMA
1	23.0	28.0	25.0	18.0
2	18.0	20.0	17.5	13.0
3	15.0	16.5	14.0	11.0
4	13.0	14.0	12.0	10.0
5	11.5	12.0	10.5	9.0
6	10.5	11.0	9.5	8.0
7	9.5	10.0	9.0	7.5
8	8.5	9.0	8.0	7.0
9	8.0	8.5	7.5	
10	7.5	8.0	7.0	
11	7.0	7.5	6.5	
12	6.5	7.0	6.0	
13	6.5	6.5	6.0	
14	6.0	6.5	5.5	
15	5.5	6.0	5.0	
16	5.5	5.5	5.0	
20	4.5	4.5	4.0	
30	2.5	3.0	2.0	

Max downlink compuesto

Este número de FCC es para 2 km de SMF o 1 km de MMF.

Nota: La operación en o por arriba de los niveles de operación de salida puede prevenir al Unison de cumplir con las especificaciones de desempeño RF o los requerimientos de emisión de la FCC Parte 15 y EN5022. Favor de referirse al Manual de Referencia de Instalación y Operación del Unison para información de diseño del sistema.

Información para Ordenar

Descripción	No. Parte ADC
InterReach Unison	
Main Hub	UNS-1-MH-2
Expansion Hub	UNS-EH-2
Unidad de Acceso Remoto PCS	UNS-PCS-1
Software Admin Manager	SW-ADM-V

Hoja Técnica



Sitio Web: www.adc.com

Dado: Administración, Línea de Carga: 1-800-366-3896; o línea de telecomunicaciones: +1-952-938-4080 Fax: +1-952-937-3337 o por correo electrónico: usa@adc.com o usa@adc.com a través de ubicaciones globales de las oficinas de ADC, envíenos a nuestro sitio Web.

Las especificaciones publicadas aquí son actuales a la fecha de publicación de este documento. Debido a que el mundo está cambiando constantemente, ADC se reserva el derecho de cambiar las especificaciones sin previo aviso. En cualquier momento, usted puede verificar las especificaciones de los productos, comuníquese con nuestra oficina principal en Minneapolis, ADC Telecommunications, Inc. ve su carta de presentación como un apoyo corporativo importante y las listas cumplir energéticamente. Las producciones o distribuciones con errores aquí pueden estar cubiertas por una o más patentes de E.U.U. o extranjeras. Un Empujador con Igualdad de Oportunidades.

1057601A 4/09 Revisión © 2009 ADC Telecommunications, Inc. All Rights Reserved

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Tolstrup, Morten, Indoor Radio Planning: A Practical Guide for GSM, DCS, UMTS, HSPA and LTE, 2nd Edition, Editorial Wiley, 2011.
- [2]. iBwave, In-Building design certification Program Student manual, iBwave, 2013.
- [3]. TE Connectivity Certification Program DAS Commissioning manual, TE Connectivity, 2012.
- [4]. TELCEL MEXICO, Guía general de instalación para equipos LTE en soluciones Indoor y Outdoor, Departamento de implementación TELCEL MEXICO, 2012.
- [5]. América Móvil Argentina, Auditoria de proyectos Indoor 2012, Departamento de implementación de América Móvil Argentina, 2012.
- [6]. iBwave, Webinars: <http://www.ibwave.com/Events/Webinars.aspx>
- [7]. LTE University: <http://lteuniversity.com/>
- [8]. Femtoceldas: <http://www.emfexplained.info/spa/?id=25184>
- [9]. Universidad de las Américas Puebla:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/campos_v_da/capitulo4.pdf