

Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Electricidad y Electrónica

**“ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL
COMPORTAMIENTO DE RF EN ESPACIOS
EDIFICADOS, IN-BUILDING”**

Tesis para optar al título de
Ingeniero Electrónico

Profesor Patrocinante:
Sr. Pedro Rey
Ingeniero Electrónico

SERGIO ANDRÉS DITZEL GUERRERO

VALDIVIA 2008



COMISIÓN DE TESIS

PROFESOR PATROCINANTE:

Sr. Pedro Rey Clericus

Firma.

PROFESORES INFORMANTES:

Sr. Julio Zarecht Ortega.

Firma.

Sr. Raúl Urra Ríos.

Firma.

Fecha del examen de titulación: _____



Índice General

<u>Contenido</u>	<u>Página</u>
RESUMEN.....	4
SUMMARY.....	5
OBJETIVOS.....	6
1. CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	7
2. CAPITULO II. ANTECEDENTES Y MARCO DE DESARROLLO.....	8
II.1.0 ANTECEDENTES	8
II.2.0 MARCO DE DESARROLLO.....	12
II.2.2 ESTANDAR Y ARQUITECTURA DE LA RED GSM.....	14
II.2.1 REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS.....	13
II.2.3 SISTEMA DE CONMUTACIÓN.....	15
II.2.4 SISTEMA DE RADIO.....	15
II.2.5 SISTEMA DE SOPORTE Y OPERACIÓN.....	16
II.2.6 ESQUEMA DE ARQUITECTURA DE LA RED.....	17
II.2.7 ELEMENTOS FUNCIONALES ADICIONALES DEL ESTANDAR Y REDES GSM.....	23
II.2.8 CARACTERISTICAS Y MODULACIÓN UTILIZADA EN GSM.....	25
II.2.9 CONSIDERACIONES SOBRE LA TECNOLOGIA.....	34
II.2.10 METODOLOGIA DE PLANIFICACIÓN Y DISEÑO.....	36
II.2.11 CARACTERISTICAS DE LAS INSTALACIONES.....	43
II.2.12 CRITERIOS DE DISEÑO DE LA RED.....	46
II.2.13 METODO UTILIZADO PARA EL CÁLCULO DE LA ZONA DE COBERTURA.....	50
II.2.14 HERRAMIENTAS DE CÁLCULO PARA LA RED GSM.....	61
II.2.15 DIMENSIONAMIENTO SISTEMA “PLANET”.....	62
3. CAPITULO III: IN-BUILDING.....	64
III.1.0 NECESIDADES DE COBERTURA.....	64
III.2.0 ¿QUÉ ES IN-BUILDING?.....	64
III.2.1 RESUMEN DE IN-BUILDING.....	65
III.2.2 IN-BUILDING SOLUCIONES-CONCEPTOS.....	66
III.2.3 LA COBERTURA DE LA MACRO RED.....	69
III.2.4 COBERTURA UTILIZANDO UNA RBS EN UNA SOLUCIÓN IN-BUILDING.....	72
III.2.5 COBERTURA MEDIANTE REPETIDOR.....	75
III.2.6 SISTEMA DISTRIBUIDO DE ANTENAS.....	79
III.2.7 BENEFICIOS DE UNA SOLUCIÓN IN-BUILDING.....	84
III.2.8 BENEFICIOS PARA LOS OPERADORES MOVILES.....	84
III.2.9 VENTAJAS COMPETITIVAS.....	85
III.3.0 DESCARGA DE LA MACRO RED.....	85
III.3.1 CALIDAD DE SERVICIO.....	86
III.3.2 POTENCIA TRANSMITIDA.....	86
III.3.3 INFRAESTRUCTURA DE LAS INSTALACIONES.....	87
III.3.4 TRANSMISIÓN.....	88
III.3.5 ELEMENTOS DE RADIACIÓN.....	92
III.4.0 IMPLEMENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN IN-BUILDING.....	99
III.4.1 MEDICIONES DE COBERTURA INICIALES.....	101
III.4.2 PLANOS DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS.....	108
III.4.3 FOTOMONTAJE DE ANTENAS Y EQUIPOS.....	116
III.4.4 DIAGRAMA UNIFILAR RF Y CÁLCULOS DE INGENIERÍA.....	130



III.4.5 DIAGRAMA ELÉCTRICO.....	134
III.5.0 IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN IN-BUILDING.....	136
III.5.1 MEDICIONES DE LÍNEA.....	136
III.5.2 INFORME FOTOGRÁFICO DE LAS ANTENAS Y EQUIPOS INSTALADOS.....	161
III.5.3 MEDICIONES DE COBERTURA FINAL (WALK TEST FINAL).....	175
III.5.4 DIAGRAMA UNIFILAR RF FINAL.....	197
III.5.5 CÁLCULO DE INGENIERÍA FINAL.....	199
III.5.6 DIAGRAMA UNIFILAR ELÉCTRICO.....	201
III.5.7 CONCLUSIONES DE COBERTURA.....	203
4. CAPITULO IV: CONCLUSIONES.....	205
5. CAPITULO V: BIBLIOGRFÍA	207



RESUMEN

En este trabajo de titulación se realiza un análisis y estudio del comportamiento de la radio frecuencia (RF) en áreas edificadas, para ello se realizo un estudio exhaustivo de la red GSM, parámetros, elementos, arquitectura, canales lógicos y software de modelamiento de la red "PLANET".

Con respecto a las soluciones In-Building se explica en que consiste, el porque se utiliza y cuando se debe implementar. Además se explica las diferentes metodologías a implementar, dependiendo de: la morfología del edificio, equipos a instalar como: repetidores o micro celdas (BTS), tipos de antenas: panel, omnidireccional o yagi, DAS tipo coaxial o con fibra óptica.

También se hace referencia a las mediciones de cobertura iniciales y finales (walk test), estas se hacen con dos teléfonos profesionales TEMS Ericsson T616 y un notebook con el software TEMS INVETICATION 6.11, con estas mediciones se realiza un análisis de niveles de potencia, canales que están presentes en el lugar (frecuencia) y niveles de interferencia (C/I), dependiendo de estas mediciones se plantea algún tipo de solución si existiesen problemas, en esta se proponen la ubicación de las antenas y equipos a utilizar mediante: planos con la distribución de los equipos y antenas a instalar, además de realizar un fotomontaje, diagramas unifilares de RF y eléctrico y cálculo de ingeniería donde se calcula la potencia final de las antenas a instalar.

En paralelo al proceso de instalación de la solución In-Building se realizan las mediciones de línea de los feeder instalados, se toman las fotografía de las antenas y equipos, luego se realiza el walk test final para verificar el correcto funcionamiento del sistema funcionando. Con las mediciones de línea se construye el diagrama unifilar de RF ya que este posee el largo real de los feeder y posterior a esto de realiza un nuevo cálculo de ingeniería debido a que ahora se sabe todo lo que realmente se instalo, para calcular las perdidas de todos los elementos, como largo de los feeder, cantidad y tipo de splitters, tappers, combinadores y conectores. También se construye un diagrama unifilar eléctrico que muestra el tipo de protección eléctrica que se instalo y la ubicación de estas. Finalmente se realiza una comparación entre las mediciones de cobertura iniciales con las finales.



SUMMARY

In this qualification work is presented an analysis and study of the radio frequency (RF) behavior, in built-up areas; for this it realized an exhaustive study of the net GSM, parameters, elements, architecture, logical channels and the net design Software, "PLANET".

With regard to the In Building solutions, it is explained what its, why it is used for and when it must be implemented. Besides, the different methodologies to implement are explained, depending of the building's morphology, equipments to install like repeaters or micro cells (BTS), types of antennas: Panel, Omnidireccional or Yagi, DAS coaxial type or with optical fiber.

Also there are references to the initial and final coverage measurements (walk test). These are made with two professional telephones TEMS Ericsson T616 and a notebook which has installed a TEMS INVETICATION 6.11 software; here an analysis of the power levels, the channels (frequency) and levels of interference (C/I), that are present in the place is realized. Depending on these measurements and if exist some kind of problem the solution is propose. The Solution consists in the distribution of the antennas and equipments that will be use, beside a photomontage, an RF and electric unifilar diagram and engineering calculation is realized , where the final power of the antennas to install is calculated.

In parallel to the process of installation of the solution In-Building the measurements of line of the installed feeder are realized and pictures of the antennas and equipments are taken, then the final Walk Test is realized to verify the correct functioning of the system. With the lines measurements a RF unifilar diagram is build, since this possesses the real length of the feeder and later on due to the fact that now we know everything what really is installed, a new engineering calculation is realized to calculate the losses of all the elements, as length of the feeder, quantity and type of splitters, tapers, combining and connectors. Also an electric unifilar diagram is built that shows the type of electrical protection that was installed and the location of this. Finally a comparison is realized between the initial measurements of coverage with the finals.



OBJETIVOS

Objetivos Generales:

- Estudiar, analizar y detallar los principales parámetros de una red GSM y su comportamiento para subredes de RF.
- Estudiar y analizar la propagación de ondas radioeléctricas dentro de espacios cerrados.

Objetivos Específicos:

- Dar soluciones reales a los problemas de cobertura Indoor.
- Analizar y ejecutar decisiones a partir de mediciones reales de campo.
- Identificar las mejores soluciones de cobertura indoor, a partir de la morfología existente de un sitio.
- Realizar cálculos de ingeniería, a modo de acotar las pérdidas de señal en cables, conectores, tapper, splitters, combinadores. Y maximizar las ganancias del sistema global.



CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

Vivimos en una época de constantes e inevitables avances tecnológicos y el sector de las telecomunicaciones móviles no es una excepción. Un aspecto importante para los proveedores de servicios de comunicaciones móviles es ofrecer una máxima cobertura para los clientes. Esta cobertura está asociada a la propagación electromagnética de las señales y también a las capacidades de la infraestructura instalada. Este trabajo de titulación contribuye a resolver el problema de falta de cobertura en ambientes que presentan pérdidas por excesiva atenuación de la señal transmitida o por falta de capacidad de los sitios outdoor (Macro BTS), mediante la formulación de un modelo predictivo basado en mediciones experimentales. En particular se busca proveer una solución para situaciones donde un repetidor o micro BTS puedan resultar de utilidad para resolver estos problemas.

En In-Building el propósito de instalar antenas repetidoras es que den cobertura celular en ambientes interiores de difícil acceso, como es el caso de túneles peatonales, galerías muy profundas, estaciones de metro, estacionamientos subterráneos, en centros comerciales cubiertos y edificios corporativos.

Para desarrollar estas soluciones se realizar varias mediciones reales con equipos profesionales en este caso TEMS de Ericsson, adicionalmente se realizan cálculos de potencias para ver la factibilidad de instalar una solución al problema y también la evaluar de acuerdo a la morfología del lugar la instalación de antenas.

En este caso se van a analizar distintas situaciones donde existen problemas de cobertura, y se darán distintas soluciones con repetidor y micro BTS, pero se analizará una solución detalladamente con todas las etapas de la solución para GSM 1900 MHz, el problema es un edificio corporativo. Donde se instalará una Micro BTS y un DAS (Sistema Distribuido de Antenas) para dar solución al problema y finalmente se analizarán las mediciones de cobertura finales para verificar el funcionamiento de la solución propuesta.



CAPITULO II. ANTECEDENTES Y MARCO DE DESARROLLO

II.1.0. ANTECEDENTES

La utilización de sistemas de radio para la comunicación móvil es una idea que surge con los primeros experimentos de Marconi, realizados en 1901, en los que se instalaron los primeros sistemas de radio móvil sobre vehículos con apariencia de tranvías. El primer servicio de telefonía móvil fue utilizado por la policía de Detroit en la década de 1920. Desde entonces han aparecido y se han desarrollado muchos sistemas que han prestado servicio a distintos usuarios.

En este proceso, se han ido produciendo muchos avances, tanto tecnológicos como teóricos. Entre los primeros, cabe destacar el desarrollo del transistor y el desarrollo de los circuitos integrados, que permitió la actual revolución en la microelectrónica. Además, la invención de la modulación de frecuencia permitió acercarse al objetivo de un sistema mucho más resistente al ruido, permitiendo, por primera vez el intercambio de calidad por ancho de banda. La modulación digital y los códigos de protección contra errores son otros pasos en la misma dirección. El desarrollo de las técnicas de división por código es el último paso en este sentido.

En 1982 la Conferencia de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones de España, (CEPT) tomó dos decisiones.

- La primera fue, establecer un equipo con el nombre de -Groupe Special Mobile- de aquí viene la abreviatura GSM, que desarrollaría un conjunto de estándares para una futura red celular de comunicaciones móviles de ámbito pan-europeo.
- La segunda fue recomendar la reserva de dos subbandas de frecuencias próximas a 900 Mhz para este sistema. Estas decisiones fueron tomadas para tratar de solventar los problemas que habían creado el desarrollo descoordinado de sistemas móviles celulares individualmente en los diferentes países de la CEPT y que eran incompatibles.



Dos de estos problemas eran, el no poder disponer de un mismo terminal al pasar de un país al otro y el otro el no disponer de un mercado propio suficientemente extenso que dificultaba una industria europea de sistemas móviles competitiva a nivel mundial.

En 1984 empieza a surgir otro factor adicional, los sistemas celulares de la primera generación, y en particular en los países del norte de Europa, experimentan una aceptación y penetración en el mercado extraordinariamente superior a la prevista.

En 1986 las cifras indicaban la saturación de la capacidad de estos sistemas para principio de la década de los 90. Ante esto surgió la tentación de utilizar parte de las sub-bandas de frecuencias destinadas al GSM como ampliación de las usadas por los sistemas móviles celulares de primera generación. (Sistema 900)

En consecuencia la Comisión de las Comunidades Europeas emitió una Directiva en la que reservaban dos subbandas de frecuencias en la banda de 900 Mhz, para el sistema pan-europeo, que empezaría a funcionar en 1991, pero más pequeñas que las recomendadas por la CEPT. Asimismo contemplaba que las frecuencias en estas sub-bandas que estuvieran siendo utilizadas por sistemas móviles celulares de la primera generación (analógicos), deberían abandonarlas en los próximos diez años (o sea hasta el 2001), que es la vida que les queda a los TMA (analógicos).

Mientras tanto los miembros del GSM realizaban excelentes progresos en el desarrollo y acuerdo de estándares.

Se adoptó la decisión de que el sistema sería digital, en lugar de analógico lo que redundaría en mejorar la eficiencia espectral, mejor calidad de transmisión, posibilidades de nuevos servicios y otras mejoras como la seguridad.

También permitiría la utilización de tecnología VLSI, pudiendo fabricar terminales móviles más pequeños y baratos, y en definitiva el uso de un sistema digital complementaría el desarrollo de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) con la que GSM debe tener un interface.



Se siguieron haciendo progresos y el 7 de septiembre de 1987 trece operadores de red europeos formaron un MoU (Memorandum of Understanding) para continuar con el proyecto y lanzarlo el 1 de julio de 1991.

Esto fue seguido con la invitación simultánea hecha el 29 de febrero de 1988 a todos los operadores de red involucrados en el sistema.

Pronto se dieron cuenta de que había más problemas de los previstos. Por lo que se acordó que se efectuaría el desarrollo de la especificación en dos fases. Además la implantación en términos geográficos se vislumbró que debía realizarse en fases, empezando por ciudades importantes y aeropuertos y se seguiría con autopistas, calculando que se tardarían años en lograr un servicio completo a todo Europa.

En 1988 se inició una intensa actividad en pruebas de validación particularmente en relación con el interfase radioeléctrico.

Como resultado se ajustaron ligeramente las especificaciones GSM y se pudo comprobar que el sistema funcionaría.

No se alcanzó la fecha acordada de 1 de julio de 1991 para el lanzamiento comercial del sistema GSM. A ello contribuyeron el retraso del desarrollo y acuerdo de pruebas de certificación, la necesidad de modificar algunas especificaciones GSM ya que la complejidad técnica del desarrollo de terminales portátiles se tardó en resolver más de lo previsto. Fue en junio de 1992 cuando aparecieron los portátiles de mano.

El servicio comercial del sistema GSM llegó en 1992, si bien el tamaño de las áreas de cobertura y el número de usuarios era bastante dispar. Las redes que estaban funcionando se basaban en las especificaciones de la fase 1 y no todos los servicios contemplados en la fase 1 estaban disponibles.

A finales de 1993 el número de operadores que habían firmado el MoU había aumentado de trece a cuarenta y cinco, entre los que estaban la mayor parte del mundo excepto América del Norte y Japón.



Treinta redes GSM estaban en servicio con cerca de un millón de abonados en todo el mundo.

A finales del 1994 el número de miembros del MoU había crecido a 102 operadores de red y Administraciones reguladores de Telecomunicaciones de 60 países.

El mercado de redes y equipamientos GSM se ha extendido más allá de las fronteras de Europa occidental. Europa del Este, la Commonwealth, Oriente, Asia, Africa y Oceanía son áreas donde existen sistemas GSM operativos. Actualmente la mayor parte de los firmantes del MoU no pertenecen a países europeos. Esta amplitud del mercado es la razón por la que las siglas GSM han tomado otra acepción -Global System for Mobile communications- que es diferente de la original de 1982.



II.2.0. MARCO DE DESARROLLO

El concepto Celular (un sistema compuesto por un conjunto de estaciones base coordinadas, donde se reutilizan las frecuencias disponibles), permite que un solo sistema tenga una extensión y capacidad prácticamente ilimitadas. De forma complementaria, las funciones de roaming y handover permiten que los usuarios puedan moverse libremente a través del sistema sin percibir el cambio de estación base.

Paralelamente a estos desarrollos, se ha ido produciendo un avance en la extensión de los servicios. Los sistemas iniciales estaban concebidos para usuarios especiales como: militares, policías, etc. En este momento, la base de clientes es cada vez mayor y se espera que la penetración de este tipo de sistemas en las sociedades industrializadas sea mucho mayor. Los dos pilares que permiten esta popularización son la reducción del precio y el incremento de la capacidad y calidad de servicio en todos sus aspectos.

Los primeros sistemas celulares que aparecieron fueron de tipo analógico y alcanzaron un desarrollo comercial significativo en los años 80, estos son: en Europa principalmente el sistema NMT-450 (posteriormente mejorado en su versión NMT-900) y en EE.UU. el sistema AMPS (American Mobile Phone System), adaptado posteriormente en Europa como sistema TACS (Total Access Communication System). Estos sistemas ofrecían un servicio que tenía, desde el punto de vista del usuario, área de cobertura extensa (cercana a la superficie total de un país) y posibilidad de realizar y recibir llamadas en cualquier punto del área de cobertura del sistema. Sin embargo, sólo alcanzaron penetraciones limitadas debido a los costos que implicaban y a las dificultades de orden técnico derivadas de un menor desarrollo de la tecnología electrónica básica.

A partir de 1982, en el seno de la Conférence Européen des Administrations des Postes et des Télécommunications (CEPT), se vio la necesidad de comenzar las tareas de definición de un nuevo sistema de comunicaciones móviles, sistema digital que sustituye a los analógicos. Las principales razones para tomar esta decisión fueron: conseguir que en la década de los 90 se pudiera utilizar un sistema normalizado en todos los países europeos y buscar una reducción de los precios. El resultado de estos trabajos fue el sistema GSM, sistema digital con muy buenas prestaciones orientado a la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI).



El sistema GSM se planteó como un sistema multioperador. El estándar fue diseñado con la posibilidad de que varios operadores pudieran compartir el espectro. Así, la señalización y las interfaces permiten que el abonado pueda elegir la red a la que desea conectarse. La mayor parte de las administraciones permiten dos o más operadores de GSM en su territorio. Con GSM se logró tener un sistema estándar más eficiente en el uso del espectro radioeléctrico y en la minimización del número de estaciones base por abonado, a la vez que los costos de implementación de este sistema digital son mucho menores que el de los analógicos.

II.2.1. Reutilización de Frecuencias

La idea fundamental en que se basan los sistemas móviles celulares es la reutilización de los canales mediante la división del terreno en celdas continuas que se iluminan desde una estación base con unos determinados canales.

La reutilización de frecuencias no es posible en células contiguas, pero sí en otras más alejadas. El número de veces que un canal puede ser reutilizado es mayor cuanto más pequeñas sean las células. La red celular se compone así de un conjunto de estaciones base desplegadas por el territorio a cubrir por el servicio y que están conectadas entre sí o con centro de conmutación con acceso a la red telefónica pública, a la RDSI o a otra red celular móvil.

La estación base que recibe al móvil con un mayor nivel de potencia es la que queda asignada al mismo.

Si por la movilidad del terminal, otra estación base recibe la señal procedente de la estación móvil con un nivel de potencia superior a 3 decibeles al que este recibiendo la estación que lo está controlando se produce la conmutación del canal y de la estación base a la que está conectada el terminal móvil. Este procedimiento se llama "Handover" DE POTENCIA.

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



II.2.2. Estándar y Arquitectura de la Red GSM

Las especificaciones del estándar GSM definen los requerimientos para las funciones e interfaces en detalle, pero no el direccionamiento del hardware, con lo que se busca limitar lo menos posible a los diseñadores, y hacer posible que los operadores de redes adquieran sus equipos de distintos fabricantes.

La red GSM está dividida en tres sistemas principales:

- Sistema de Conmutación (SS: Switching System)
- Sistema de Estaciones Bases (BSS: Base Station System)
- Sistema de Soporte y Operación (OSS: Operation and support System).

Estos tres sistemas principales se interconectan para formar una red básica GSM como se muestra en el siguiente diagrama:

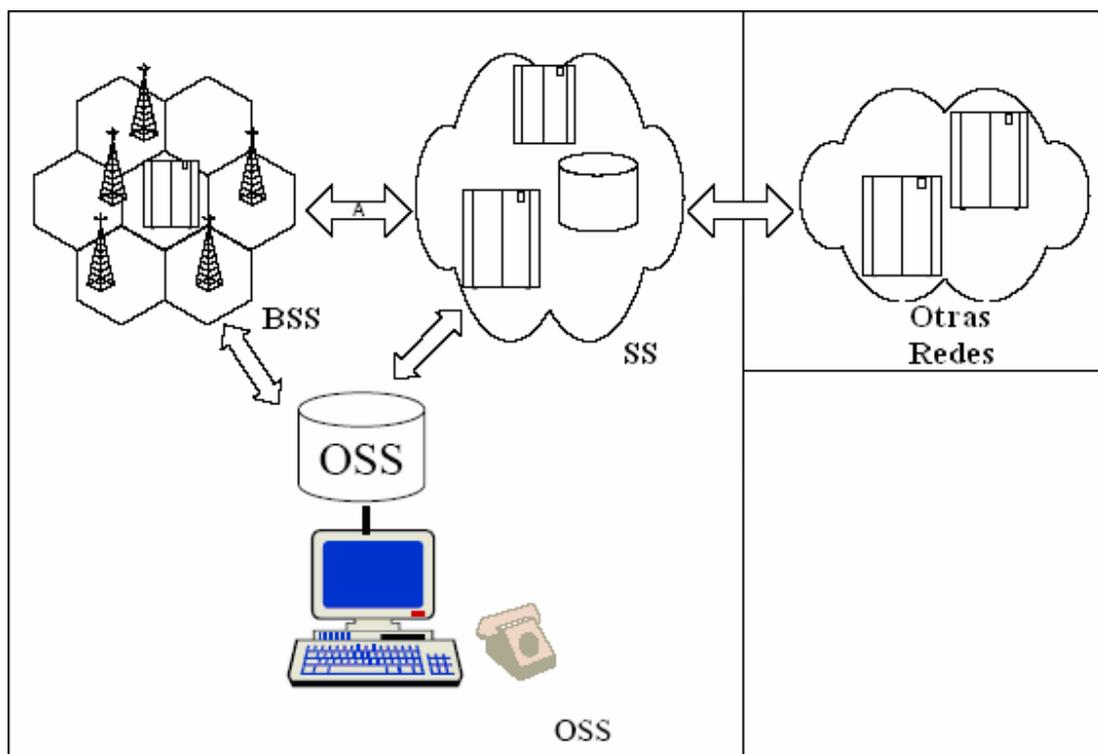


Figura 1 Red Básica GSM.



II.2.3. Sistema de Conmutación

El Sistema Conmutación (SS) incluye las funciones básicas de conmutación del GSM, así como las bases de datos necesarias para los datos de usuario y la gestión de la movilidad. La función principal del SS es gestionar las comunicaciones entre los usuarios GSM y los usuarios de otras redes de telecomunicación.

Dentro del SS, la función básica de conmutación se realiza en la MSC (Mobile services Switching Center), cuya misión principal es coordinar el establecimiento de llamadas desde y hacia usuarios GSM.

La MSC tiene interfaces con la BSS de un lado (a través de la cuál está en contacto con los usuarios GSM), y con las redes exteriores por otro. La interfaz con redes externas para comunicarse con usuarios fuera del GSM puede requerir un elemento de adaptación (IWF, Interworking Functions), cuya labor puede ser más o menos importante en función del tipo de información de usuario y de la red con la que se interconecte. Generalmente se utiliza para conectar la red GSM a las redes de datos.

El SS también necesita conectarse con redes externas para hacer uso de su capacidad de transportar datos de usuario o señalización entre entidades GSM. En particular, el SS hace uso de una red soporte de señalización, al menos en parte externa al GSM, siguiendo los protocolos del Sistema de Señalización por Canal Común UIT-T N° 7 (generalmente referida como la red SS7); esta red de señalización permite interoperatividad entre entidades del SS dentro de una o varias redes GSM.

II.2.4. Sistema de Radio

En términos generales, el Subsistema de radio, Subsistema de Estaciones de Base o BSS agrupa las máquinas específicas a los aspectos de radio y celulares del GSM. El BSS está en contacto directo con las estaciones móviles a través del interfaz radio. Como tal, incluye los elementos a cargo de la transmisión y recepción del trayecto radio y la gestión del mismo. Por otro lado, el BSS está en contacto con las centrales de conmutación del SS. La función del BSS



se puede resumir como la conexión entre estaciones móviles y el SS y, por tanto, la conexión entre un usuario móvil con otro usuario de telecomunicaciones.

El BSS incluye dos tipos de elementos: la Estación de Base (BTS, Base Transceiver Station), en contacto con las estaciones móviles a través del interfaz radio, y el Controlador de Estaciones de Base (BSC, Base Station Controller), este último en contacto con las centrales de conmutación del SS. La división funcional es básicamente entre un equipo de transmisión, la BTS, y un equipo de gestión, el BSC.

Una BTS contiene dispositivos de transmisión y recepción, incluyendo las antenas, y también el procesado de señal necesario para el interfaz de radio. La BTS pueden considerarse como módems de radio complejos, teniendo pocas funciones adicionales.

El interfaz radio del GSM utiliza una combinación de Acceso Múltiple por División en Frecuencia (FDMA) y Acceso Múltiple por División en el Tiempo (TDMA), con combinación de Salto en Frecuencia (FH, Frequency Hopping).

II.2.5. Sistema de Soporte y Operación.

El Sistema de Soporte y Operación está representado normalmente en un Centro de Operación y Mantenimiento (OMC: Operation and maintenance Center). Este sistema está conectado a todos los equipos de los sistemas SS y hasta los BSC en el sistema BSS. Es una unidad funcional que permite monitorear la red y controlar el Sistema completo. El propósito del OSS es ofrecer al operador contar con un soporte centralizado, regional o local, de acuerdo al diseño específico de la red. Una importante función del OSS es proveer al operador, una visión general de la red y soportar diferentes actividades de mantenimiento de diferentes grupos de personas de operación y mantenimiento.



II.2.6. Esquema de Arquitectura de la Red GSM

El sistema de arquitectura GSM mostrado en la figura, incluye tres estándares de interfaces: La interfaz aérea (Um), la interfaz Abis, y la interfaz A. Las funcionalidades de GSM están divididas entre las estaciones móviles (MS), el BSS (Base Station Subsystem) y el MSC (Mobile Switching System).

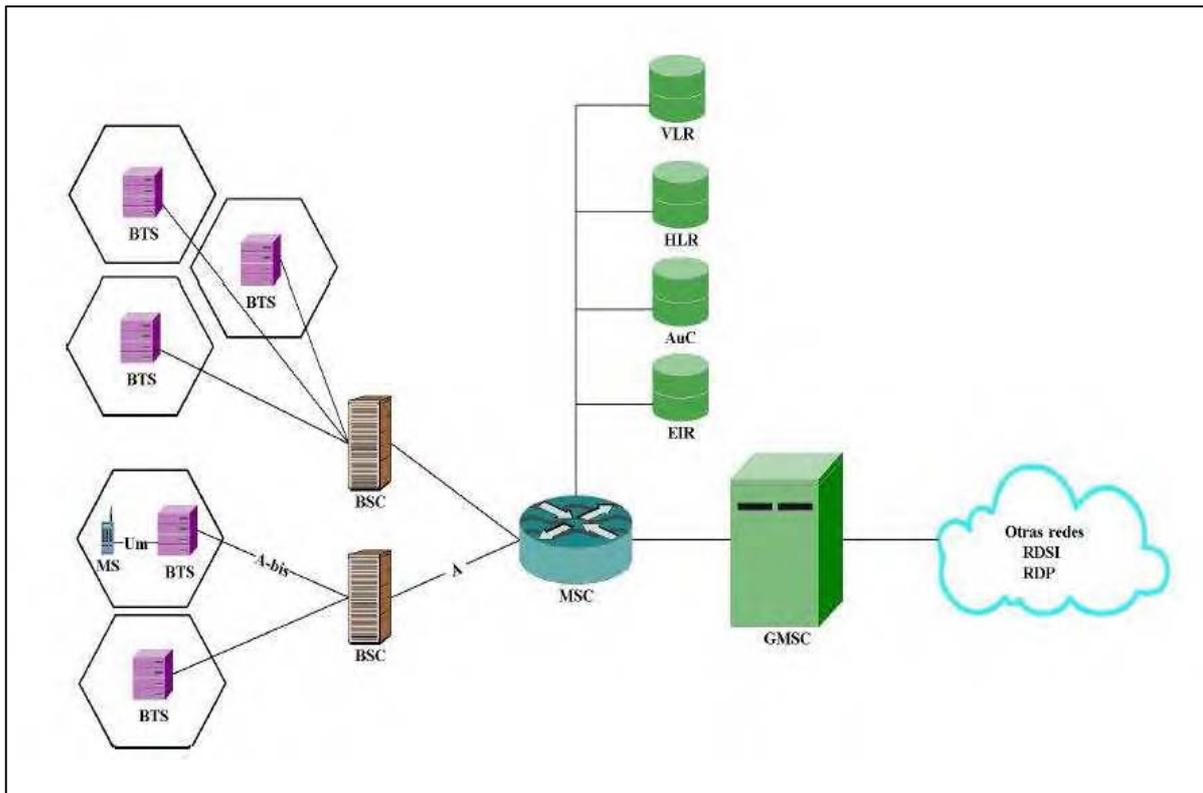


Figura 2. Arquitectura de red GSM.

II.2.6.1. Descripción de los nodos principales de la red:

II.2.6.1.1. Estación Móvil: (MS, Mobile Station) está formada por el Mobile Equipment (el terminal GSM) y por el Subscriber Identity Module (SIM), una tarjeta dotada de memoria y microprocesador, que permite identificar al abonado independientemente del terminal usado.

Es el equipamiento empleado por el suscriptor para comunicarse a través de la red móvil.



Asimismo la MS tiene la capacidad de variar la potencia de emisión de la señal sobre el canal radio de forma dinámica en 18 niveles, con el fin de poder mantener en cada momento la potencia de transmisión óptima, limitando así las interferencias co-canal inducidas sobre las celdas adyacentes.

Estos dos últimos aspectos están mejorados por el Discontinuos Transmit (DT) que inhibe la transmisión cuando el usuario no habla, gracias a la función Voice Activity Detection (VAD) que verifica la presencia o no de actividad vocal. El aumento o la disminución de la potencia de la señal transmitida llega a la MS desde la BSS que monitorea constantemente la calidad de comunicación.

Las dos técnicas señaladas en los párrafos precedentes: control dinámico de potencia y transmisión discontinua, permite optimizar el uso de la energía de las baterías reduciendo los consumos del terminal y prolongando la duración de la carga, lo que se traduce en una mayor vida útil de las mismas al disminuir las recargas.

La tarjeta SIM contiene la International Mobile Subscriber Identity (IMSI), usada para identificar al abonado en cualquier sistema GSM, los procedimientos de criptografía que garantizan la confidencialidad de la información del usuario, otros datos como por ejemplo memorias alfanuméricas del teléfono y memorias para mensajes de texto (SMS) y finalmente una contraseña para impedir el uso no autorizado de dicha tarjeta y para el acceso a posteriores funciones.

II.2.6.1.2. BTS: Estación Base, cuya función principal es la de proporcionar un número de canales de radio en su respectiva zona de servicio.

Este elemento está en contacto con las estaciones móviles a través del interfaz radio, la cual controla. El sistema consiste en una red de radio-células contiguas (con cobertura sobrepuesta para asegurar el handover) para cubrir una determinada área de servicio. Cada célula tiene una BTS (Base Transceiver Station). Contiene dispositivos de transmisión y recepción, incluyendo las antenas y también el procesado de señal necesario para el interfaz de radio.



Cada estación base puede dividir el área geográfica a la cual dará servicio en sectores, donde cada sector tendrá su propio hardware y software asociado. Lo anterior permitirá controlar en forma más eficiente los parámetros de radio y con ello la calidad de las comunicaciones y el servicio.

Las antenas puede ser omnidireccionales o direccionales (en este caso se divide la BTS en sectores, con diferentes grupos de frecuencias).

El estándar GSM contempla que un transceptor proporciona 8 canales digitales (time slot) en el enlace de radio.

Un grupo de BTS es controlado por un BSC.

II.2.6.1.3. BSC: Controlador de Estaciones Base es el encargado de proveer todas las funciones de control y enlaces físicos entre el MSC y las BTS. Administra todas las funciones de radio de la red.

Es un conmutador de alta capacidad que provee una serie de funciones como el handover, datos de configuración de celdas y control de los niveles de potencia (RF) de los transceptores de las estaciones bases. Un número de BSC son servidos por un MSC.

Handover: El BSC tiene como función primaria es el mantenimiento de las llamadas. Desde el momento en que el usuario es móvil, éste puede desplazarse cambiando de sector; el procedimiento por el que la llamada se mantiene en estas condiciones sin que se produzcan interrupciones importantes se conoce con el nombre de “handover”.

Durante una llamada, la estación móvil está continuamente monitoreando a una serie de estaciones base así como informando a la BSC de la calidad de la señal con que está trabajando. Esto permite a la BSC tomar la decisión de cuando iniciar un handover y a qué sector.

Control de Potencia: La BSC controla a su vez la potencia de trabajo de la estación móvil para minimizar la interferencia producida a otros usuarios y aumentar la duración de la batería de los equipos terminales.



II.2.6.1.4. MSC: Centro de Conmutación Móvil, responsable del establecimiento, enrutamiento y terminación de cualquier llamada, es la interfaz con otras redes, control de los servicios complementarios y del handover entre MSCs, así como la generación de información necesaria para la medición y registro de tráfico. También actúa de interfaz entre la red móvil y la red pública.

De acuerdo con la complejidad y volumen de la red, puede ser requerido el uso de un Gateway o Pasarela, función que puede ser ejecutada por un MSC.

II.2.6.1.5. HLR: Registro de Localización de estaciones móviles, es la base de datos centralizada de una red, contiene y administra principalmente información de estado de cada estación móvil definida en el sistema (tipo de suscripción, servicios complementarios, etc.), así como información sobre las posibles áreas visitadas, a efecto de enrutar llamadas destinadas al mismo (terminadas en el móvil).

La información almacenada contiene por cada estación móvil:

- Identidad.
- Servicios Suplementarios
- Información de su ubicación
- Información de Autenticación.

II.2.6.1.6. VLR: Registro de Localización de estaciones móviles Visitantes, es la base de datos que contiene información temporal de las estaciones móviles visitantes y que son requeridos por el MSC para darles servicio.

El VLR siempre viene integrado con el MSC, y existirá uno por cada MSC.

Contiene principalmente información de estado de todas las estaciones móviles que en un momento dado están registrados dentro de la zona de servicio de un MSC; información que ha sido requerida y obtenida a partir de los datos contenidos en el HLR.

II.2.6.1.7. Centro de Operación y Mantenimiento (OMC, Operation and Maintenance Center). Es un centro de monitoreo computarizado que se conecta a otras componentes de la red como los MSC y los BSC por enlaces de datos. Tiene las siguientes funciones:



- Acceso remoto a todos los elementos que componen el network GSM (BSS, MSC, VLR, HLR, EIR y AUC).
- Gestión de las alarmas y del estado del sistema con posibilidad de efectuar varios tipos de test para analizar las prestaciones y verificar el correcto funcionamiento del mismo.
- Supervisión del flujo de tráfico a través de las centrales e introducción de eventuales cambios del flujo mismo.
- Visualización de la configuración del network con posibilidad de cambiarla por control remoto.
- Administración de los abonados y posibilidad de poder conocer su posición dentro del área de cobertura.

II.2.6.1.8. Centro de Administración de Redes (NMC, Network Management Center). Es el control centralizado de la red. Se encarga de administrar con visión de largo plazo los recursos de la red. Solo se requerirá un NMC por cada red, y tendrá como controles subordinados los OMC.

II.2.6.2. Plataformas informáticas asociadas a la Red

Adicionalmente la red de la empresa eficiente requiere de plataformas adicionales, tanto para su óptimo funcionamiento como para dar cumplimiento a las normativas legales vigentes; las plataformas consideradas son las siguientes:

II.2.6.2.1. Registro Identidad Equipo (EIR, Equipment Identity Register) es una base de datos que contiene la información acerca de la identidad de los equipos móviles y verifica si un Mobile Equipment (ME) está autorizado o no para acceder al sistema, evitando llamadas fraudulentas, no autorizadas o estaciones móviles defectuosas.

La base de datos está dividida en tres secciones:

- White List : Contiene todos los IMEI (International Mobile Equipment Identity: N° empleado para identificar inequívocamente al equipo móvil en la red) designados a todos los operadores de las naciones con las que se tienen acuerdos de roaming internacional.
- Black List: contiene todos los IMEI que se consideran bloqueados (por ejemplo los robados).



- **Grey List:** contiene todos los IMEI marcados como faulty o también los relativos a aparatos no homologados. Los terminales introducidos en la Grey List les son señalados a los operadores de sistema a través de una alarma cuando solicitan el acceso, permitiendo la identificación del abonado que utiliza el terminal y del área de llamada en donde se encuentra.

II.2.6.2.2. Autenticación de Abonados (AUC, Authentication Center): es una base de datos que provee parámetros de autenticación y encriptación, que permiten verificar la identidad del usuario y asegurar la confidencialidad de cada llamada. Protege al operador de la red de fraudes.

Memoriza de modo temporal los datos de todos los abonados que se encuentran en un área geográfica bajo su control. Estos datos se piden al HLR perteneciente al abonado. Y posibilita al sistema conocer su posición dentro del área de cobertura.

II.2.6.2.3. Sistema de lectura Almacenamiento de Ticket (CDR) Este sistema se interconecta con las distintos centrales de conmutación, desde las cuales rescata la distinta información de las llamadas ingresadas y realizadas por los abonados. Las cuales son usadas para el proceso de (Billing) medición, tasación y facturación.

II.2.6.2.4. Plataforma Prepago La plataforma prepago es el nodo principal que soporta los abonados de prepago manteniendo los saldos disponibles por cada estación móvil, dicha plataforma se interconecta con los distintos nodos de la red, en especial con el HLR, para la verificación y actualización de los datos de los clientes. Asimismo cuando ingresa una llamada verifica que el receptor no este en situación de bloqueo. Esta plataforma permite la activación de las tarjetas de prepago o de nuevos saldos (carga a través de otros medios como cuenta corriente), controlar la duración de los saldos (expiración de los mismos), recargas, consultas, etc.

II.2.6.2.5. Plataforma OTAF (Over-The-Air Function) La plataforma OTAF proporciona servicios de gestión remota de tarjetas SIM a través del servicio de mensajes cortos estándar y el mecanismo BIP (Bearer Independent Protocol). La plataforma realiza operaciones de Gestión Remota de Ficheros (RFM) y Gestión de Aplicaciones (AM). Permite el bloqueo remoto de radio bases móviles, para evitar fraudes. Asimismo permite habilitar servicios adicionales a abonados.



II.2.6.2.6. Sistema de Storage Red El sistema de Storage de red permite el almacenamiento de grandes volúmenes de información de las distintas versiones de software que se instalen en la red. Asimismo permite almacenar los distintos tráficos cursados en la red. Es usado para realizar estadísticas y optimizar el uso de la red. Estos equipos no están concebidos para ejecutar aplicaciones, siendo su principal función ofrecer storage de altos volúmenes de datos.

II.2.6.2.7. Sistema de Gestión Estadística de Red. Es el sistema que permite monitorear y gestionar el tráfico de la red desde el punto de vista de Ingeniería, y poder tomar acciones sobre la distribución de los transceptores y parámetros de red, de acuerdo con el comportamiento y distribución del tráfico. Analiza, agrupa, clasifica los tráficos por sectores, por BTS, por BSC, por MSC por zona geográfica, por tipo de suscriptor (contrato, prepago), por fechas, permitiendo múltiples tipos de gráficos y análisis de Ingeniería.

II.2.7 Elementos funcionales Adicionales del estándar y redes GSM

II.2.7.1. Estructura de Red Geográfica. Cada red necesita una estructura para enrutar las llamadas entrantes al MSC correcto y finalmente al suscriptor correspondiente. En las redes de comunicaciones móviles, esta estructura es muy relevante dada la movilidad de los suscriptores. Los suscriptores se mueven a través de la red, y se debe monitorear su ubicación. Chile agrega niveles de complejidad mayores a esta estructura, dada su extensión geográfica, lo que se traduce en redes de redundancia de interconexión necesarias para garantizar la calidad de servicio requerida en un Sistema de Comunicaciones Móviles bajo la normativa actual en el país.

II.2.7.1.2. Celda. Es la unidad básica de un Sistema Celular y es definida como el área de la cobertura de radio dado por un Sistema de Antenas de una BTS. Cada celda es nombrada por un Identificador denominado CGI: Cell Global Identity.

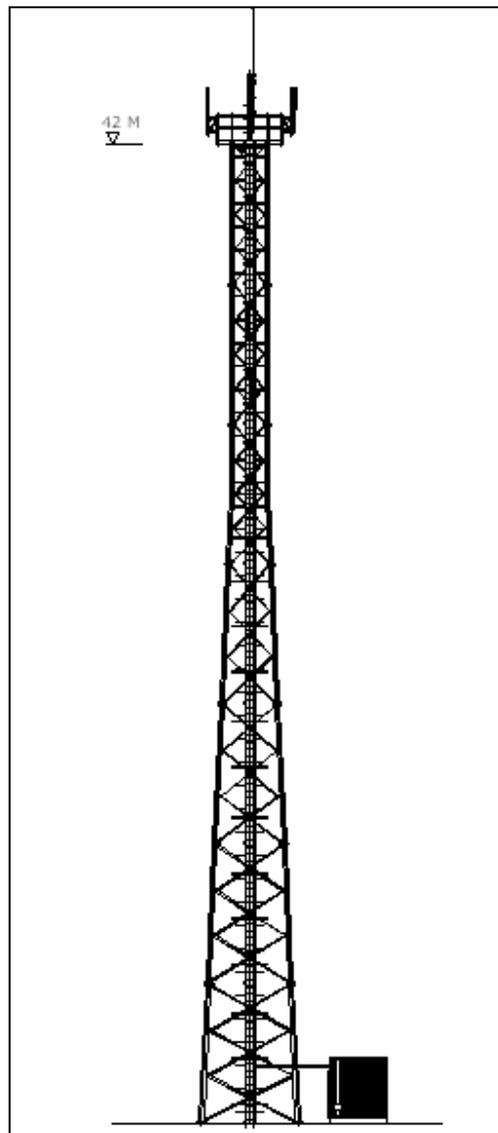


Figura 3. Estación Radio Base (BTS), torre autosoportada.

Normalmente para efectos académicos o gráficos se considera la forma de cobertura de una celda con forma hexagonal, dado que adicionalmente es la forma que permite generar diagramas de estructura geográfica sin sobreponer una sobre otra, y es la forma que mejor optimiza el uso del área.

II.2.7.1.3. Áreas de Ubicación (LA: Location Area). Se define como un grupo de celdas. Todo suscriptor es relacionado con una de éstas áreas de ubicación, lo que permite optimizar el uso de la red y los tiempos asociados al establecimiento de una llamada. La identificación de las LA es almacenada en el VLR.



II.2.7.1.4. Área de Servicio de un MSC (MSC Service Area). Representa al área geográfica controlada por un MSC y que corresponderá a un cierto número de LA.

Para establecer una ruta para una llamada entrante a un móvil, el suscriptor es almacenado en el HLR con el Área de servicio del MSC correspondiente.

II.2.8. Características y Modulación Utilizada en GSM

Las características principales de la interfase entre la Estación Móvil y la BTS son las siguientes:

Frecuencias de Operación (MHz)

	GSM 900	DCS 1800	PCS 1900
Estacion Móvil -> BTS	880-915	1710-1785	1850-1910
BTS -> Estacion Móvil	925-960	1805-1880	1930-1990
Espaciamiento entre Frecuencias de Transmisión y Recepción	45	95	80

Tabla 1.

El GSM fue estandarizado para operar en los rangos de frecuencia presentadas en la tabla, siendo el GSM 900 y el DCS 1800 adoptados en Europa y el PCS 1900 en los Estados Unidos.

II.2.8.1. Canalización

Las Bandas del GSM son divididas en canales de RF, donde cada canal consiste de un par de frecuencias (Transmisión y Recepción) con 200 KHz de banda cada. Existen, por tanto, 124 canales de RF en el GSM 900 y 373 canales en el DCS 1800. Estos canales recibieron una numeración conocida como ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number). Las frecuencias portadoras de los canales de RF son moduladas en 0,3GMSK por un señal digital con tasa de 270,833 kbit/s.



II.2.8.2. Modulación en GSM

El sistema de GSM utiliza el sistema de modulación GMSK, el cual es un esquema de Modulación binaria simple que se puede ver como derivado de MSK. En GMSK, los lóbulos laterales del espectro de una señal MSK se reducen pasando los datos modulantes a través de un filtro Gaussiano de pre-modulación. El filtro gaussiano aplanan la trayectoria de fase de la señal MSK y por lo tanto, estabiliza las variaciones de la frecuencia instantánea a través del tiempo. Esto tiene el efecto de reducir considerablemente los niveles de los lóbulos laterales en el espectro transmitido

El filtrado convierte cada dato modulante que ocupa en banda base un período de tiempo T, en una respuesta donde cada símbolo ocupa varios períodos. Sin embargo, dado que esta conformación de pulsos no cambia el modelo de la trayectoria de la fase, GMSK se puede detectar coherentemente como una señal MSK, o no coherentemente como una señal simple FSK. En la práctica, GMSK es muy atractiva por su excelente eficiencia de potencia y espectral. El filtro de pre-modulación introduce interferencia íter simbólica ISI ("Inter-Symbol Interference") en la señal transmitida, pero esta degradación no es grave si el parámetro BT del filtro es mayor de 0.5.

El filtro gaussiano de pre-modulación tiene una respuesta impulsiva dada por:

$$h_G(t) = \frac{\sqrt{\pi}}{\alpha} \exp\left(-\frac{\pi^2}{\alpha^2} t^2\right)$$

y su respuesta en frecuencia viene dada por:

$$H_G(f) = \exp(-\alpha^2 f^2)$$

El parámetro α está relacionado con el ancho de banda del filtro B, por la siguiente expresión:

$$\alpha = \frac{\sqrt{2 \ln 2}}{B}$$



El filtro GMSK se puede definir completamente por B y por la duración de un símbolo en banda base T o equivalentemente por su producto BT . La figura 4 muestra la PSD de una señal GMSK para varios valores de BT . Se muestra también la PSD ("Power Spectral Density") de una señal MSK, que es equivalente a GMSK con BT infinito. En la figura se observa como conforme se reduce el parámetro BT , los niveles de los lóbulos laterales se atenúan rápidamente. Por ejemplo, para $BT=0.5$, el pico del segundo lóbulo está más de 30 dB por debajo del principal, mientras que para MSK el segundo lóbulo está sólo 20 dB por debajo del principal. Sin embargo, la reducción de BT incrementa la ISI, y por lo tanto se incrementa el número de errores ("biterror rate"), pero a pesar de este efecto el rendimiento global del sistema mejora.

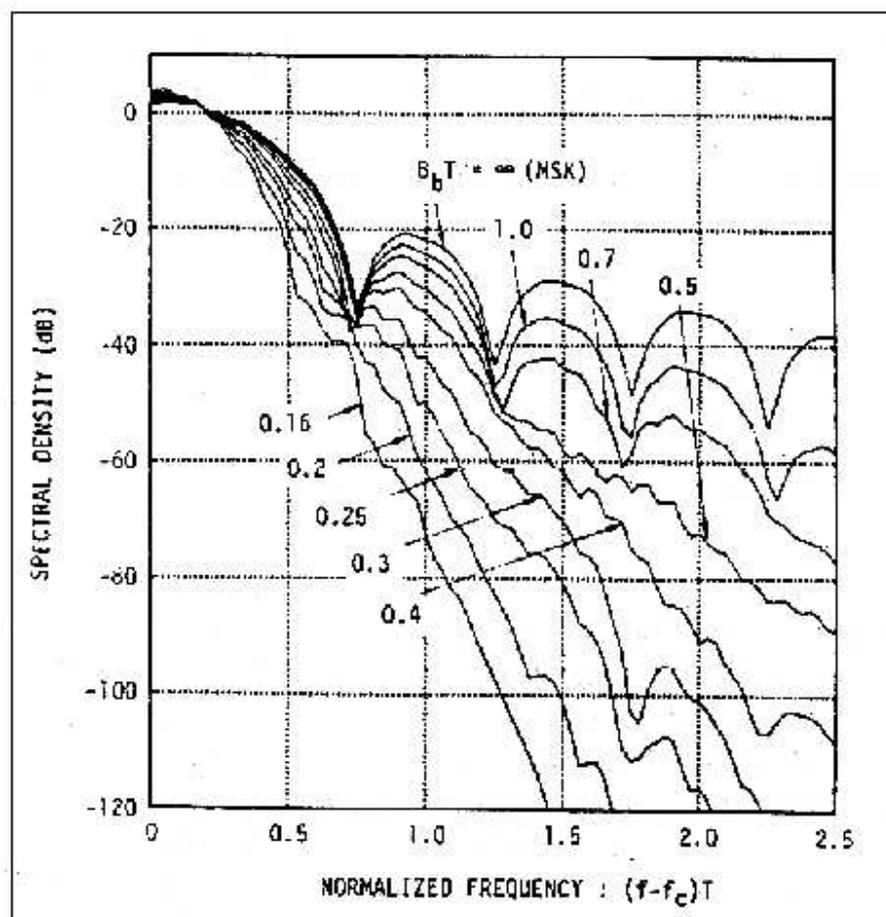


Figura 4. Power Spectral Density para varios valores de BT .



II.2.8.3. Densidad de Potencia Espectral de una señal GMSK

La manera más simple de generar una señal GMSK es pasar una cadena de mensajes a través de un filtro gaussiano paso baja como los descritos anteriormente, seguido de un modulador de FM. Esta técnica de modulación se muestra en la figura 8 y se usa actualmente en una gran cantidad de implementaciones analógicas y digitales, entre ellas en GSM.

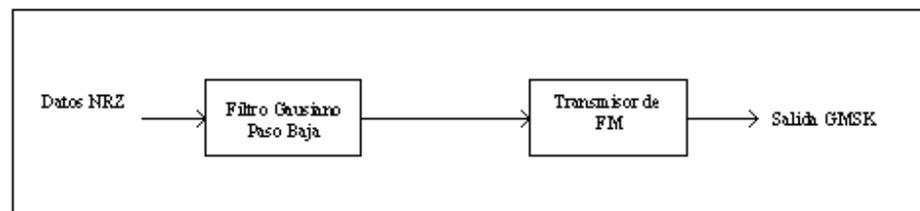


Figura 5.

Las señales GMSK se pueden detectar usando detectores ortogonales coherentes como se muestran en la figura 9 (parte superior), o con detectores no coherentes como los discriminadores normales de FM. La recuperación de la portadora se puede realizar usando el método propuesto por de Buda donde la suma de las dos componentes en frecuencia a la salida del doblador de frecuencia se divide por cuatro.

El método de Buda es equivalente al de un PLL con un doblador de frecuencia. Este tipo de demodulador se puede implementar fácilmente usando lógica digital como se muestra en la figura 9 (en la parte inferior). Los dos elementos de retardo tipo D actúan como un demodulador multiplicativo en cuadratura y las puertas XOR actúan como multiplicadores en banda base. Las portadoras de referencia mutuamente ortogonales se generan usando dos elementos de retardo, y la frecuencia central del VCO (Oscilador controlado por tensión) se elige como cuatro veces la frecuencia central de la portadora.

Un método no óptimo pero efectivo de detectar señales GMSK es simplemente muestrear la salida de un demodulador de FM.

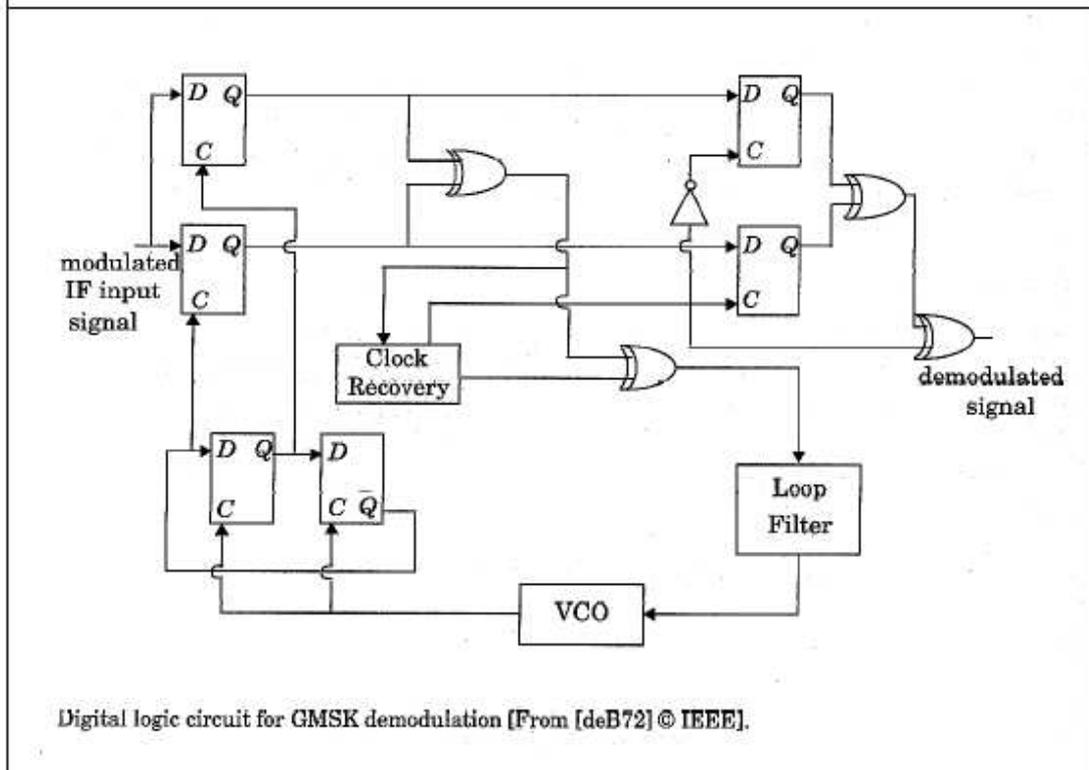
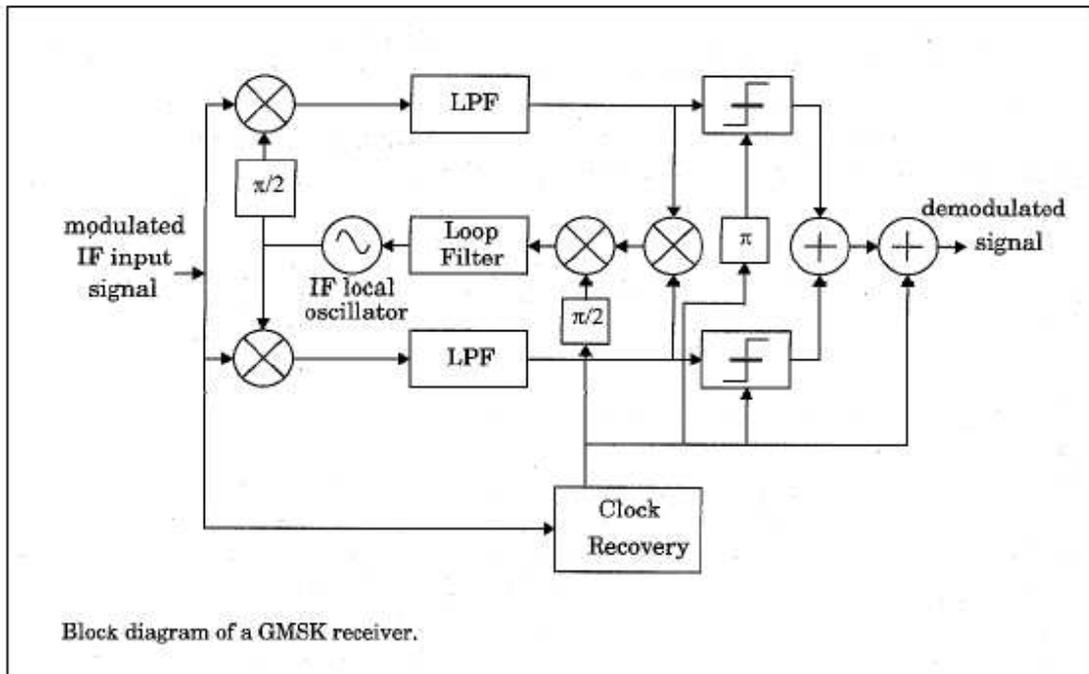


Figura 6. Diagrama y Circuito Demodulador.



El GSM utiliza un formato de modulación digital llamado de 0,3GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying).

El 0,3G describe la Banda del Filtro Gaussiano de pre-modulación utilizado para reducir el espectro del señal modulado.

MSK (Minimum Shift Keying) es un tipo especial de modulación FSK (Frequency Shift Keing) en donde 1's y 0's son representados por locomociones en la frecuencia de la portadora de RF. Cuando la tasa de bits de la señal modulante es exactamente cuatro veces la locomoción de la frecuencia de la portadora se consigue minimizar el espectro y la modulación es llamada de MSK (Minimum Shift Keying).

En el caso del GSM, la tasa de datos de 273,833 kbit/s fue elegida para ser exactamente cuatro veces la locomoción de la frecuencia de RF (+/- 67,708 KHz).

Esta señal digital de 270,833 kbit/s es dividido en el dominio del tiempo en 8 intervalos (slots) de tiempo posibilitando el múltiplo acceso por división en el tiempo (TDMA) de las Estaciones Móviles.

	Período	Composición
Señal de 270,833 kbit/s	4,615 ms	8 slots de tiempo
Slot de tiempo	576,9 us	156,25 bits
Bit	3,692 us	-

Tabla 2

El GSM, así como el TDMA (IS-136) es una combinación de FDMA y TDMA.



II.2.8.4. Canales Lógicos

En el GSM ningún canal de RF o time slot está designado a priori para una tarea en particular. La información del usuario (voz y datos) y los datos de control de señalización son transmitidos en dos tipos básicos de canales lógicos que van a ocupar la estructura del cuadro (frame) TDMA: canal de tráfico (TCH) y canal de control (BCCH).

Estos canales lógicos son mapeados en los canales físicos según la figura a continuación.

Estación Móvil			Aire	BTS		
Canales Lógicos TCH BCCH	<-->	Canales Físicos Canal de RF Slot de tiempo Cuadro TDMA		Canales Físicos Canal de RF Slot de tiempo Cuadro TDMA	<-->	Canales Lógicos TCH BCCH

Tabla 3.

Los canales de tráfico soportan dos tasas de información: Completa (Full) y Media (Half) posibilitando que un canal de RF tenga de 8 canales (Full rate) a 16 (Half rate). El Half rate es implementado por la ocupación alternada del mismo slot físico por dos canales lógicos.

Las tasas de información para los canales de tráfico (TCH) son:

	Full rate	Half Rate
Voz	13 kbit/s (22,8 kbit/s bruta)	11,4 kbit/s
Datos	9,6 kbit/s, 4,8 kbit/s y 3,6 kbit/s	4,8 kbit/s y 2,4 kbit/s

Tabla 4.

En el GSM es posible encontrar 3 tipos de codificadores de voz (vocoder): el Enhanced Full Rate (EFR), el Full Rate con tasa de 13 kbit/s, y el Half Rate con tasa de 9,6 kbit/s.



II.2.8.4.1. Canales de Control

De los 8 intervalos de tiempo Time Slot el primero se lo usa para canales común de tráfico TCH. Más adelante se indican todos los tipos de canales de información existentes burst ocupa el intervalo de tiempo cero TS:0 de la trama de 270 kb/s. Una superframe multitramas (de 26 Frame c/u) donde se envía una secuencia de canales de control.

TCH: Traffic Channel. Se tienen 6 distintos tipos de canal de tráfico TCH. Se trata de los canales de fonía y de datos a velocidades desde 2,4 a 9,6 kb/s.

TCH/FS: Full rate Speech. En el ítem anterior se describió en detalle la forma de codificación para un canal vocal de tasa completa (13 kb/s). TCH/FS se trata de dicho canal a 13 kb/s.

TCH/HS: Half rate Speech. Es un canal físico para voz a tasa nominal de 13 kb/s en TCH/FS o la mitad en el caso TCH/HS (donde se utilizan intervalos de tiempo alternados). Los canales de datos trabajan a 2400, 4800 o 9600 b/s. En todos los casos la velocidad se eleva a 22,8 kb/s en TCH/FS o a 11,4 kb/s en TCH/HS.

CCH: Control Channels. Es utilizado para diversas funciones de control.

BCH: Broadcast Channel. El canal broadcasting BCH permite diversas aplicaciones y está embebido en un canal de tráfico. Es utilizado solo en la dirección forward.

BCCH: Broadcast CCH. El BCCH es emitido regularmente para todos los móviles activos para señalar la disponibilidad de canales, informar de congestión, identificación y localización.

FCCH: Frequency CCH. El FCCH se encuentra disponible para el cambio de frecuencia del móvil con 124 bits cada 235 mseg (permite la sintonía del oscilador del usuario respecto de la base). La trama se compone de: Start de trama (3 bits); secuencia todos cero (142); Stot (3) y banda de guarda (8,25 bits).



SCH: Synchronization CCH. El SCH continúa luego del FCCH en el TS:0 para ajuste de frecuencia y sincronismo de trama. Se emite el número de trama y el código de identificación de la estación base. La estructura de trama de SCH es: Start de trama (3 bits); Datos criptografiados (39 bits); bits de training (64 bits); Datos criptografiados (39 bits); Stop de trama (3 bits); período de guarda (8,25 bits).

CCCH: Common CCH. Los canales PCH y AGCH son forward, en tanto que RACH es reverse.

PCH: Paging CCH. El PCH es un canal utilizado para la función de búsqueda en llamadas entrantes desde la PSTN y para información de mensaje de textos (paging) en caracteres ASCII.

RACH: Random Access CCH. RACH es el único canal Reverse para identificación y acceso de llamada saliente. Se utiliza como confirmación del canal PCH. El acceso a RACH se realiza mediante un Slotted Aloha, consistente en un pedido de acceso al canal.

AGCH: Access Grant CCH. Se aplica como cierre del diálogo con el móvil antes de llevar a off el canal de control. Por otro lado, es usado como respuesta a RACH.

DCCH: Dedicated CCH. Estos canales son dedicados al canal de tráfico. Todos son bidireccionales con igual formato.

SDCCH: Stand alone CCH. SDCCH es utilizado para muy baja tasa de datos para roaming, autenticación y criptografía.

SACCH: Slow Associated CCH. SACCH se usa como canal de tasa lenta para decisiones de control (potencia de transmisión) y mediciones.

FACCH: Fast Associated CCH. Las funciones de FACCH son similares a SACCH pero de mayor urgencia: para la autenticación y comandos de handover.



II.2.8.5. Capacidad del GSM

La eficiencia de utilización del Espectro, o capacidad de un sistema GSM es mayor que la del AMPS y menor que un sistema TDMA (IS-136).

En una Banda de 30 KHz el AMPS tiene capacidad para una llamada telefónica y el TDMA tres. Por su parte el GSM en 200 KHz tiene capacidad para ocho llamadas. En compensación por presentar menos interferencia co-canal los sistemas GSM usan una reutilización de frecuencia de 4 por 12 mientras que en el AMPS y TDMA lo normal es de 7 por 21 o que propicia una mejor utilización del espectro por parte del GSM.

Si el GSM utiliza un recurso, previsto en las especificaciones, de saltos de frecuencia (Frequency Hopping) es posible incluso el uso de esquemas de reutilización de frecuencias más eficientes.

II.2.9. Consideraciones sobre la tecnología

La tecnología GSM opera en configuración full dúplex en las bandas de frecuencias 800 MHz, 1800 MHz y 1900 MHz, con una combinación de técnicas FDMA (Frequency Division Multiple Access) y TDMA (Time Division Multiple Access).

Las bandas de frecuencias son:

GSM 900:

Uplink	880 – 915 MHz
Downlink	925 – 960 MHz
Separación Tx/Rx	45 MHz

Tabla 5.



GSM 1800/DCS 1800:

Uplink	1710 – 1785 MHz
Downlink	1805 – 1880 MHz
Separación Tx/Rx	95 MHz

Tabla 6.

GSM 1900/ PCS 1900:

Uplink	1850 – 1910 MHz
Downlink	1930 – 1990 MHz
Separación Tx/Rx	80 MHz

Tabla 7.

El sistema utiliza portadoras de radio de 200 KHz de ancho de banda, cada una de las cuales maneja 8 canales generados por medio de técnica TDMA (0,557 mseg por canal), es decir, aunque una portadora da servicio a 8 canales, en un instante dado sólo uno de esos canales está utilizando el ancho de banda disponible. Para prevenir interferencias, las BTS adyacentes usan diferentes grupos de frecuencias.

Con un espectro disponible de 5 MHz se obtiene un máximo de 25 canales de radio de 200 KHz de ancho de banda.

La tasa de transmisión digital en la interfaz aire es de 270 kbps.

Los codificadores de voz empleados son LPC: linear predictive coding. Estos reducen la tasa de bits a través de la aplicación de técnicas de compresión avanzadas.

La técnica de modulación utilizada es GMSK (Gaussian Minimum Shift Key), que es un método de modulación digital que optimiza el uso eficiente del espectro con una mínima tasa de error y los niveles de potencia requeridos para un correcto funcionamiento.

Por su parte, la operación lógica de dichos equipos se basa en la interacción entre la estación móvil (teléfono móvil) y las estaciones radiobases BTS, la cual se sustenta en base a



comunicaciones a través de radiofrecuencias bidireccionales conforme con un protocolo definido en el estándar GSM.

A su vez las BTS, tantas como sean necesarias para poder establecer comunicación con cualquier teléfono móvil GSM reconocido por la red dentro del área de cobertura, se interconectan entre sí a través de equipos controladores de radio base BSC, los que adicionalmente se interconectan entre sí por medio de un centro de conmutación MSC, el cual puede conectarse con otros MSC de la misma red, o a otras redes de servicios público, ya sean móviles y/o fijas.

La identidad de la estación móvil y su ubicación (a nivel de BTS) son manejadas por el HLR y el VLR.

De este modo un teléfono móvil puede conectarse a otro teléfono móvil de la misma red pasando por los siguientes nodos BTS, BSC, MSC, BSC, BTS, con la participación del HLR en el proceso de establecimiento de la llamada. Para contactarse con un terminal móvil o fijo de otra red, la conexión se hace a través de la interconexión del MSC correspondiente con la red asociada al terminal de destino.

II.2.10. Metodología de Planificación y Diseño

La estructura conceptual y técnica de las BTS condicionará la ubicación de las radio estaciones, a través de la Planificación de radio, la que tiene por finalidad realizar los cálculos de cobertura y capacidad con objeto de optimizar el despliegue de las estaciones bases (BTS) para cumplir los objetivos de calidad establecidos por la normativa local vigente.

Una vez determinadas las ubicaciones de las estaciones bases, se determinan las BSC, lo que condicionará el diseño de la red de transporte BTS – BSC, y las necesidades de conmutación, lo que permitirá diseñar la red de MSC y finalmente las necesidades de interconexión con las otras redes.



Para la ubicación de los BSC se considera principalmente:

- Condición geográfica.
- Necesidad de redundancias para asegurar la continuidad del servicio.
- Capacidades de controlar tráfico de voz.
- Agrupación mínima de BTS
- Mix óptimo entre la inversión requerida y los costos de troncalización entre las BTS y las BSC.

Uno de los proveedores para el diseño de la red de BSC es NOKIA.

- DX 200 BSC2i: NOKIA tiene dentro de sus productos BSC2i serie DX 200 como controladores digitales para esta red.

El BSC se dimensiona principalmente por la cantidad de TRX de las BTS que es capaz de manejar y administrar. De allí la nomenclatura de los productos:

BSC2i128 → BSC de 2ª Generación, de alta capacidad y con capacidad de controlar 128 TRX de BTS.

Un rack de BSC es capaz de controlar hasta 128 TRX. El dimensionamiento es en base a módulos que son capaces de controlar 64 TRX de BTS.

El tope de crecimiento es un BSC capaz de controlar 512 TRX de BTS. Luego, se requiere otro BSC.

Las dimensiones de un rack son: 2020 x 600 x 500 mm (Alto x Ancho x Profundidad).

Para los MSC, se consideró factores como:

- Distribución del tráfico en zonas geográficas para evitar transportes del mismo en forma no eficiente.
- Necesidad de redundancias para asegurar la continuidad del servicio
- Mix óptimo entre la inversión requerida y los costos de troncalización entre las BSC y los MSC.

El proveedor seleccionado en el diseño de la red de MSC es ERICSSON, quien suministra sus productos de Conmutación a través de la venta de paquetes, dicha solución esta



orientada a satisfacer una cierta necesidad de comunicación (volumen de tráfico, prestaciones, redundancias, etc). A estos productos les denomina “product package”.

El concepto de product package es contar con un sistema a nivel de nodo estándar que requiere condiciones estándares de espacio, energía, climatización, etc., lo que facilita la producción, despacho e instalación del producto.

Los product package están diseñados para que su elección sea óptima al dimensionar la cantidad de enlaces tipo E1 requeridas para el mismo.

Los condicionamientos legales, usados como datos de entrada para el diseño de radio son:

- Frecuencias disponibles.
- Potencia de emisión.
- Cobertura deseada.

Otros parámetros básicos de diseño de la red son:

- Niveles de cobertura.
- GOS: Grade Of Service.
- Eficiencia.

El **Grado de Servicio** mide la dificultad de utilizar un canal cuando se requiere la comunicación. Da una idea de la calidad del dimensionamiento.

Se emplea para dimensionar la capacidad de la red de radio (número de canales) y para dimensionar los sistemas de troncales de interconexión.

Respecto de la Calidad de Servicio de la red de radio, se considera una Probabilidad de bloqueo del 2%, lo que está acorde con las recomendaciones del estándar GSM y es una media de diseño de la Industria.

Para las redes troncales de interconexión, se considera una probabilidad de bloqueo del 1%, cifra más exigente respecto del acceso de radio, dado que la llamada está en progreso y



necesitamos terminarla para asegurar un uso eficiente de la red. El estándar de la industria en términos de interconexión es el valor señalado, que garantiza una calidad adecuada de acuerdo con la normativa vigente local.

El proceso de diseño de una red de radio debe contemplar un cierto factor de eficiencia máxima en el uso de los canales de tráfico, pues el proceso de diseño y construcción de red es un proceso que requiere de tiempo, y no se puede sacrificar la calidad del servicio por falta de capacidad de red de radio.

La **eficiencia** es el grado de utilización de los canales de tráfico de la red en la hora cargada para una determinada probabilidad de bloqueo y se mide porcentualmente como el total de erlangs cursados sobre el total de erlangs ofrecidos.

La evidencia empírica de la Industria a nivel nacional e internacional señala que es recomendable considerar una eficiencia máxima del 75%, con el fin de responder adecuadamente a las nuevas demandas de tráfico sobre la red de radio.

La potencia de transmisión de las estaciones bases dependerá del tipo de terminales para los que se planifica y la densidad de construcción del entorno donde se encuentran emplazadas las mismas.

Dependiendo del nivel de potencia de la estación base, puede ser necesario considerar en el enlace de recepción de las estaciones bases, LNA (Low Noise Amplifier) que son amplificadores de bajo ruido que permiten mejorar el desbalance que se produzca entre en down-link y el up-link. Lo anterior ocurrirá normalmente en las zonas rurales con celdas de amplia cobertura, lo que en términos medios, se evita en el presente diseño, para evitar problemas con los retardos de los datos de señalización y sincronismo.

El concepto celular consiste en reutilizar las frecuencias bajo niveles de potencia de emisión controlados, con el fin de optimizar el uso del espectro, al satisfacer necesidades de tráfico distribuidas en el espacio con las mismas frecuencias.



Lo anterior se traduce en diseños estructurados en base a modelos estándares de agrupación de estaciones bases que nacieron en la década de los ochenta con los primeros sistemas análogos.

Las agrupaciones de celdas se denominan en base al factor de reutilización K que toma el valor de la cantidad de estaciones bases que agrupa, siendo el estándar empleado en telefonía celular análoga igual a $K = 7$.

Para la telefonía digital, el factor de reutilización recomendado y ampliamente empleado en la Industria a nivel internacional es $K = 4$ (4 estaciones bases con 4 portadoras por sector y tres sectores en cada estación base). Sin embargo, el factor final, dependerá del espectro de frecuencias asignado, con el fin de asegurar una razón calidad eficiencia, adecuada.

El diseño de la red de radio se contempla en un Modelo de varias capas:

- **Cobertura:** Corresponde al diseño de las distintas radio bases para otorgar la cobertura al área de servicio de interés (BTS de cobertura), donde se conjugan factores como el área mínima requerida para obtener una licencia en un concurso nacional con el interés económico dado por la ubicación de los centros potenciales de demanda de tráfico y las zonas de cobertura necesarias para proporcionar un servicio de calidad (continuidad del servicio).

Se considera una BTS de cobertura con una capacidad promedio, dada por tres sectores, con 2 TRX cada sector, lo que permitirá ofrecer una capacidad de cursar tráfico de voz de 7,4 erlang por sector (empleando Modelo de Tráfico Erlang B). Un timeslot se emplea como señalización por cada TRX, quedando $7 \times 2 = 14$ timeslot para tráfico de voz por sector.

- **Capacidad:** Corresponde al diseño de las radio bases necesarias para potenciar la capacidad de cursar tráfico en los sectores de mayor demanda y de alta concentración de personas como las ciudades.

Se considera una BTS con una capacidad promedio dada por tres sectores con 3 TRX por cada sector, lo que permitirá ofrecer una capacidad de cursar tráfico de voz de 14,0 erlang por



sector. Se considera el uso de un timeslot para señalización por cada TRX, quedando $7 \times 4 = 28$ timeslot para tráfico de voz por sector.

El empleo de un timeslot para señalización por cada TRX permite optimizar el acceso a la red de radio de parte de los suscriptores.

- Calidad: Corresponde al diseño de las radio bases necesarias para atender aquellas necesidades de potenciar el nivel de señal en la red por zonas sombras, zonas no cubiertas u otras zonas afectadas por fenómenos de la propagación, y que correspondan a áreas geográficas grandes que ameriten la instalación de una BTS.

Se considera una BTS de calidad con una capacidad dada por tres sectores con 2 TRX cada sector, lo que permitirá ofrecer una capacidad de cursar tráfico de voz de 7,4 erlang. Un timeslot se emplea como señalización por cada TRX, quedando $7 \times 2 = 14$ timeslot para tráfico de voz por sector.

- Microceldas: Corresponde al diseño de las radio bases tipo microceldas para atender zonas especiales con alta demanda de tráfico o de alta concurrencia como ocurre normalmente en los centros urbanos.

Se consideran BTS tipo micro celda con una capacidad dada por un sector con 1 a 4 TRX dependiendo de la demanda de tráfico del sector, lo que permitirá ofrecer una capacidad de cursar tráfico de voz entre 2,9 erlang y 20,15 erlang, lo que significa entre 7 timeslot y 28 timeslot para cursar tráfico.

- Sistemas Especiales: Corresponde al diseño de soluciones especiales indoor para atender ciertos sectores de alta concurrencia y gran demanda de tráfico como hoteles, edificios corporativos, metro, aeropuertos, túneles.

Normalmente se emplean sistemas distribuidos en base a una microcelda y sistemas de distribución en base a fibra óptica, amplificadores, divisores de señal y antenas especiales, o bien sistemas en base a cable radiante. La solución específica dependerá de la necesidad particular.



Se consideran BTS tipo microcelda más los anciliares señalados en el párrafo anterior con una capacidad dada por un sector con 1 a 4 TRX dependiendo de la demanda de tráfico del sector, lo que permitirá ofrecer una capacidad de cursar tráfico de voz entre 2,9 erlang y 20,15 erlang, lo que significa entre 7 timeslot y 28 timeslot para cursar tráfico.

Uno de los proveedores para el diseño de la red de radio es NOKIA.

NOKIA contempla entre sus productos para GSM principalmente dos tipos de BTS:

- **BTS Metrosite**: Es la BTS tipo microcelda orientada a dar servicio a pequeñas zonas en áreas de alta densidad urbana.

Las dimensiones son: 954 x 310 x 215 mm (Alto x Ancho x Profundidad).

Puede ser configurada omnidireccional o sectorizada (3 sectores), con 1 a 4 TRX (transceptor) por cada sector.

Cada TRX es de 5 watts de potencia (+36,9 dBm).

Posee diversidad en recepción.

- **BTS Ultrasite**: Es la BTS macrocelular para dar solución de cobertura a zonas de alta densidad de tráfico y gran extensión.

Las dimensiones de un gabinete son: 1800 x 600 x 622 mm (Alto x Ancho x Profundidad).

Puede ser configurada omnidireccional o sectorizada (3 sectores), con 1 a 12 TRX (transceptor) por cada sector.

Cada TRX es de 28 watts de potencia (+44,5 dBm).

Posee diversidad en recepción.

Cada gabinete puede contener hasta un máximo de 12 TRX.

Una BTS puede configurarse agrupando gabinetes hasta 9 gabinetes: 108 TRX.

Para dar solución a problemas puntuales de cobertura o de calidad no adecuada de señal en las ciudades como las zonas de sombra producidas por la densidad de construcción por ejemplo, se emplean soluciones que logren un buen compromiso calidad de servicio versus costo de la solución: se consideran repetidores celulares de fibra óptica, que toman la señal de una



BTS, la transportan vía fibra óptica hasta el repetidor (lo que garantiza una pérdida de señal despreciable), y la amplifican a los niveles deseados para el sector.

Otro proveedor para el diseño de una red celular es ALLGON, quien ha demostrado a nivel internacional, ser un proveedor confiable en materias de Antenas y equipos de apoyo a las redes de telecomunicaciones móviles como los repetidores de señal.

- Repetidor Allgon AR-3100: Es un repetidor que permite manejar entre uno a cuatro TRX. Se conecta a la estación base a través de fibra óptica. Está diseñado para trabajar con un GOS del 2%.

Entregan una potencia de salida de + 30 dBm (4 TRX). La ganancia es ajustable en pasos de 1 dB entre 50 dB y 90 dB.

Las dimensiones son: 440 x 530 x 174 mm (Ancho x Alto x Profundidad).

II.2.11. Características de las instalaciones

II.2.11.1. Ubicación de las radio estaciones

Para la ubicación de los distintos nodos de red se utilizan varios criterios técnicos de despliegue de red, entre otros: la topografía del terreno, la dispersión geográfica de la población, la necesidad de que las comunicaciones no se interrumpan aunque el cliente este en movimiento. Asimismo se consideran soluciones especiales para dar cobertura en zonas de alto tráfico de personas, como pueden ser las grandes tiendas, mall, supermercados, túneles, hoteles, centros de eventos, estacionamientos subterráneos, etc. Es así como nace In-Building (que va a hacer explicado detalladamente mas adelante).

Asimismo se tienen que considerar las distintas normativas legales vigentes a la fecha, entre otras las referidas a la potencia de radiación de las distintas antenas; y a las distintas normas de urbanismo y de construcción, las cuales son diferentes en cada de los sectores dependiendo del zona donde se tenga que realizar la construcción.



II.2.11.2. Potencia

La potencia máxima nominal de los equipos en las Estaciones Base es de 45 dBm (31,6 Watt) por portadora de radio, y la potencia máxima nominal de los equipos de las estaciones móviles es de 30 dBm (1 Watt).

Para todos los casos se da estricto cumplimiento a lo estipulado en la normativa vigente. La cual según las declaraciones de la Subsecretaria de telecomunicaciones “Los estándares establecidos en la nueva normativa son más exigentes que los que existen actualmente en Estados Unidos y Europa”.

Dicha norma establece “una densidad de potencia máxima de 435 mW/cm² para la radiación a la cual pueden estar expuestas las personas. De esta forma la empresa eficiente ajustó las condiciones de potencia, altura y/o distancia de las antenas considerando las características particulares de cada una (potencia, frecuencia, ubicación geográfica, altura de torre), con el objeto de dar cumplimiento a la norma.

Adicionalmente también se consideraron las recomendaciones de dicha normativa referida a: Modificar la altura de las torres para que en las zonas de libre circulación de las personas la densidad de potencia sea menor a 435 mW/cm².

La instalación de cercos para impedir el acceso al área determinada como de riesgo; el reforzamiento de torres para impedir escalamientos; La puesta de letreros y señalética de advertencia y adecuación de microceldas y antenas instaladas en las azoteas.

II.2.11.3. Características técnicas de los sistemas radiantes

En la tabla siguiente se muestra un resumen de las características técnicas de las antenas Direccionales y Omnidireccionales a utilizar en las diferentes Estaciones Bases.



Características de las Antenas:

Tipo	Haz del Horizonte (grados)	Ganancia (dBd)	Banda (MHz)
Direccional	65	15,9	1900
Direccional	65	17,4	1900
Omnidireccional	----	8,9	1900

Tabla 8.

II.2.11.4. Interconexiones

Para la interconexión con la Red Pública Telefónica, se considera el dar estricto cumplimiento a lo dispuesto en el artículo 25° de la ley N°18.168, General de Telecomunicaciones, y a toda normativa legal y reglamentaria vigente. De esta manera, se garantizará que los suscriptores y usuarios de servicios públicos del mismo tipo puedan comunicarse entre sí, dentro y fuera del territorio nacional, garantizando, asimismo, a sus clientes el acceso hacia y desde la Red Pública Telefónica.

II.2.11.5. Medios de Transmisión

Toda conexión y/o enlace necesario para implantar el proyecto técnico será efectuada a través de medios propios y/o de terceros. Lo anterior se refiere a las conexiones entre las estaciones base y sus respectivos controladores de estación base, a las conexiones entre éstas y sus respectivos centros de conmutación, como asimismo, entre centros de conmutación. De igual manera, se considera la interconexión con la red pública telefónica.

Se consideran criterios de redundancia de enlaces de las rutas principales (entre MSC) por rutas distintas: una ruta con medios de terceros y una vía alternativa con medios propios a través de una red de microondas propia.

Con la finalidad de garantizar que el tráfico que está siendo procesado por una central llegue a su destino, se consideran rutas de desbordamiento a través del alquiler de medios conmutados para cada central lo que ayuda a mejorar la eficiencia de troncalización. Se emplea un 5% de la necesidad de tráfico de salida de la central como criterio de diseño de las rutas de desbordamiento.



Adicionalmente se consideraron medios de transmisión (enlaces de datos) para interconectar una red Lan, para interconectar las distintas dependencias del área de explotación.

II.2.12. Criterios de diseño de la red

II.2.12.1. Cálculo de cobertura

Para el diseño de una red de radio, se considera la necesidad de dar cobertura:

- a) En comunas y áreas con mas de 2.500 habitantes.
- b) Principales carreteras de un país en especial las principales carreteras transversales.
- c) Edificios y zonas de gran transito y afluencia de público, como: grandes tiendas, grandes supermercados, principales hoteles y edificios de un país y los distintos mall.
- d) Asimismo se consideró la necesidad de dar cobertura en los centros vacacionales tanto de invierno como los centros de ski, así como los principales balnearios de un país.

II.2.12.2. Conversión minuto erlang

La conversión de trafico a erlang se estimó como factor de conversión minuto erlang de 0,00013 mili erlang, dicho factor es usado empíricamente en la industria, para el diseño de las distintas redes de telefonía móvil.

II.2.12.3. Criterios de cobertura para las distintas BTS

Para facilitar el modelamiento de las distintas BTS consideradas en el diseño de la red de la empresa eficiente, se consideraron dos tipos de BTS: microceldas y macroceldas.

Asimismo las macroceldas se subdividieron en dos: urbanas y rurales. Para las radiobases urbanas se considero un área de cobertura de 350 km²; Asimismo para las urbanas se considero un área de cobertura de 15 km².



Las BTS microceldas son usadas principalmente en las zonas urbanas y en las distintas soluciones especiales In-Building, como por ejemplo los Mall, grandes tiendas, estacionamientos subterráneos, etc.

II.2.12.4. Criterios de capacidad para las distintas radios bases (BTS)

Para dimensionar las distintas BTS de tráfico, se consideró una capacidad media de tráfico/ BTS de 30 erlang.

Asimismo para las capacidades consideradas para las BTS de cobertura, se consideró una capacidad media de tráfico / BTS de 8 Erlang.

II.2.12.5. Capacidad teórica de la radio bases (BTS)

Para el diseño de la red eficiente se considera las recomendaciones del fabricante, en cuanto a que la capacidad teórica de cada una de las BTS no debiese superar el 80% de la capacidad total de ésta.

II.2.12.6. Otros criterios técnicos

Para el diseño de la red de radio se han considerado en el diseño el uso de dos tipos de estaciones base (BTS) de acuerdo a la naturaleza del área de servicio objetivo: estaciones base macro (UltraSite) y estaciones base micro (MetroSite).

En la distribución de las estaciones base a lo largo de toda una red, se ha considerado la asignación de cada una de estas a los distintos BSC de acuerdo a criterios de optimización de tráfico, capacidad, seguridad y costos asociados.

A partir de la estimación de tráfico, se procede a asignar proporcionalmente la cantidad de abonados por sector. Se considera que cada abonado genera un tráfico de 13 mili erlang. En especial se considera la necesidad de mantener las comunicación el 90% del tiempo y 90% de las ubicaciones, la no discriminación entre el servicio prestado a los clientes propios y de terceros, etc.



II.2.12.7. Criterio para dimensionar Repetidores de Radio Frecuencia

El criterio para dimensionar los repetidores de radio frecuencia se base en la necesidad de contar con a lo menos 6 repetidores por cada 100 radio bases.

II.2.12.8. Criterio para dimensionar Controladores Radios bases (BSC)

Los criterios que se usan para dimensionar los distintos BSC, se centran básicamente en dos:

- La necesidad de optimizar los costos de transmisión de conmutación.
- Asimismo se considera que en máximo de sectores que tiene una BSC es de 248; con una capacidad de ocupación promedio de un 80% según especificaciones de los proveedores.

II.2.12.9. Criterio para dimensionar los Centro de Conmutación (MSC)

Los criterios que se utilizan para el diseño de una red de conmutación se centra en la necesidad de dotar a la red de la empresa eficiente de la seguridad necesaria para la prestación óptima de los servicios. Asimismo se tiene que considerar la necesidad de optimizar la red de transporte interconexión de la empresa eficiente.

Los criterios para dimensionar la red de conmutación son básicamente dos: uno referido a la necesidad de optimizar la red de transporte. Estos MSC no necesariamente dependen del tráfico. Si no, como una forma de optimizar la red de transporte y transmisión.

Adicionalmente se considera que cada 5.000 erlang se requiere una central de conmutación (MSC) a objeto de tener distribuido las distintas centrales a lo largo del país.



II.2.12.10. Criterios para dimensionar HLR

Los criterios usados para dimensionar los distintos HLR son básicamente dos: las recomendaciones del proveedor y la necesidad de dotar a la red de la empresa eficiente de la seguridad necesaria para prestar el servicios a los distintos abonados.

- **Recomendaciones del proveedor**

Se refieren a que el HLR viene con una capacidad para 750.000 abonados. A partir de esa cifra el proveedor recomienda el uso de una segunda máquina.

- **Criterios de Seguridad**

Se considera la necesidad de contar con HLR distribuidos a objeto que si uno de ellos se estropea se cuente con el respaldo necesario para que la red funcione en condiciones optimas.

II.2.12.11. Topología de red

La red GSM contempla la instalación de los distintos nodos necesarios para el óptimo funcionamiento de la red. El dimensionamiento de los mismos se explica más adelante de este documento denominado “**Dimensionamiento de los distintos elementos de red**”.

II.2.12.12. Señalización

Los protocolos de señalización estándar a utilizar en la red GSM son:

- Señalización ITU-T N° 7 protocolo MAP (Mobile Application Protocol) entre MSC y HLR
- Señalización ITU-T N° 7 protocolo ISUP (ISDN Service User Part) para el establecimiento de llamadas.



II.2.12.13. Transmisión

Las interfaces de transmisión para cada elemento de red son las siguientes:

- Estaciones Base (BTS), interfaz de transmisión 2 Mbps (G.703, tal como lo define la ITU-T), con protocolo de señalización Abis.
- Controlador de Estaciones Base (BSC), realiza la decodificación del canal de voz comprimido (8/16 Kbps a 64 Kbps), para su interconexión hacia el centro de conmutación móvil (MSC) utilizan interfaces de 2 Mbps y protocolo estándar A.
- Centros de Conmutación (MSC) utilizan interfaces de 2 Mbps G.703 y protocolo estándar A.
- Los nodos de registro de localización (HLR), utilizan interfaces señalización (64 Kbps o 2 Mbps) e interfaces de datos TCP/IP

Los medios de transmisión entre los diferentes elementos de red serán propios y/o de terceros.

II.2.12.14. Supervisión

La red a implementar contempla una plataforma de supervisión, operación y mantenimiento centralizada, con acceso a todos los elementos de red, utilizando un protocolo propietario del proveedor de equipos.

II.2.13. Método utilizado para el cálculo de la zona de cobertura

II.2.13.1. Descripción del método de cálculo de coberturas

El método empleado para el cálculo de las zonas de cobertura, corresponde a un método, que desarrollo ERICSSON y se llama PROPAGATION ALGORITHM 9999: FUNCTIONAL SPECIFICATION, de acuerdo al modelo de Okumura, de amplia aceptación y uso en la industria. Se describen las principales características del método de cálculo 9999.



II.2.13.2. Descripción General

El algoritmo 9999 calcula la pérdida para ondas electromagnéticas entre dos coordenadas, la coordenada del transmisor y la coordenada del receptor. El algoritmo considera las variaciones de elevación de terreno (perfil) y las características del suelo (clutter) como, por ejemplo, bosques, áreas construidas y campos de uso agrícola.

La pérdida es calculada para una trayectoria entre la antena del transmisor y la antena del receptor a lo largo de un perfil de la sección transversal del terreno.

Las variaciones de elevación y uso de la tierra (bosques, área de cultivo, casas y edificios, etc.) son ingresadas en la forma de una base de datos de terreno obtenida de la digitalización de las curvas de nivel del terreno, las que a su vez se extraen desde cartas geográficas impresas. Además, las características del terreno son individualizadas a través de clutters en los que se especifica la pérdida característica por tipo de terreno. La pérdida de señal de ondas de radio, también, depende de la frecuencia y las alturas de las antenas del transmisor y receptor, respectivamente.

Originalmente, el algoritmo está basado en las mediciones de propagación de onda de Y. Okumura en Japón para las que M. Hata desarrolló una fórmula matemática basada en las mediciones de Okumura, haciendo los cálculos más fáciles. Aquel modelo, denominado actualmente como Modelo Okumura-Hata, fue optimizado por Ericsson en Suecia, mediante un gran número de mediciones de propagación.

II.2.13.3. Rango de validez modelo de cálculo

El algoritmo es aplicable en rangos de frecuencia desde 150 MHz a 2 GHz, usando los parámetros de predicción adecuados y los valores de clutter adaptados al terreno sobre el que se aplica el modelo.

La altura de la antena del receptor (el móvil) debe estar entre 1 a 5 metros del suelo.



II.2.13.4. Información de entrada requerida por el modelo

El algoritmo requiere una cierta cantidad de información de entrada tal como el perfil de terreno (obtenido desde la base cartográfica digitalizada), parámetros específicos (adaptados a la banda de frecuencia a considerar), constantes y clutters de uso de terreno, según se indica en el siguiente diagrama de bloques.

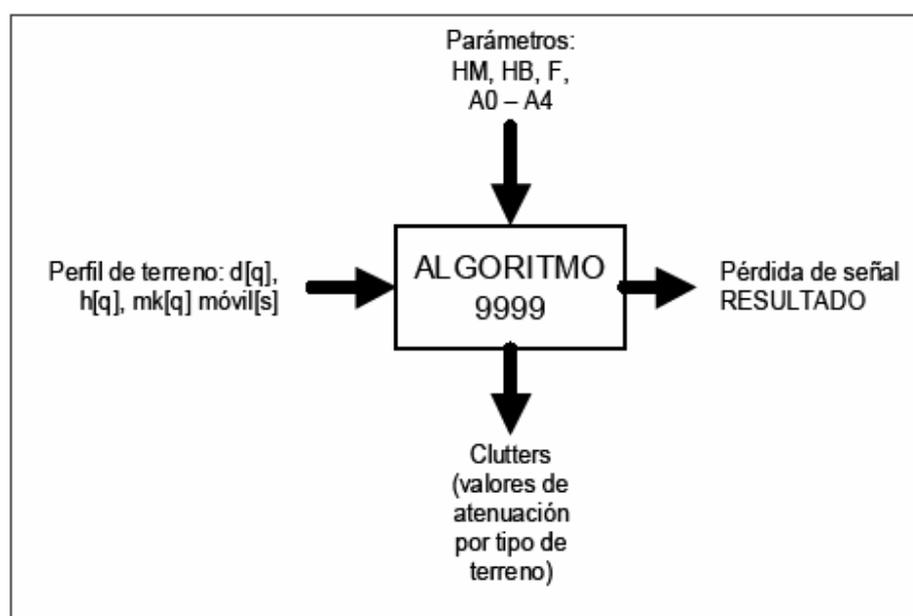


Figura 7. Algoritmo 9999.

II.2.13.5. Perfil de Terreno

El perfil de terreno permite describir la topografía a lo largo de una línea recta entre la posición del transmisor y la del móvil (ver Figura N° 7). El perfil de terreno está definido como un vector formado por puntos topográficos.

Para cada punto topográfico, existen valores correspondientes a las siguientes variables de interés:

Este vector (H) contiene la elevación de terreno sobre el nivel del mar en cada punto, pudiendo ser un entero positivo o negativo. El vector Mk contiene el código de clutter



correspondiente, el que consiste en un número entero que simboliza los diversos tipos de terreno definidos.

Elevación de terreno	H	[mts]
Distancia	D	[mts]
Código de uso de tierra	Mk	

Tabla N° 9.

Los cálculos de pérdida de señal deben hacerse con relación a ciertos puntos topográficos pertenecientes al perfil de terreno. En este contexto, estos puntos serán llamados puntos móviles.

Los puntos móviles a lo largo de los perfiles de terreno pueden considerarse como un vector móvil. El valor en el vector móvil es el índice del punto topográfico en el perfil de terreno en el cual se le hace el cálculo, tal como se puede apreciar en la figura siguiente.

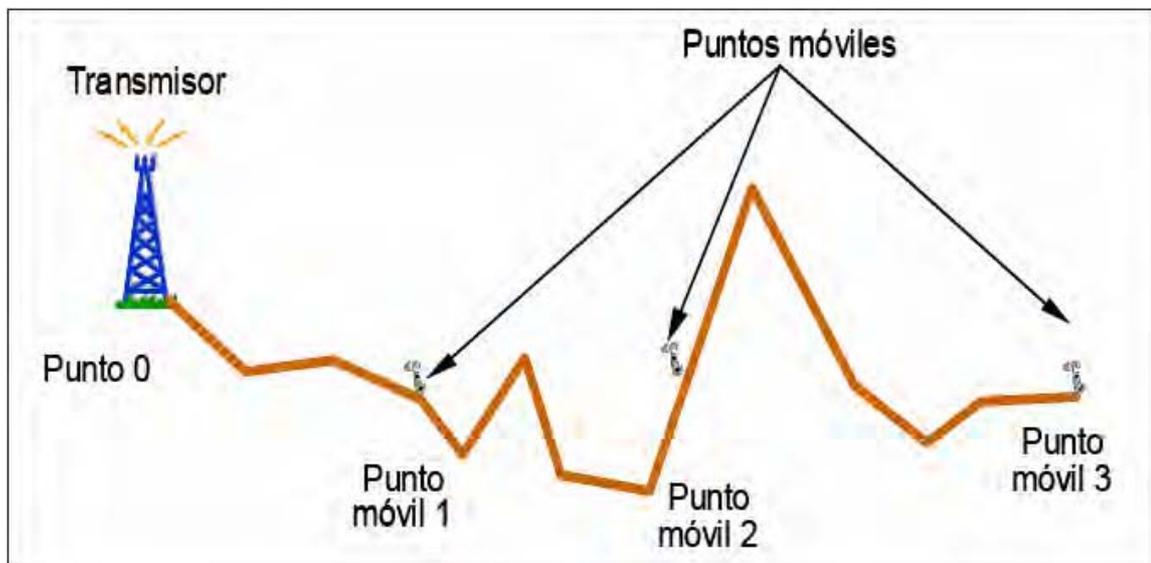


Figura 8. Perfil de Terreno.



II.2.13.6. Parámetros del modelo

Para efectos de realizar los cálculos de cobertura, el modelo requiere de ciertos parámetros para su algoritmo. Estos parámetros son específicos del tipo de banda sobre la que se desea trabajar, por ejemplo la altura de la antena del transmisor (HB) y la altura de la antena del receptor (HM) y la frecuencia del enlace.

Asimismo, los parámetros de predicción A0, A1, A2, A3 y A4 son valores adaptados empíricamente y son obtenidos a partir de mediciones de terreno.

II.2.13.7. Clutters

Las tablas de valores de clutters consisten en tablas que contienen un valor de pérdida de difracción en decibeles [dB], para cada tipo o código de terreno. Este valor debe corresponder a la pérdida de señal adicional, debida al terreno, la cual ocurre cuando el receptor está ubicado dentro de este tipo de terreno.

Ya que la magnitud de estas pérdidas es además dependiente de la frecuencia, cada clutter tendrá valores distintos para cada banda de frecuencia.

También debe considerarse que los valores de pérdida varían levemente dentro de un mismo tipo de área y además varían en el tiempo. Por ejemplo, la pérdida por vegetación es más alta en verano cuando hay hojas en los árboles si se la compara con la del invierno.

II.2.13.8. Descripción de los bloques funcionales principales del algoritmo

El valor de pérdida de señal obtenido a partir del algoritmo 9999 considera principalmente el efecto de los siguientes variables:

- Las ecuaciones de propagación de onda de Okumura-Hata con la modificación de los parámetros de predicción A0 – A4.



- Pérdida adicional que surge cuando la onda de propagación es perturbada como por ejemplo cumbres de montaña u otras obstrucciones graves. Para este caso, el modelo considera en su algoritmo el efecto denominado “filo de cuchillo”.
- Cuando la distancia entre el transmisor y el receptor llega a ser suficientemente larga, la curvatura de la tierra perturbará la propagación de la onda. La pérdida adicional causada por esto se calcula usando el algoritmo de tierra esférica.
- Pérdida de señal debido a los valores de clutter.

El algoritmo de cálculo 9999 puede ser representado en forma general por el diagrama en bloques de la Figura N° 8, donde se identifican aquellos procesos más relevantes en orden de ejecución, para finalizar en el valor predictivo de cobertura.

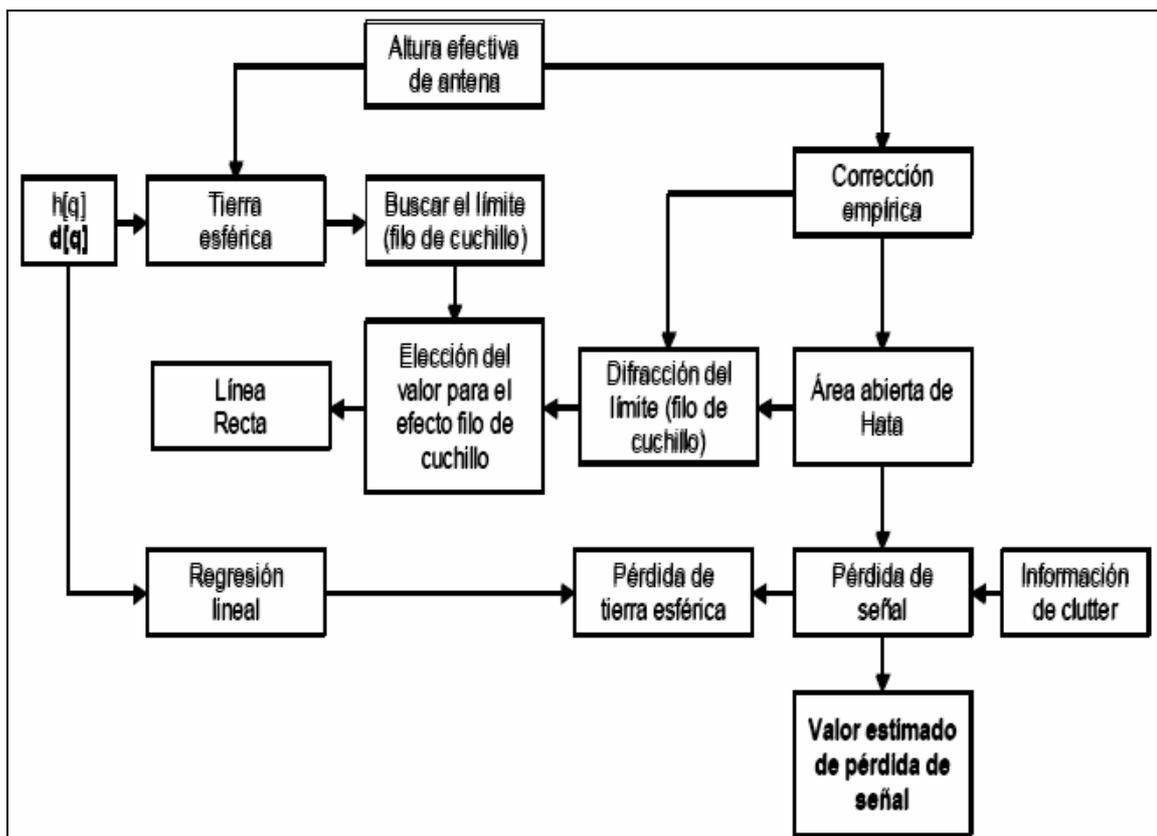


Figura N°9. Diagrama de Bloques modelo cálculo 9999.



II.2.13.9. Tierra esférica

La tierra es casi esférica, pero en una base de datos topográfica, obtenida a partir de la digitalización de cartas geográficas impresas, la tierra es descrita como si fuera plana.

Esto, porque los valores incluidos son obtenidos a partir de los valores de elevación respecto del nivel del mar para cada punto en particular. Con esta información, se describe un perfil de terreno para los cálculos de cobertura, sin embargo este perfil no contiene el efecto de la curvatura de la tierra.

A través de un módulo denominado “Tierra Esférica”, se corrige el perfil de terreno anterior incluyendo las variaciones ocasionadas por la curvatura de la tierra. El nuevo perfil de terreno corregido describe la topografía considerando el efecto de la curvatura de la tierra en todas las direcciones a partir de la ubicación del transmisor.

II.2.13.10. Algoritmo para el efecto Filo de Cuchillo

Esta parte del algoritmo calcula la pérdida de difracción que surge si, por ejemplo, hay una cumbre de montaña entre el transmisor y el receptor y por lo tanto, se interpone a la propagación de las ondas de radio.

En éste contexto, “filo de cuchillo” se refiere a la difracción provocada en la trayectoria de la señal por la elevación más alta de la tierra a lo largo del perfil de terreno.

El criterio para seleccionar cuál cumbre será considerada como la más perturbadora para el receptor consiste en seleccionar aquella que cae dentro de la primera zona de Fresnel lo que obviamente dependerá de la posición del receptor. A partir de un módulo es posible identificar la cumbre que provoca el valor más alto de pérdida de difracción según el criterio antes mencionado.

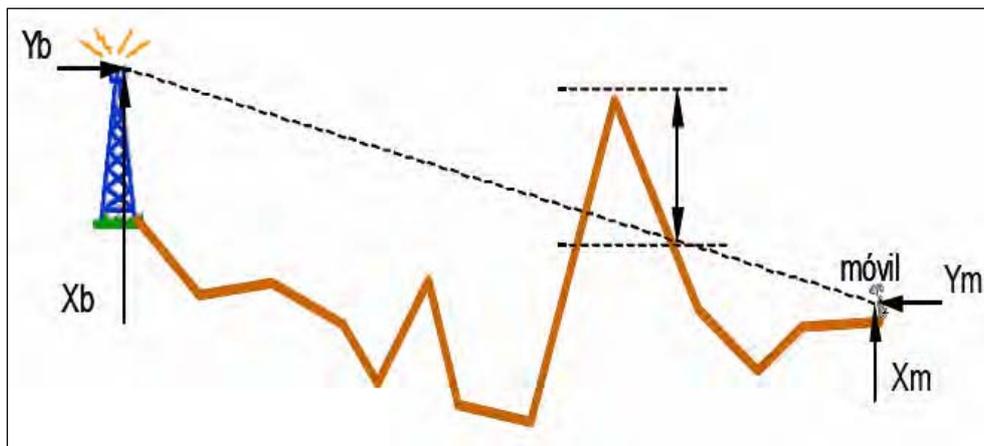


Figura N° 10. Efecto “Filo de Cuchillo”.

II.2.13.11. Altura de antena efectiva

El concepto de altura efectiva de la antena se refiere a un valor de altura de antena que ha sido corregida considerando la topografía y el perfil de terreno. Se trata de calcular un valor de altura de la antena que corresponda aproximadamente a la altura real de la antena.

El cálculo de la altura de antena efectiva (HEB) se hace en dos etapas: Primero se calcula matemáticamente la altura de antena efectiva y luego el valor calculado se ajusta “empíricamente” (HEBK).

Ericsson ha realizado varias mediciones de potencia de señal en terreno. Los resultados de estas mediciones han mostrado que la altura de antena efectiva calculada debe ser ajustada cuando hay un efecto filo de cuchillo entre el transmisor y el receptor.

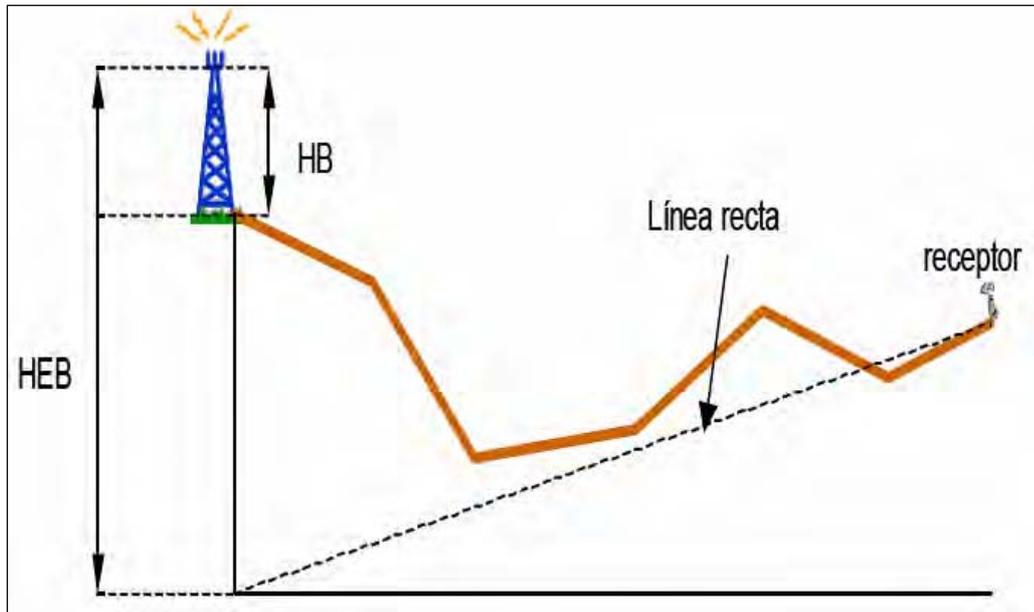


Figura N° 11. Altura de antena efectiva.

II.2.13.12. Algoritmo para la curvatura de la tierra (algoritmo de tierra esférica)

Aunque la tierra estuviera completamente libre de elevaciones de terreno entre el transmisor y el receptor, no habría visibilidad total entre ellos si la distancia es lo suficientemente grande.

El algoritmo de tierra esférica calcula la pérdida de difracción (JDFR) que surge a grandes distancias desde el transmisor debido a la curvatura de la tierra, tal como se muestra en la Figura N° 10. En conjunto con la escasa visibilidad (gracing), el valor de la pérdida de difracción se asume igual a 20 dB.

El JDFR tiene efecto sólo a grandes distancias desde el transmisor y si el perfil de terreno está relativamente libre de variaciones de elevación. De otro modo, la difracción debida al efecto filo de cuchillo hace que el efecto de la curvatura de la tierra sea despreciable. Por lo tanto, se identifica la línea recta que mejor corresponda a las variaciones de elevación de terreno entre el transmisor y el receptor y se adapta de acuerdo al perfil de terreno original.



Las “alturas de antena efectivas” para el transmisor (JHEB) y el receptor (UEM) se calculan de acuerdo a ésta línea recta. Luego, la pérdida de difracción (JDFR) se calcula sobre la base de JHEB y UEM.

Las “alturas de antena efectivas” para el transmisor (JHEB) y el receptor (UEM) se calculan de acuerdo a ésta línea recta. Luego, la pérdida de difracción (JDFR) se calcula sobre la base de JHEB y UEM.

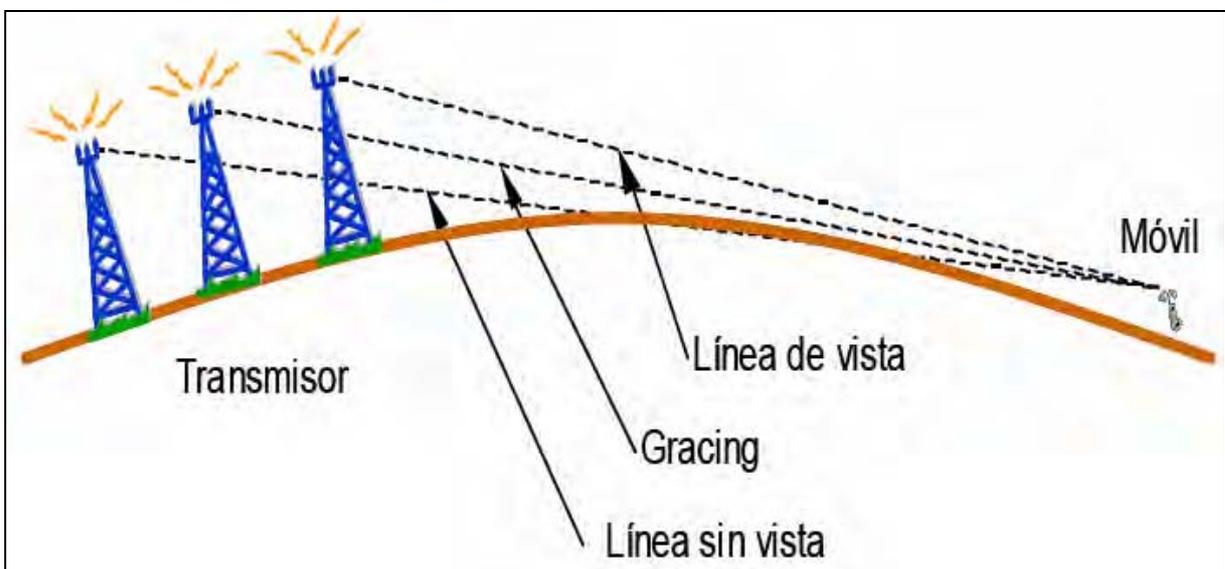


Figura N°12. Algoritmo de tierra esférica.

II.2.13.13. Cálculo para área abierta de HATA

La ecuación de propagación en área abierta de Okumura-Hata es:

$$HOA = A0 + A11 + A2 \cdot \log HEBK + A3 \cdot \log HEBK \cdot \log D - 3.2 \cdot \{\log(11.75 \cdot HM)\}^2 + g(F)$$

$$\text{where } \left\{ \begin{array}{l} A11 = \begin{cases} A1 \cdot \log D & \text{if } KDFR \leq 6dB \\ A4 \cdot \log D + (A1 - A4) \cdot \log DOB & \text{if } KDFR > 6dB \end{cases} \\ g(F) = 44.49 \cdot \log F - 4.78(\log F)^2 \end{array} \right.$$



HOA	Valor para la propagación de Hata en zona abierta.
A0, A1,A2,A3 y A4	Parámetros propios de la zona y frecuencia de cálculo.
HEBK	Altura efectiva de la antena corregida empíricamente.
HM	Altura de la antena del móvil.
D	Distancia del enlace.
KDFR	Valor de pérdida de difracción.
DOB	Distancia al punto de obstrucción mas alto.
g(F)	Variable del algoritmo y depende solamente de la frecuencia, será la misma para todos los puntos móviles en un área de predicción.

II.2.13.14. Valor estimado total de pérdidas

Las diversas pérdidas de difracción tales como, la difracción por el efecto de filo de cuchillo, el algoritmo de cálculo del efecto de la curvatura de la tierra y el cálculo de área abierta de Okumura-Hata, además de los valores debido a las características del terreno (clutters) conforman el valor predictivo de la pérdida de señal para la cobertura.

II.2.13.15. Características y antecedentes del método de cálculo

El método de cálculo de zonas de cobertura empleado en el proyecto técnico es denominado Algoritmo de Propagación 9999 y está basado en el modelo de propagación conocido como Okumura-Hata.

Este modelo ha sido adecuado para manejar distintos tipos de terreno y es válido hasta frecuencias de 2 GHz. El método de cálculo usa perfiles de terreno entre el transmisor y el receptor extraídos a partir de bases de terreno topográficas, las que a su vez son obtenidas de la digitalización de cartas geográficas oficiales.

Los cálculos de las pérdidas de trayectoria están basados en variaciones de altura a lo largo del perfil topográfico, considerando las contribuciones de efectos de difracción, curvatura de la tierra, tipo de área y correcciones empíricas.



II.2.13.16. Parámetros del método de cálculo

Para aumentar la exactitud de las predicciones de cobertura realizadas con el método de cálculo 9999, es necesario optimizar el modelo. Esta optimización se realiza a través de mediciones de radiofrecuencia en las diferentes áreas de interés. Estos datos son recolectados y con ellos los parámetros del modelo son adaptados a los resultados de las mediciones. Este proceso es conocido como Radio Survey.

Los parámetros del modelo de cálculo 9999 y su valor correspondiente se incluyen en la tabla siguiente:

Parámetros modelo de propagación

Parámetro de predicción		Pérdida (dB)
A0		32,9
A1		30,7
A2		-12,0
A3		0,1
A4		20,7
Clutter	Atenuación (dB)	Desviación estándar
Área densa urbana	19,0	-
Área urbana	15,6	5,2
Área media urbana	15,6	5,2
Área Suburbana	8,8	7,1
Clutter	Atenuación (dB)	Desviación estándar
Bosques	13,0	-
Arbustos	15,0	-
Cultivos, siembras, huertas	2,9	7,3
Vegetación natural	13,0	-
Salares	0,0	-
Desierto, espacio abierto	5,0	1,3
Lagos, ríos	0,0	-
Mar	0,0	-

Tabla N°10.

II.2.14. Herramienta de cálculo para la Red GSM

La herramienta utilizada en los cálculos de cobertura se denomina comercialmente como TEMS CELL PLANNER de Ericsson.



II.2.15. Dimensionamiento Sistema “PLANET”

El sistema PLANET es una herramienta para graficar el despliegue de las distintas estaciones de radio bases, realiza predicciones de futuras Radio Estaciones Base, se usa principalmente en ingeniería de radio. Como casi todos los sistemas informáticos requiere de un gran pc debido a la cantidad de información que tiene que manejar para realizar las proyecciones, ya que en estas se trabaja con coordenadas y mapas que consideran los obstáculos como cerros y edificios, adicionalmente tiene que tener la información de los otros sitios que ya están funcionando, para ver la interferencia que se puede producir entre un sitio y otro. Esto tiene como consecuencia que la información va aumentando el volumen de datos.

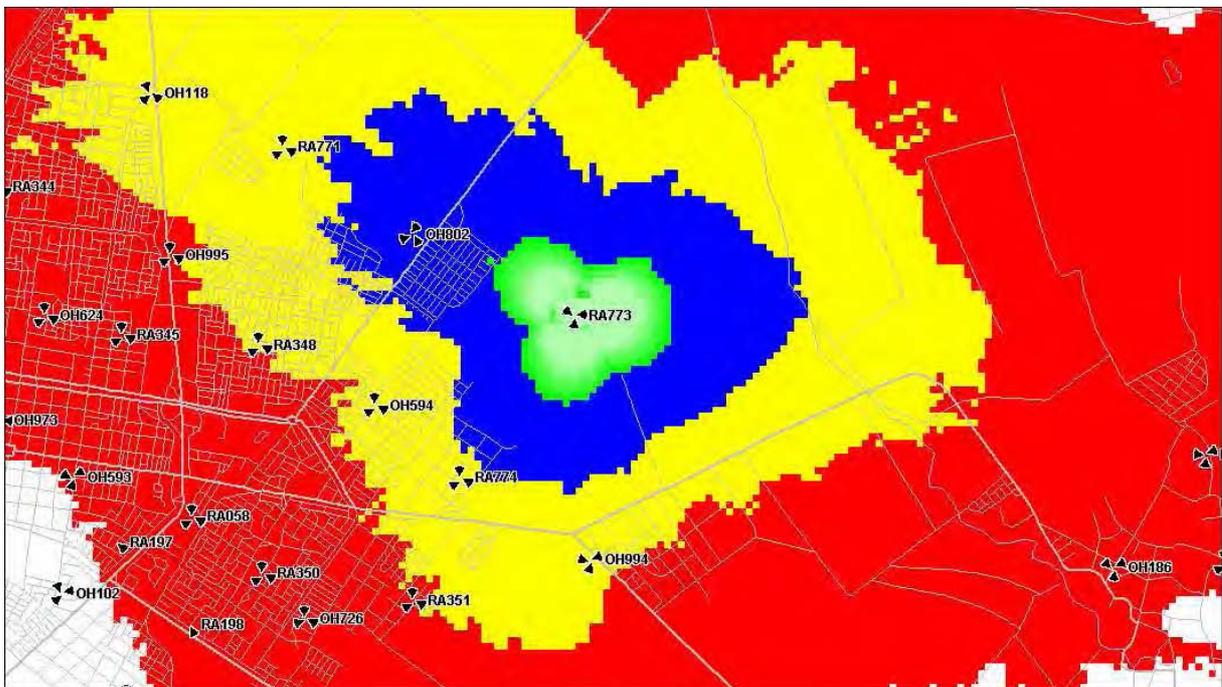


Figura 13. Plot de Proyección de un sitio nuevo de celular GSM 1900(MHz), funcionando solo.

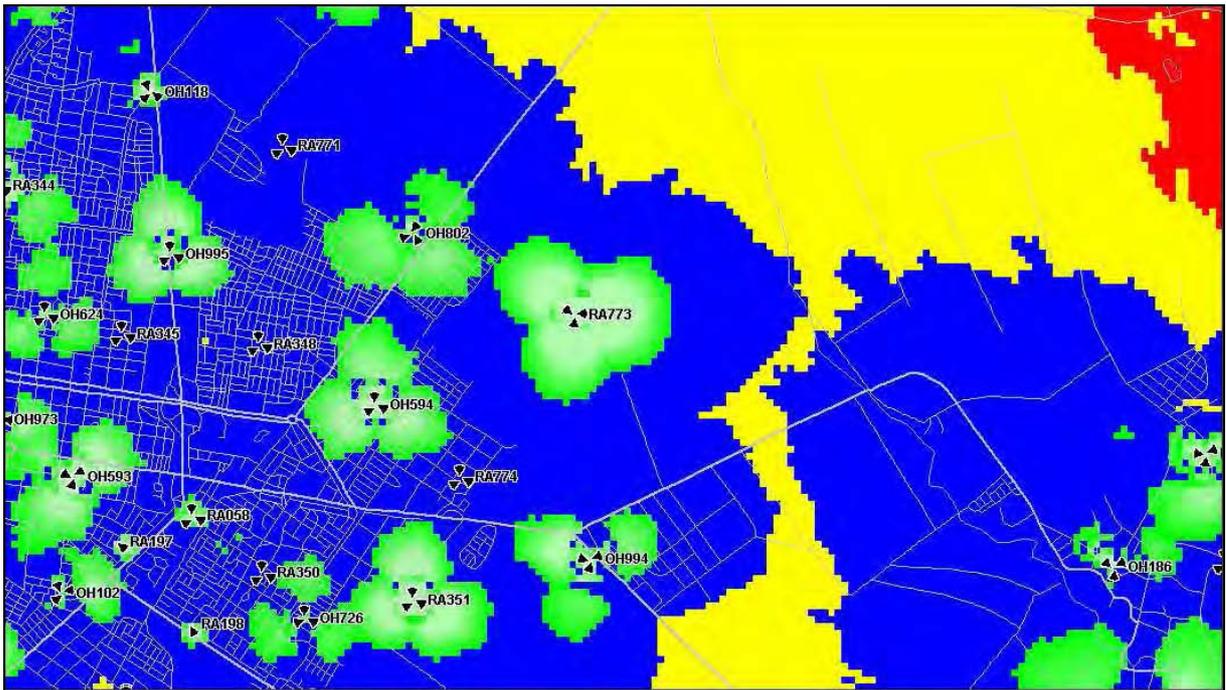


Figura 14. Plot de predicción de nuevo sitio de celular funcionando con sitios adyacentes.

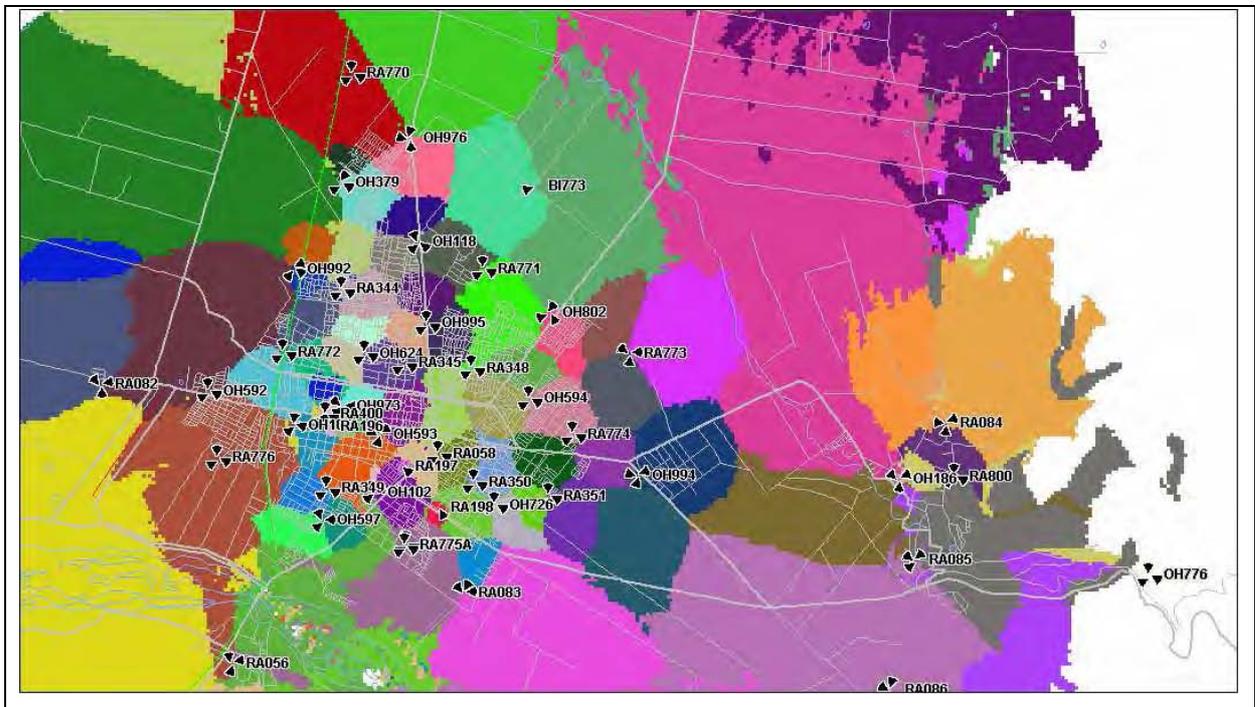


Figura 15. Plot Best Server de todos los sitios de celular de la zona.



CAPITULO III. IN-BUILDING

III.1.0. Necesidad de Cobertura Indoor.

Las comunicaciones inalámbricas móviles ya son de alcance mundial y requieren recientes mejoras en la cobertura en el interior de edificios, túneles, estacionamientos subterráneos y otros lugares cerrados, para esto existen empresas que crean la combinación perfecta de sistemas que proveen soluciones que ayudan a extender cobertura de telefonía celular Indoor, bajar costos, aumentar ganancias y optimizar la calidad de las comunicaciones.

Para aumentar la satisfacción de los clientes, hay que extender los servicios de comunicaciones y aumentar la cobertura de la red en muchos aspectos, aquí es donde nace la real necesidad de los sistemas de cobertura Indoor.

III.2.0. ¿Qué es IN-BUILDING?

Actualmente existen espacios edificados como: Mall, Galerías Comerciales, Estacionamientos Subterráneos, Túneles, etc. En que no se cuenta con servicio de telefonía móvil PCS, o bien éste es de muy mala calidad, o también los sitios de celulares Outdoor se encuentran saturados, en especial esto ocurre en lugares donde hay grandes concentración de gente. La solución a estos problemas de cobertura consiste en radiar señal telefónica dentro de estos lugares a través de elementos adicionales a red, los que pueden ser repetidores, microceldas, DAS (Distributed Antenna System), u otros equipos que permitan cumplir con los objetivos de cobertura y grado de servicio indicados por las distintas compañías de telefonía celular.



III.2.1. Resumen de In-Building

En el momento de proporcionar soluciones In-Building, estas consisten en mejorar la cobertura al interior de los edificios o espacios edificados, donde la cobertura, la capacidad o la calidad, no podrían ser de otro modo mejorada. En In-Building se pueden incluir tanto las normas de celulares GSM, WCDMA, CDMA2000, TDMA y no solo para celulares como por ejemplo las normas de Wireless LAN y Bluetooth.

Las soluciones In-Building son cada vez más necesarias para redes móviles, debido a las grandes demandas que existen de los usuarios para la "cobertura en todo el mundo", se ven igualados por la oportunidad para los operadores móviles para ofrecer mejores servicios y aumentar los ingresos de tráfico. Los propietarios de los sitios con mayor frecuencia aprecian y reconocer el valor de las Soluciones In-Building, en la mayoría de los casos aumentan la percepción general y el valor de los bienes, y proporcionan una infraestructura hecha a su medida, que deja satisfecho al propietario del edificio como también al operador y a los residentes del edificio.

Hoy en día, el operador de telefonía móvil realiza un análisis de la rentabilidad sobre las posibles ubicaciones de soluciones In-Building, basadas en la estimación del tráfico generado en un edificio específico.

Si el operador de telefonía móvil identifica que el tráfico de llamadas se ve superado por los sitios outdoor, determina que la ubicación para una solución In-Building es necesaria y de esa manera el operadores pueden justificar la inversión en la solución.

Las mediciones demuestran que hasta un 80% del tráfico nuevo es generado por la construcción de nuevos sitios In-Building. Al momento de evaluar económicamente las soluciones In-Building la experiencia demuestra que estas inversiones se recuperan en un plazo aproximado de dos años.

Los operadores de telefonía móvil estiman que el incremento del uso de datos de alta velocidad, son servicios que requieren de un mayor número de sitios In-Building. Esto es



particularmente evidente en lugares donde ya esta en funcionamiento las redes móviles 3G en las zonas urbanas.

Las soluciones In-Building en combinación con los estándares inalámbricos aplicados a los edificios, entregarán una mayor cantidad de aplicaciones y esto ofrecerá un valor agregado a los edificios. Los visitantes y los empleados en los edificios, por ejemplo, al utilizar sus teléfonos móviles y ordenadores portátiles para acceder a los datos que anteriormente no era accesible ahora si es posible a través de dispositivos inalámbricos.

Propietarios de edificios, las empresas, los arrendatarios, las autoridades (dependiendo del tipo de la construcción) y los operadores móviles pueden beneficiarse de las ventajas que proporciona una solución In-Building.

Hoy en día, el publico en general esperan que sus teléfonos móviles para trabajar dentro de los centros comerciales, los aeropuertos, los metros, oficinas, hoteles, mall, etc, y cada vez más en lugares como los túneles de carretera y trenes, los ascensores y los estacionamientos subterráneos.

Los presentes y futuros servicios de Internet móvil con transmisión de datos de alta velocidad proporcionan numerosas oportunidades para que los operadores proporcionen mayor cantidad de aplicaciones, los paquetes de datos pueden ser introducidos satisfactoriamente y finalmente el usuario puede hacer uso de estas aplicaciones desde cualquier lugar, por ejemplo, una oficina, un aeropuerto, el centro de exposiciones o de la estación de metro, centro de conferencias, el hotel o centro comercial.

III.2.2. In-Building Soluciones - Conceptos

Las soluciones In-Building pueden ser aplicadas de muchas formas distintas. Siempre existe un equilibrio entre la calidad y el costo. Por otra parte, existen muchas soluciones tentativas que suelen ser designadas a un riguroso estudio de ingeniería para evaluar lo mencionado anteriormente. Hay que tener en cuenta el mayor número de aspectos posible, en las soluciones In-Building, en un tiempo estimado de dos años es posible que el operador recupere



su inversión y además esta solución debe cumplir los requisitos específicos que requiere el cliente.

En la mayoría de los casos, el tiempo de amortización de una solución estándar es inferior a dos años. Por lo general, la cobertura de la macro red a través de las antenas de sitios outdoor penetra en los edificios, en los casos contrarios es necesario aplicar las soluciones In-Building para tener antenas dedicadas exclusivamente al tráfico del edificio o simplemente para solucionar problemas de Niveles de Señal (RxLevel).

Una mayor capacidad de datos para las redes 3G, para así proporcionar servicios con transmisión de datos de alta velocidad, aumentando las exigencias de la red móvil. Los suscriptores tienen grandes expectativas en cuanto a los servicios 3G. Por lo tanto, cuando se presentan los nuevos servicios deben estar disponibles y accesibles en todo el mundo los servicios de 2G.

La implementación de sitios In-Building dedicados a la cobertura, también permiten ayudar en el tráfico a los operadores móviles, en zonas que antes eran "agujeros negros", y permiten que la macro red pueda usar superposición entre los sitios In-Building con los sitios de la macro red (sitios outdoor), aumentando así la cobertura general del sistema y la capacidad.

Existen tres aspectos importantes a considerar al diseñar y desplegar una solución In-Building, son: cobertura, capacidad y calidad. Un sitio In-Building bien diseñado, tiene que en su construcción estar de acuerdo a las exigencias del cliente, es decir mejorar la cobertura móvil donde desea o donde lo pida el cliente. En In-Building las celdas son generalmente más pequeñas que las celdas de la macro red, por lo tanto pueden ofrecer mayor capacidad que las celdas de los sitios outdoor, esto también produce interferencia en los niveles de calidad de voz (RxQuality).

Por ejemplo, los residentes de un edificio de gran altura, de un piso superior, pueden sufrir de mala calidad de señal a pesar de que la potencia de la señal recibida de los sitios outdoor es muy alta. Esto puede ser simplemente porque existen muchas señales de interferencia. Una solución In-Building proporcionará a los residentes una señal dedicada al edificio para así



resolver el problema de interferencia de señales que provienen de otras partes de los sitios outdoor.

Otro ejemplo, en un estadio de fútbol con una buena cobertura de los sitios outdoor de la macro red, lo que ocurre en estos casos es que este lugar requiere de mayor capacidad dedicada para atender las necesidades de miles de espectadores que existen durante los grandes eventos. Una vez mas un buen diseño de una solución In-Building, deberá atender las necesidades de alta capacidad para poder realizar muchas llamadas simultaneas.

Existe una serie de parámetros y requisitos para ser considerados a la hora de diseñar una solución In-Building, para un edificio, un estadio de fútbol, oficinas o centros comerciales, etc. Algunos de los aspectos que deben tenerse en cuenta al momento de la construcción de un sitio In-Building es la morfología del lugar (arquitectura del sitio), el número de usuarios, condiciones de temperatura, material de la construcción, si existen escalerillas y shaft (para guiar los cables). En algunas ocasiones para realizar un diseño preliminar o un Survey, se hace en base a los planos del edificio o del sitio que necesite una solución In-Building o también este diseño se hace en base a las mediciones de Radio Frecuencia (RF) que se realizan con instrumentos profesionales como por ejemplo TEMS INVESTIGATION (software medición), MAP INFO (software post-proceso), estos miden varios parámetros como RxLevel (dBm), RxQuality, C/I, bandas de frecuencia, Cell ID (celda donora), Canales que se están utilizando como: BCCH y TCH.

Para ilustrar aún más las diferentes necesidades que pueden considerarse en el diseño, de diferentes tipos de edificio, y las posibles aplicaciones móviles serian las siguientes:

- Oficinas/Industrias: "Oficina Inalámbrica", extensión móvil, Internet corporativo, órdenes de trabajo, la supervisión, el control de la producción, etc.
- Aeropuertos y Estaciones de Autobuses y Trenes: información sobre viajes, facturación, reservas, locales de información sobre el transporte, venta de pasajes, tienda de anuncio, acceso a Internet a través de móviles banda ancha, etc.



- Conferencia y centro de exposiciones: Portal de información, la información y las comunicaciones, votación, consultas, comentarios de visitantes, el acceso a Internet e Intranet a través de Móviles de banda ancha, etc.
- Hospitales: comunicación entre el personal y el paciente, gestión diaria del paciente, Recordatorios, notificaciones del personal, la supervisión del paciente, etc.
- Hoteles: gestión del personal de servicios, acceso a Internet, facturación, etc.
- Mall: publicidad, información a los visitantes, tema de búsqueda, para encontrar amigos, el personal de comunicación, etc.

III.2.3. La cobertura de la red Macro

La manera más común de suministrar cobertura en los edificios para telefonía celular, es penetrar los edificios con señal de los sitios outdoor de la macro red, es decir desde el aire libre desde las Radio Bases, RBS, con Antenas montadas en torres.

En muchos casos, esto proporciona una excelente solución In-Building de cobertura, pero en otros casos esta solución esta lejos de cumplir con los requisitos de calidad que exige el operador de telefonía móvil.

Gruesas paredes de concreto, ventanas cubiertas de metal y otros obstáculos que dificultan en penetrar las señales de Radio Frecuencia (RF), en el interior de los edificios. Los Túneles, Estaciones de Metro, Estacionamientos Subterráneos son ejemplos evidentes donde la cobertura en su interior en general tiende a ser pobre, a menos que se haya implementado una solución In-Building.



Figura 16. Cobertura indoor de una celda en la macro red.

Una de las principales ventajas de esta solución es que se añade sin ningún costo adicional al cliente final. Algunas de las principales desventajas es que se produzcan modificaciones en la estética del edificio.

En algunos casos, el aumento de la cobertura proporcionada por la implementación de la instalación de una Radio Base (RBS) en un poste dedicada al edificio con antenas apuntando al edificio. Esta solución se hace a menudo como puntos de acceso o bien micro celdas, debido al menor tamaño de las células. Esta solución puede cubrir al aire libre, así como las zonas interiores.

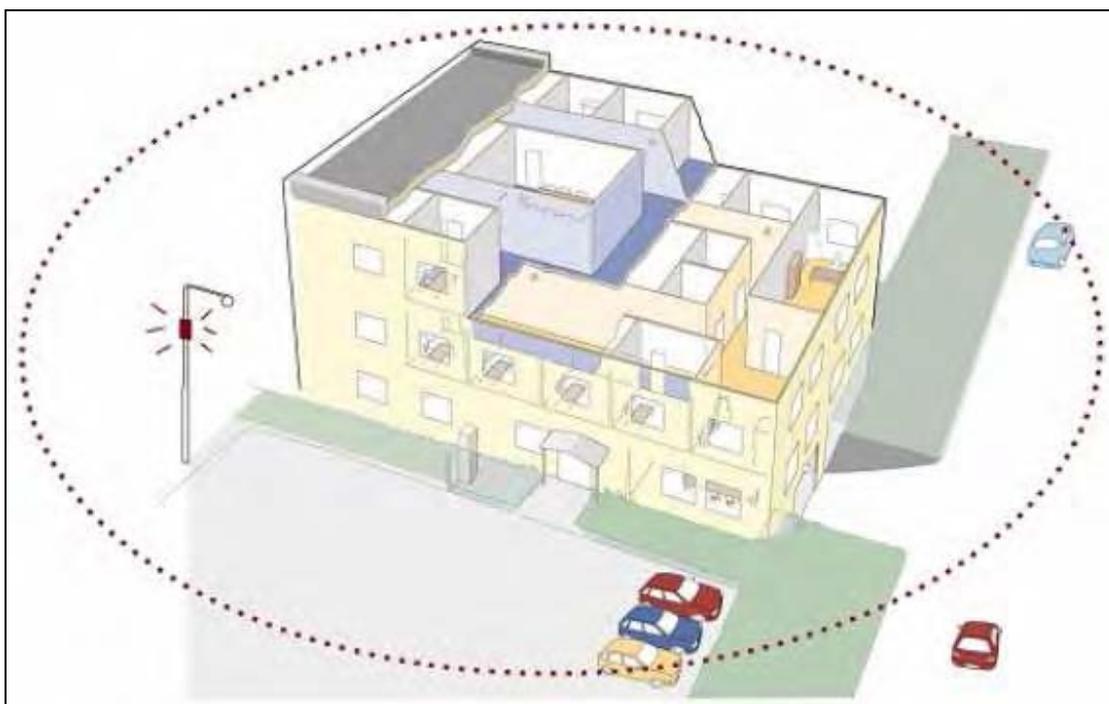


Figura 17. RBS montada sobre un poste para penetrar en el interior del edificio.

La solución ilustrada en la Figura 2, puede proporcionar la solución necesaria de cobertura y capacidad de tráfico de llamadas en grandes edificios o edificios con muchos usuarios o también cuando la calidad no es suficientemente buena.

Una Radio Base (RBS) también puede ser montada en vehículos y remolques para poder trasladarse a lugares donde hay una necesidad temporal de cobertura o problemas de capacidad de tráfico de llamadas. Esto es similar a la solución de la Figura 2, ya que el punto de acceso (la antena) se puede mover con bastante facilidad. Ejemplo de esta solución son grandes eventos, en los centros de exposición, salas donde se realizan conciertos y estadios deportivos.



III.2.4. Cobertura utilizando una RBS en una solución In-Building

En In-Building la cobertura mediante una o varias estaciones base (BTS) dedicadas a la solución, es la más común en las grandes estructuras edificadas, como los aeropuertos, las estaciones de metros, los centros comerciales, oficinas, universidades, bancos, etc, donde la cobertura y la capacidad son cuestiones importantes.

Existen varios tipos de Radios Base (RBSs) para ocuparlas en las soluciones In-Building. Las Macro Radio Base son más grandes en tamaño y tienen por lo general una alta potencia de salida RF y puede manejar la más alta calidad. Las Macro Estaciones Base se colocan en el piso y están pueden ser instaladas en gabinetes interiores o exteriores. Los gabinetes interiores se utilizan por lo general para soluciones In-Building, pero también hay casos donde se utiliza gabinetes outdoor con RBS por ejemplo, para dar cobertura a todo un mall incluyendo sus estacionamientos subterráneos.

Las Micro Radio Base (RBS) son la mitad o en algunos casos son mucho menor que la mitad de tamaño en comparación con las macro RBS y también lo son en potencia y capacidad de tráfico. Las Micro RBS suelen montarse en las paredes o muros de concreto, en caso contrario se instalan en sillas metálicas que pueden soportar su peso.

Las RBS más pequeñas que normalmente se conocen como pico RBS y tienen una baja potencia de salida (por lo general unos dBm de salida). Una pico RBS puede estar equipada con una antena integrada, o también existe la posibilidad de conectarse a antenas externas o un sistema de antenas distribuidas (DAS). Dependiendo de la configuración, la cobertura puede ser limitada en algunas partes de un edificio, especialmente en zonas abiertas. En un gran edificio es más costoso lograr que una pico RBS con un sistema de antenas puedan entregar una buena cobertura.

Algunas RBSs se conectan en serie con otras RBS, esta conexión se hace en algunos casos para entregar más tráfico al sitio. En esta conexión una de las RBS queda como unidad principal o maestra y al resto de RBS se les llama expansión o esclavas. En la siguiente figura se puede ver un ejemplo donde en uno de los edificios una de las BTS queda como maestra (aquí se

instala una unidad IXU y una RRU) y en el otro edificio solo se instala una como esclava (aquí solo se instala una RRU), La ubicación de las BTS es muy importante, ya que la idea es que las BTS queden lo mas centralizadas, para que se utilice menos cable RF o Feeder, por dos motivos: una por las perdidas del cable y la otra es un motivo económico.

Las Radio Bases suelen estar conectadas a los operadores de telefonía móvil a través de las redes de cobre (trama), fibra óptica y enlaces de microondas (MOMO). Los puertos de salidas de las RBS están siempre conectados a una o varias antenas, en algún caso para realizar mediciones se le puede colocar una carga de 50Ω para no dañar el sistema o también se puede utilizar una antena. Un sistema con varias antenas generalmente se le llama DAS Distributed Antenna System.

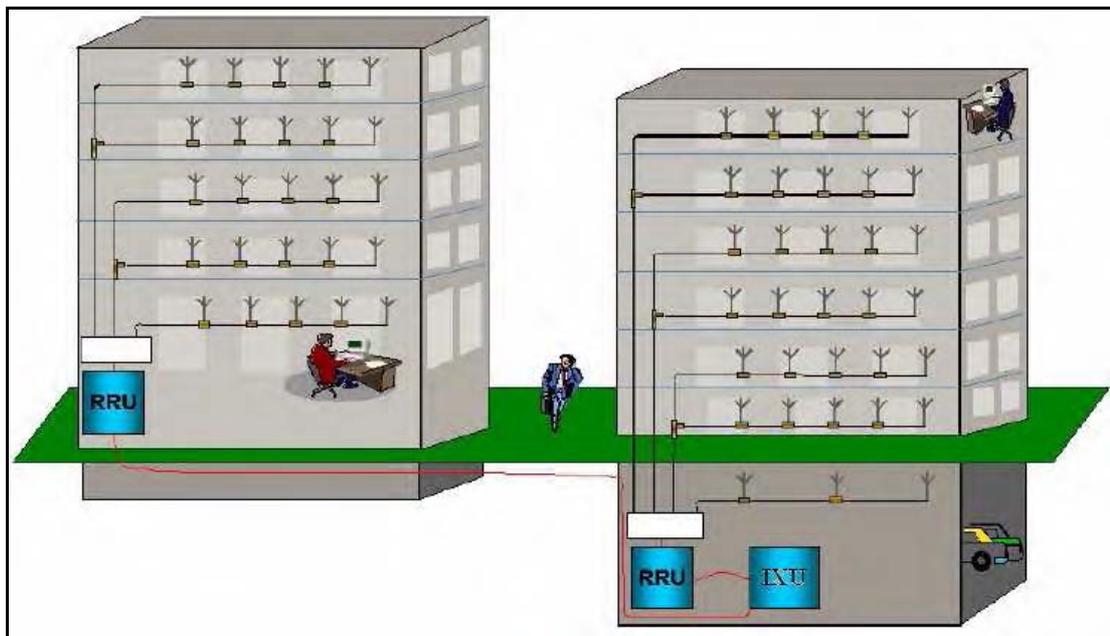


Figura 18. Solución In-Building con una BTS para 2 edificios.

Dependiendo de la aplicación, el DAS puede servir para uno o varios Operadores (por ejemplo ENTEL, MOVISTAR y CLARO) y uno o varios grupos de frecuencias (por ejemplo las redes GSM 850, GSM 1900 y WCDMA). En algunos casos, el DAS puede ser usado para distribuir simultáneamente bandas de celulares y no bandas celulares, por ejemplo Tanto GSM y WLAN en un mismo sistema de antena.

El DAS puede consistir en componentes activos o pasivos. Cuando ambos componentes activos y pasivos se utilizan en una DAS, a menudo es contemplada como una solución híbrida.

Algunas de las ventajas de una RBS dedicada a un sitio conectado a una antena o un sistema de distribución de antenas, es que en lo posible se garantice la cobertura y la capacidad dedicada, evitar los intentos de llamada fallida, los corte de llamadas y la interferencia, por tanto, mejorar la calidad de los servicios de voz y datos. Otra de las ventajas es habilitar nuevo tráfico en las zonas no cubiertas, la solución también ayuda a aumentar el tráfico en zonas de mucha congestión. Las RBS normalmente son propiedad de los operadores móviles.



Figura 19. Micro BTS Ericsson con Rectificador de energía y Trama con fibra óptica.



Figura 20. BTS Siemens 82II.

III.2.5. Cobertura mediante Repetidores

Las Soluciones In-Building con Repetidores (repetidores de radio frecuencia) son ampliamente utilizados para la cobertura de por ejemplo: Túneles de carretera y trenes, pero también puede utilizarse para otros tipos de edificios, como galerías comerciales, hoteles, mall, galpones de fábricas o partes de edificios como estacionamientos subterráneos. Un repetidor bidireccional pasa banda, funciona de la siguiente manera como se ve el siguiente figura.

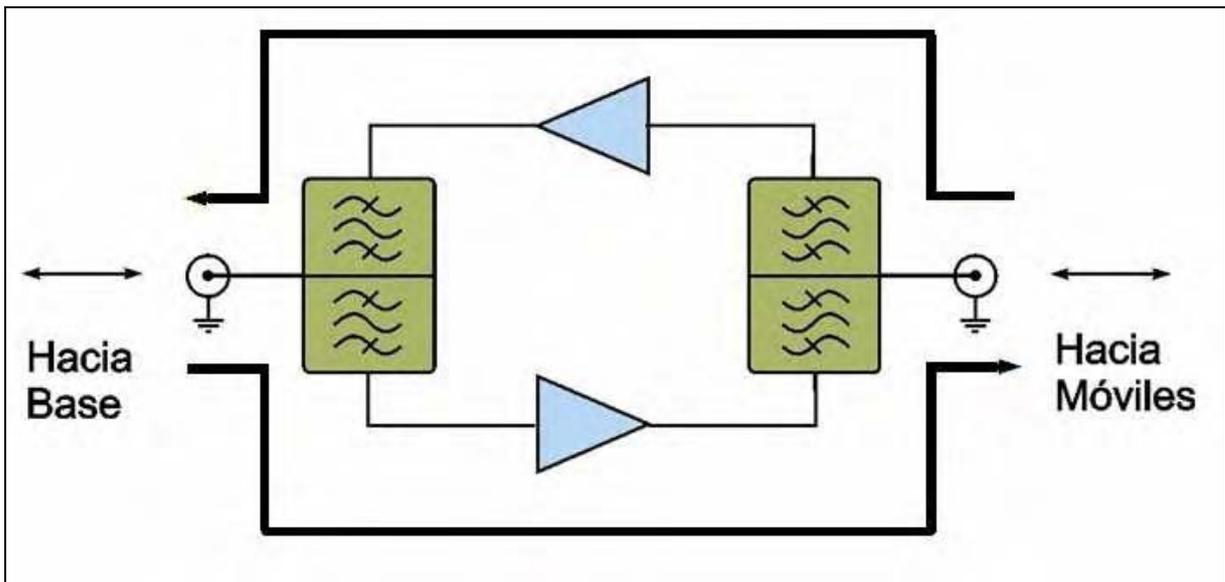


Figura 21. Diagrama bloques amplificador bidireccional.

Un repetidor tiene una antena donora que se utiliza para la comunicación con una Estación Base, RBS o BTS. El repetidor amplifica las señales recibidas desde el RBS y lo transmite a través de una antena o un DAS. La amplificación de la señal permite a los usuarios móviles recibir una mejor señal de fuerza y, por ende, una mejor calidad en sus teléfonos móviles, como se muestra en la siguiente figura.

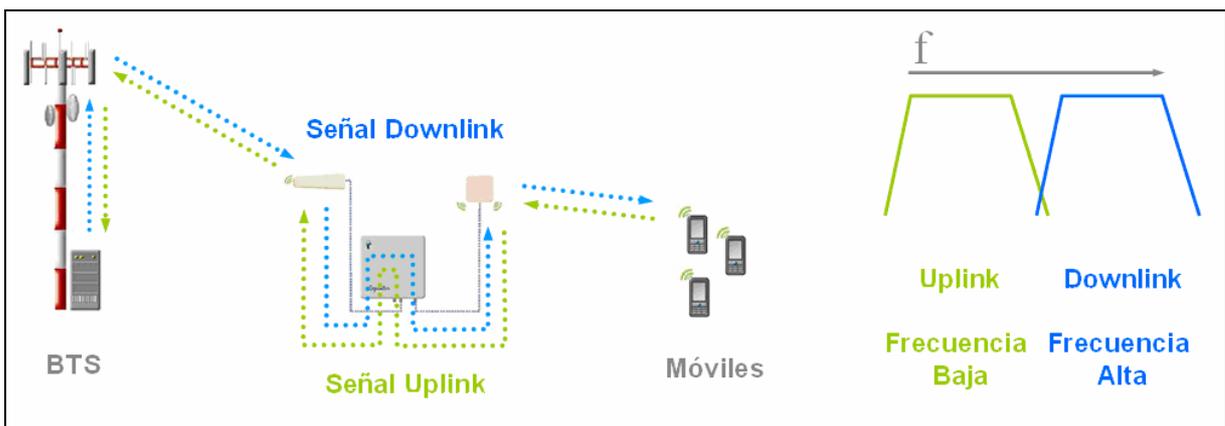


Figura 22. Enlace Entre RPT y Sitio Donoro.

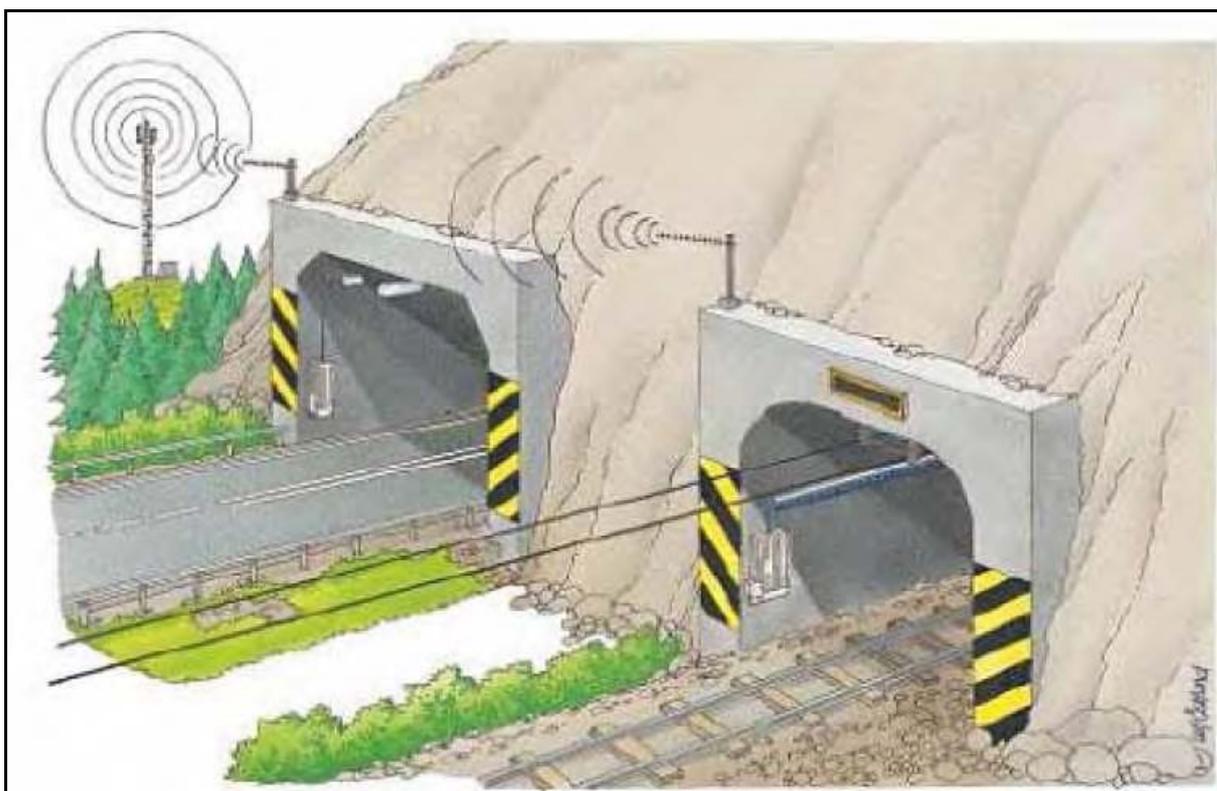


Figura 23. Cobertura In-Building mediante repetidores (con Antenas Donoras visibles en la parte superior de cada entrada del túnel).

Los Repetidores pueden conectarse a antenas externas u otros repetidores si la tarea que tiene por objeto cubrir grandes zonas. Algunas de las ventajas con repetidores en soluciones In-Building incluyen la facilidad de ser instalados (por ejemplo para la transmisión no se necesita nada especial. Los Repetidores también pueden usarse para la cobertura dentro de los trenes, en los transbordadores cerca de las zonas costeras y en otros vehículos en movimiento.

Uno de los principales inconvenientes con repetidoras en soluciones In-Building es la limitada capacidad de tráfico y no pueden descargar sitios de la macro red celular o generar nuevo tráfico, todo lo contrario solo se cargan mas los sitios desde que se le conecta la antena donora la cual capta las señales del sitio outdoor. Otro problema que ocurre, es un servicio que ofrecen los operadores de ubicación de móviles, cuando se usan repetidores se produce una inexactitud de la posición del móvil, ya que la posición que entrega es la del sitio donoro y no la del repetidor.

Los Repetidores son generalmente propiedad de los operadores móviles. Existen muchos tipos de Repetidores en el mercado, encontramos desde pequeños repetidores de baja potencia (por ejemplo para los pequeños negocios o casas habitación) y también para estaciones repetidoras de alta potencia que se puede conectar a un DAS. Los Repetidores están disponibles para la mayoría de los sistemas y las bandas de frecuencia.

Se dividen en cuatro categorías dependiendo de su ancho de banda:

- 1.- Repetidor Banda Completa: Este RPT, selecciona toda la banda, también puede operar en cualquier sub-banda y es de bajo costo.
- 2.- Repetidor de Banda Selectiva: Este RPT, solo selecciona la banda elegida por el operador, y tiene una capacidad de operar con cualquier canal dentro de la sub-banda, además tiene un mejor aprovechamiento de la potencia de salida.
- 3.- Repetidor de Canal Selectivo: Este RPT, solo selecciona los canales requeridos por el operador, trabaja aprovechando óptimamente la potencia nominal del equipo.
- 4.- Repetidor de ancho de banda ajustable: Este RPT, es el que cuenta con mayor flexibilidad, ya que es capaz de adecuarse a cualquier escenario.



Figura 24. Repetidor Fiplex de Banda Selectiva.



Figura 25. Repetidor Allgon de canal selectivo.

III.2.6. Sistema Distribuido de Antenas (DAS)

Como ya se ha mencionado, un sistema de antenas distribuidas, DAS, se compone de componentes activos o pasivos o una mezcla de componentes activos y pasivos.

El DAS pasivo es el sistema más común instalado y constará de cables coaxiales de alimentación y componentes, tales como: ANTENAS, TAPPERS, SPLITTERS y COMBINADORES.

Los sistemas de antenas distribuidas (DAS), pueden ser implementados de muchas maneras diferentes, algunos de los diseños más utilizados se presentan en este documento.

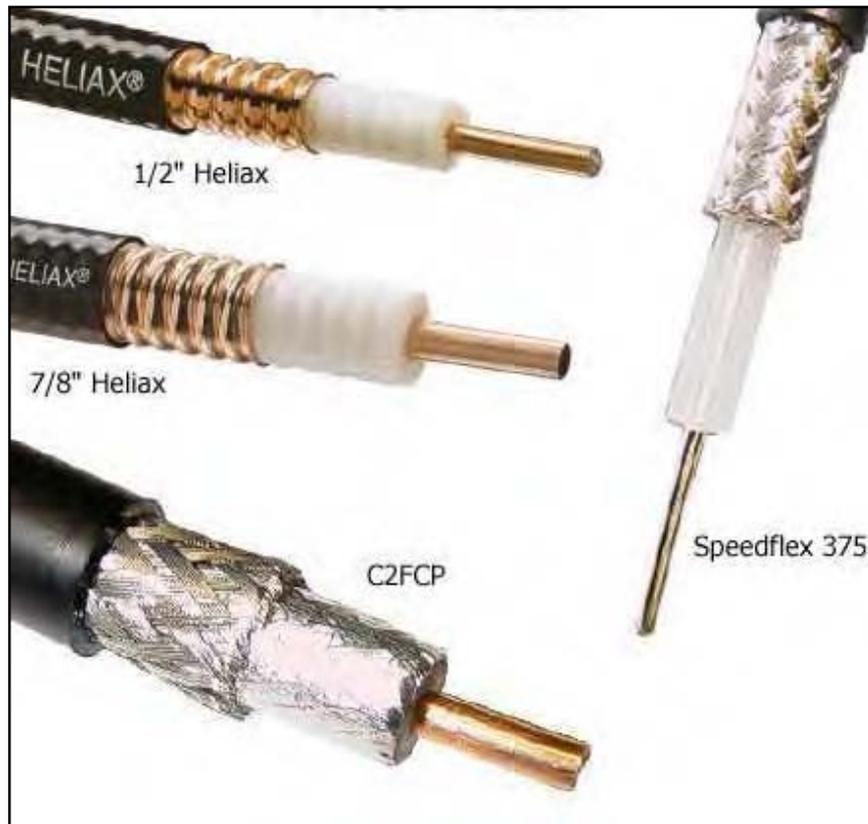


Figura 26. Distintos tipos de Feeder.

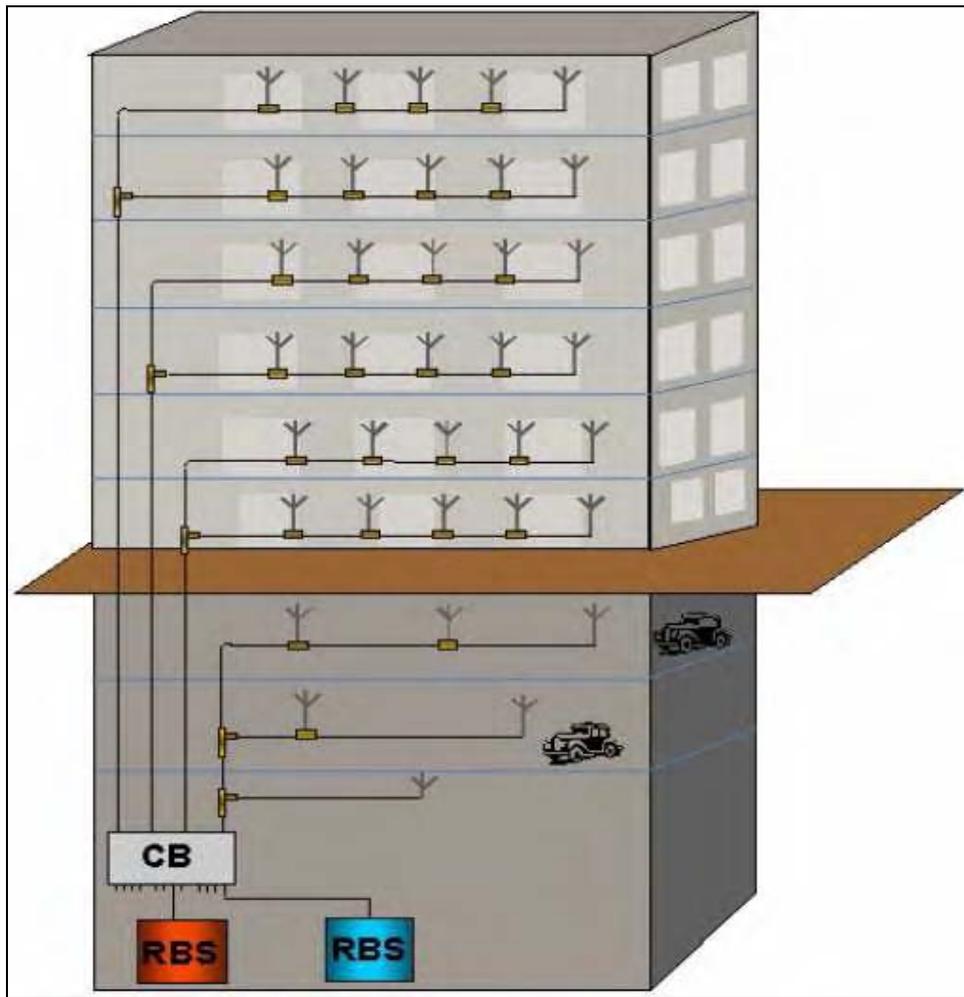


Figura 27 Un ejemplo de In-Building, con dos RBS que están conectados a un DAS. (Dos operadores)

El DAS puede ser diseñado para manejar varias bandas de frecuencia o normas inalámbricas o varios operadores. Compartiendo una DAS entre varios operadores y bandas se puede ahorrar muchos costos y reducir al mínimo cualquier perturbación en el edificio y no se vera tan intervenida la estética del edificio frente a una multitud de DASs que se desplegaría en el mismo edificio. Estaciones Base conectadas a los DAS es una solución común, en especial para los grandes sistemas en los edificios con las necesidades de alta capacidad, pero la conexión de los repetidores a un DAS es otra posibilidad.

El DAS puede ser para un único operador o múltiples operadores y manejar una o varias bandas (por ejemplo, tanto GSM y WCDMA en un sistema de antena). Por ejemplo en

Multibanda, y múltiple operador para dar solución a esto se necesitara más de una RBS conectado a la DAS (como en la Figura 5), y es necesario una interfaz entre el DAS y la RBS. Esta interfaz puede ser construida por el filtro de componentes RF. Existe también fuera de la plataforma de productos, tales como cajas de combinadores y de múltiple-casting están disponibles en el mercado. Estas unidades están probadas y sintonizadas desde las fábricas para reducir al mínimo la verificación de las pruebas en los sitios.



Figura 28. Un ejemplo de caja combinadora de triple banda. Esta unidad puede ser utilizada como interfaz entre un DAS y hasta un máximo de doce RBSs (hasta cuatro RBSs por banda).

El DAS pasivo es adecuado para muchos tipos de edificios ya que requieren de un mínimo de mantenimiento después de que se haya instalado y comenzado su funcionamiento. Por otro lado, dependiendo de la potencia de los Repetidores y la banda de frecuencias que serán utilizadas, la longitud máxima de los coaxiales que conectan a las antenas se limitan normalmente a unos pocos metros, dependiendo del cálculo de acuerdo a las pérdidas del cable por metro (depende de la calidad del cable).

Las soluciones con fibra óptica a menudo son combinadas con DAS pasivos, donde el DAS pasivo distribuye las señales de RF (a través de cables coaxiales) entre la RBS y las antenas, la fibra óptica alimenta el sistema de distribución. Este concepto es usualmente conocido como una solución híbrida.

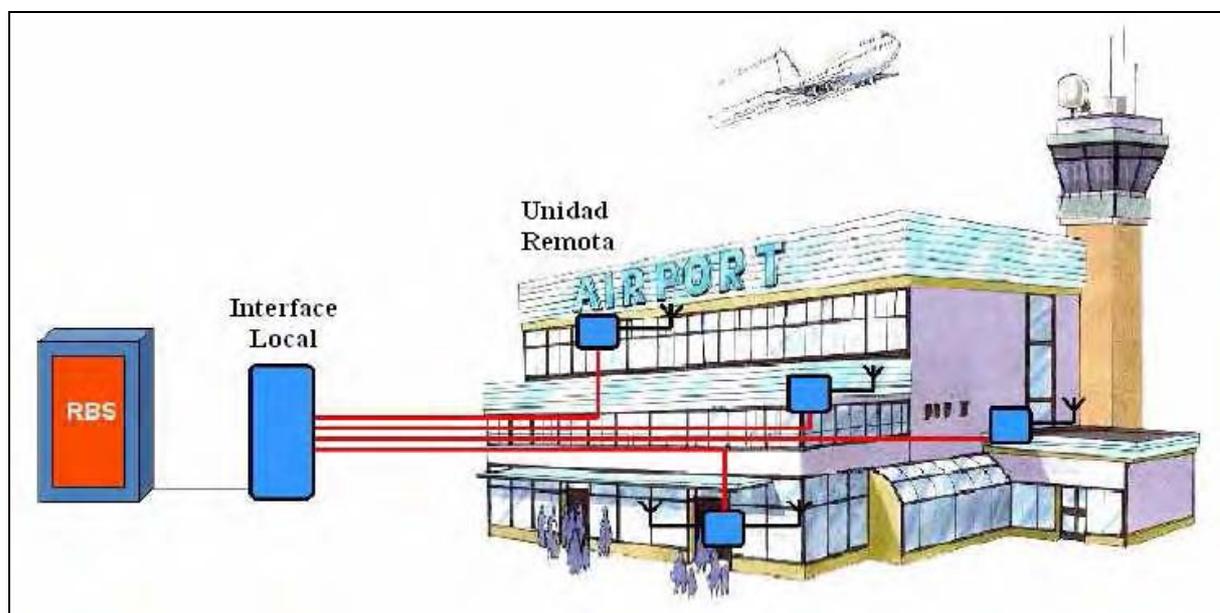


Figura 29. Ejemplo Sistema In-building con Fibra Óptica.

Algunas de las mayores ventajas de un DAS activo, en comparación con el DAS pasivo con coaxiales, son las distancias que se pueden alcanzar, sin tener problemas con las pérdidas de los cables, ya que en la fibra óptica son despreciables, además de la facilidad que ofrece la fibra óptica en cuanto a la instalación se refiere.

El costo inicial del sistema con fibra óptica, así como los costos de operación y mantenimiento son más altos que para una solución pasiva (con coaxial).

En los casos donde existe una solución In-Building con un solo operador por lo general este mismo suele ser propietario del DAS instalado. Mientras que en el caso donde en la solución In-Building participan varios operadores el propietario del DAS son los mismos propietarios de los edificios, proveedores neutrales de telecomunicaciones, autoridades gubernamentales y empresas. En estos casos los propietarios del DAS arriendan el sistema a los distintos operadores.



III.2.7. Beneficios de una solución In-Building

Para los operadores móviles, una solución In-Building sirve para descargar tráfico de la macro red, por lo tanto sirve para descongestionar y dar un mayor tráfico a los operadores. Debido a las soluciones In-Building, se ha notado un incremento de nuevos clientes para los operadores, ya que ahora pueden cubrir zonas donde antiguamente no existía cobertura, y además de las aplicaciones que ofrecen los operadores a los clientes, como Internet móvil por ejemplo.

Las soluciones In-Building, pueden ser consideradas como una necesidad en un mercado altamente competitivo, donde la cobertura al aire libre ya no es el principal factor de conexión a la macro red. El rol de las soluciones In-Building ahora no solo es ofrecer cobertura en espacios donde no hay señal, sino que también sirve para solucionar problemas de capacidad de la red.

III.2.8. Beneficios para los Operadores Móviles

El nuevo tráfico que generan las soluciones In-Building, provocan nuevos flujos de tráfico de llamadas y un aumento de clientes, por lo tanto existe un aumento de llamadas, como consecuencia eso provoca más ingresos económicos a los operadores.

También para los operadores es muy provechoso que se realicen soluciones In-Building, ya que sirve para descongestionar puntos donde existe mucha afluencia de público, como centros comerciales, galerías, mall, estadios, conciertos musicales, en donde los sitios outdoor no dan capacidad para las necesidades del cliente.

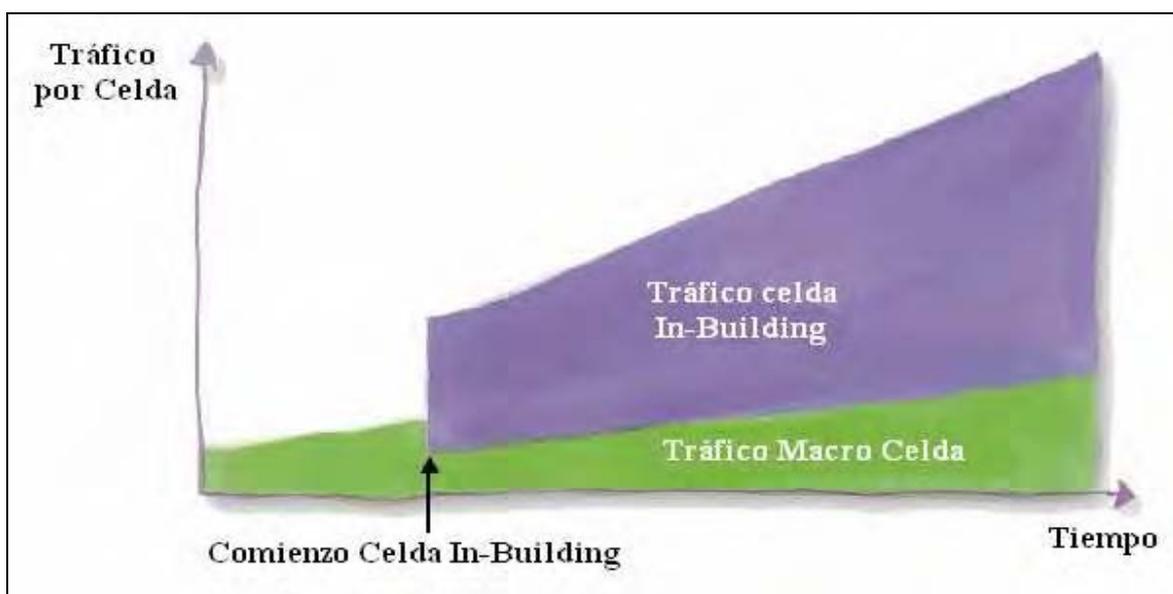


Figura 30. Aumento del tráfico con sitios In-Building proyectadas en el tiempo.

Las mediciones muestran que hasta un 80% del nuevo tráfico generado por los nuevos sitios celulares pertenecen a sitios In-building.

III.2.9. Ventajas competitivas

Habiendo una buena cobertura "en todas partes" ayuda al operador en cualquier competencia de mercado para mantener su ventaja competitiva y crear una imagen de una red móvil de alta calidad. Esta es una ventaja que ayuda a las empresas a retener a los abonados, así como atraer a otros nuevos. In-Building fomenta una buena cobertura y calidad, por lo tanto, reduce la pérdida de clientes, que terminan cambiándose de operador.

III.3.0. Descarga la macro red

El tráfico generado por la construcción de nuevos sitios In-Building, sirve para descargar el tráfico de la macro red. La capacidad liberada en la macro red puede ser utilizada para incrementar el tráfico de las macro celdas, para proveer cobertura en construcciones futuras. Esto significa que los operadores podrán aplazar las inversiones en la macro red.



III.3.1. Calidad de Servicio (QoS)

En Chile la calidad de servicio (QoS) de telefonía móvil, se rige de acuerdo al oficio circular N° 13 y N° 31 de Abril y Junio del 2006. Esta calidad de servicio se mide mediante estadísticas de llamadas establecidas con éxito y llamadas finalizadas con éxito, de esta manera se mide el QoS de las compañías que prestan servicios Telefónicos.

El indicador porcentual en Chile para las llamadas establecidas con éxito y para las llamadas finalizadas con éxito, esta fijado en un promedio de 97%, para cada una de estas categorías, hoy en día tenemos un alto nivel de QoS.

En la implementación de una solución In-Building, se tiene como objetivo proporcionar una buena calidad de servicio, en las totalidades de las dependencias o lugares que se va a cubrir con In-Building, respecto de la potencia de la señal. En el caso de que la compañía de celular tenga niveles altos de QoS en los sitios outdoor, estos se deben mantener en las soluciones In-Building. Cumpliendo estos estándares se esta cumpliendo con la normativa nacional y con las exigencias del cliente.

III.3.2. Potencia Transmitida

Cuando se implementa una solución In-Building, se esta ampliando el área de la cobertura, facilitando la propagación de la señal, es por esto que las BTS de los sitios outdoor en un principio transmitían una potencia determinada. Por esto, los sitios In-Building funcionan a una menor potencia, ya que ahora para alcanzar los lugares mas inaccesibles es mucho más fácil llegar, ya que la antena se posiciona prácticamente donde uno lo desea. También de esta manera se produce un ahorro energético al operador y se reducen los niveles de interferencia.

De acuerdo a la nueva normativa técnica dictada por la subsecretaria de telecomunicaciones (Subtel) y requisitos de seguridad aplicables a las instalaciones de servicios de servicios de telecomunicaciones, publicadas en el diario oficial del 8 de mayo del 2000.



La norma a referencia a lo siguiente:”Las antenas pertenecientes al servicio público de telefonía móvil deberán instalarse de manera tal que, la densidad de potencia medida en los puntos a los cuales tengan libre acceso las personas en general, sea inferior a 435 micro Watts/centímetros cuadrados.” Por otra parte la FCC (Federal Communications Comision) solo permite una potencia total EIRP (Equivalent Isotropical Radiated Power) de 36 dBm.

III.3.3. Infraestructura de las Instalaciones

En la implementación de una solución In-Building, no se interfiere la arquitectura del edificio, ni con la estética de esté, gracias a los avances tecnológicos indoor, se encuentran en el mercado una amplia variedad distintos tipos de antenas, que difieren de color, estilo y adaptación al entorno.

Las antenas tipo omnidireccionales pueden ser adosadas a los cielos falsos, y las antenas tipo panel, pueden ser fácilmente instaladas en muros, paredes, pilares en altura, ya que poseen una estructura donde se puede panear horizontal y verticalmente.

Por otro lado estas antenas pueden ser instaladas en los cielos falsos, de manera que estas queden completamente ocultas, para que los usuarios no se percaten de su existencia. También estas pueden ser pintadas, con pintura que no sea metálica, y de esta manera se ajusta a la infraestructura del edificio.

Con respecto al cableado, este es guiado por escalerillas, tuberías, ductos o también estos pueden ser instalados con abrazaderas plásticas o metálicas, todo esto es instalado por los cielos falsos, techos y shaft (columnas verticales que unen a los pisos). Y finalmente los Equipos de comunicaciones como: Repetidores, BTS, Equipos de F.O y modems, estos se instalan en alguna sala de equipos o salas donde existe un acceso restringido de personas.

III.3.4. Transmisión

En la transmisión se debe determinar cual va a ser la tecnología que se utilizara para conectar el sistema In-building con la macro red, esta decisión va a depender de la factibilidad técnica de acuerdo a las necesidades de nuestro sistema indoor.

III.3.4.1. Microondas

En un enlace de microondas se utiliza el espacio aéreo para como medio físico para la transmisión. La información que se transmite es en forma digital, a través de ondas de radio de corta longitud de onda. En esta transmisión pueden direccionarse múltiples canales, y pueden establecerse enlaces punto a punto.

Técnicamente en las estaciones base el enlace microondas consiste en una antena tipo parábola y un circuito que conecta a la antena con la BTS. Este enlace tiene que ser realizado en línea recta sin obstáculos, por lo que tiene que haber LOS (Line of sight) que significa Línea Vista o simplemente que no existen obstáculos entre el enlace. El alcance promedio de un enlace de MMOO puede alcanzar a 40Km con estaciones repetidoras o de 7,14 Km sin estaciones repetidoras y sin obstáculos. La principal ventaja de esta solución es la gran capacidad de transportar miles de canales de vos en grandes distancias.



Figura 31. Enlace MMOO (Microondas)



Figura 32. Enlace MMOO.

II.3.4.2. Antena Donora

Una Antena Donora se utiliza para alcanzar el máximo de señal de entrada en un repetidor, para que este entregue la máxima potencia de salida. La señal que recibe esta antena donora desde un sitio donoro, sirve para hacer un enlace entre el sitio donoro y el repetidor, por lo que igual se necesita LOS, ya que cualquier obstáculo que se tenga va a debilitar la señal que esta entrando al repetidor o saliendo hacia el sitio donoro. Este tipo de antenas tipo Yagi tienen una ganancia aproximada entre 10dBi y 12 dBi.

La antena que se utiliza mas comúnmente es la tipo Yagi, y esta va a depender su cantidad de elementos de la frecuencia que vaya a transmitir, por lo general de 6 elementos es para 800 (MHz), y para 1900 (MHz) tiene más elementos como se muestra en la siguiente fotografía.

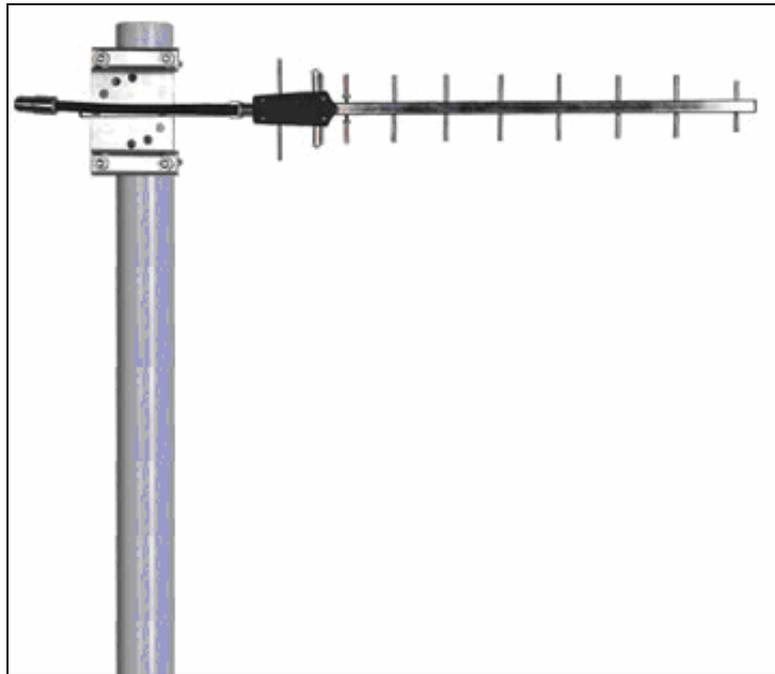


Figura 33. Antena Tipo Yagi con soporte para 1900 (MHz).



Figura 34 Antena Yagi para 1900 (MHz)



Figura 35 Antena Yagi Dual band (850-1900).

También existen antenas donoras tipo omnidireccional, esta es de fácil instalación, ya que no se debe apuntar a ningún sitio donoro en especifico que le entregue señal. Este tipo de antena transmite y recibe en 360°, y tiene claramente dos desventajas una que esta tiene poca ganancia que varia aproximadamente entre 2dBi y 7dBi, y la otra es que debido a su radiación circular,



puede presentar interferencias con las antenas de servicio indoor, o sea problemas de realimentación de señal, para evitar esto se debe considerar una separación mínima entre la antena donora y las antenas servidoras.

III.3.4.3. Línea Fija

En el caso de que el enlace entre la Micro BTS y la BSC, sea a través de fibra óptica, esta le asigna los canales de control (BCCH) y los de tráfico (TCH), y la cantidad se determina dependiendo de la demanda de capacidad del nuevo sitio que desea cubrir. Por lo tanto todo el tráfico que se transmite desde la micro celda hacia la BSC y viceversa es en forma digital en una trama E1.

III.3.5. Elementos de Radiación

III.3.5.1. Antenas

Las antenas son dispositivos físicos que sirven de interfaz o sea transmisión o recepción entre las ondas electromagnéticas guiadas por el cable o la guía-onda y el espacio libre o el aire, estas onda electromagnéticas comprenden los rayos X, Gammas, Luz Visible y las Ondas de Radio, como las que se usan en telefonía celular.

Existe una gran cantidad de maneras distintas de lograr la transferencia de energía desde el alimentador al espacio por lo que las antenas pueden ser físicamente muy distintas unas de otras. Por ejemplo, hay antenas formadas por lentes que enfocan la radiación en una particular región del espacio, antenas formadas por ranuras en una guía de ondas, etc., pero las antenas más populares están formadas por elementos metálicos con una geometría especial en función de la frecuencia de operación. Para ello, la impedancia característica de la antena debe acoplarse a la impedancia del cable o guía de onda a la cual está conectada.



Los cables coaxiales se producen con impedancias de 50 o 75 ohmios. En televisión se utiliza frecuentemente el valor de 75 ohmios, pero en todas las demás aplicaciones el valor predominante es de 50 ohmios y es el que se utiliza en los proyectos In-Building. Cuando la impedancia de la antena es diferente a la de la guía-onda o cable que la alimenta, parte de la energía entregada a la antena se reflejará hacia el alimentador donde puede inclusive causar daños en el transmisor. En todo caso disminuye la cantidad de energía disponible para la comunicación, por lo que es necesario siempre esmerarse para lograr que la impedancia del alimentador se acople a la de la antena.

Las pérdidas por desacoplamiento de impedancia son fácilmente calculables. Un aspecto fundamental de las antenas es el principio de reciprocidad, que establece que el comportamiento de la antena en transmisión (Tx) es idéntico al comportamiento de la antena en recepción (Rx). De esta manera una antena que transmita máxima señal en una dirección predeterminada, también recibirá máxima señal en esa dirección.

III.3.5.2. Características de las antenas

Entre las principales características de las antenas podemos encontrar:

- Ganancia
- Eficiencia
- Resistencia de Radiación
- Impedancia de entrada
- Polarización
- Longitud eficaz
- Ancho de Haz
- Otras características, entre las cuales se encuentra el cociente entre la ganancia del lóbulo principal y el lóbulo trasero o “Front to back ratio”, la Pérdida de retorno y el Ancho de banda.



III.3.5.2.1. Ganancia de la antena

Para comprender la idea de ganancia de las antenas primero se debe tener claro el concepto básico de Antena Isotrópica.

Antena Isotrópica: Es aquella que irradia (o recibe) desde todas las direcciones con la misma intensidad. Aunque es físicamente irrealizable, el concepto de antena isotrópica se utiliza como modelo de comparación con las antenas reales y su Ganancia es igual a 1. Como irradia con igual eficacia en todas direcciones, decimos que su diagrama o patrón de radiación es una esfera. Un ejemplo de lo que se aproxima a una antena isotrópica es la luz producida por un bombillo, que se proyecta en todas direcciones con la misma intensidad, excepto en la base del bombillo.

Por lo tanto se define la ganancia de una antena dada como el cociente entre la cantidad de energía irradiada en la dirección preferencial y la que irradiaría una antena isotrópica alimentada por el mismo transmisor. Este número lo expresamos en decibelios con relación a la isotrópica y por ende se denota en dBi.

La Ganancia de una antena representa la capacidad que tiene este dispositivo como radiador de señal. Este es el parámetro que mejor caracteriza a las antenas.

III.3.5.2.2. Resistencia de Radiación (R_r)

A causa de la alta radiación de las antenas, estas presentan pérdidas de potencia. Por lo que se ha establecido un parámetro denominado Resistencia de Radiación (R_r), el que define el valor de resistencia típica, para que al circular la misma corriente que circula por la antena, disipara la misma cantidad de potencia.

III.3.5.2.3. Eficiencia

Se conoce como eficiencia al rendimiento que posee una antena, y resulta de la relación entre la potencia radiada y la potencia entregada a la misma.



III.3.5.2.4. Impedancia de entrada

La impedancia de entrada, depende de la frecuencia que se esta utilizando, y esta compuesta por una componente Activo (Re) y una componente Reactiva (Xe). De esta forma Re puede asimilarse como la resistencia total de la antena en su terminal de entrada. De esta manera se define a la impedancia de entrada a la relación que existe entre el voltaje de entrada y la corriente de entrada de la antena.

III.3.5.2.5. Polarización

Una onda electromagnética está formada por campos eléctricos y magnéticos íntimamente ligados que se propagan en el espacio. La dirección del campo eléctrico se corresponde con la polarización de esta onda. La polarización de una antena corresponde a la dirección del campo eléctrico emitido por una antena. Esta polarización puede ser: Vertical, Horizontal y Elíptica, Circular (Hacia la derecha o hacia la izquierda)

III.3.5.2.6. Polarización elíptica

La polarización elíptica se produce cuando el campo eléctrico va girando en el plano perpendicular a la dirección de propagación, como un sacacorchos. Tiene ciertas ventajas en transmisión satelital y es la polarización producida por antenas helicoidales. Un caso particular de la polarización elíptica es la polarización circular la cual puede ser hacia la derecha o hacia la izquierda. En general, se puede emplear cualquier tipo de polarización, lo importante es que ambos extremos de un enlace utilicen el mismo tipo de polarización. En polarización elíptica deben tener el mismo sentido de giro.

III.3.5.2.7. Ancho de Haz

El ancho del haz (beamwidth) es el ángulo subtendido por la radiación emitida entre los puntos en que la potencia disminuye a la mitad, (3 dB) respecto a la radiación máxima. Usando el diagrama de radiación en la figura 36, podemos determinar la cobertura espacial donde la antena ofrece buena cobertura. El ángulo entre los puntos de media potencia es conocido como ancho del haz o “beamwidth” en inglés y se define tanto para el plano horizontal

como para el plano vertical. Sólo en el caso de una antena con simetría circular perfecta ambos ángulos son iguales. Existe una relación inversa entre la ganancia y la extensión de la cobertura: una antena de alta ganancia tendrá una anchura de haz muy pequeña.

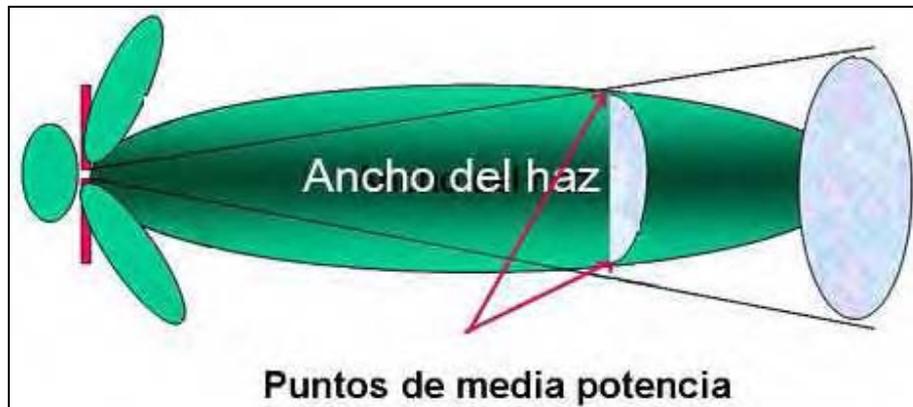


Figura 36. Ancho de Haz.

III.3.5.2.8. Ancho de Banda

El ancho de banda de una antena es el rango de frecuencias en el cual la misma puede operar satisfaciendo ciertos criterios, por ejemplo la gama de frecuencias para la cual la antena va a tener una Razón de Onda Estacionaria (SWVR) menor que 2:1. Es decir los valores de frecuencia donde la antena se comporta de la mejor manera.

Con respecto a las antenas utilizadas en las soluciones In-Building corresponden a dos tipos:

- Omnidireccionales.
- Direccionales. (Panel)



Figura 37. Antena tipo Omnidireccional.



Figura 38. Antena direccional (Panel).

Las antenas en In-Building, tipo omnidireccionales que se utilizan frecuentemente, tienen las características que son diseñadas multibanda, con lo cual se abarca un amplio rango de frecuencias a ser cubiertas por una pequeña antena. En su comienzo fueron creadas para aplicaciones inalámbricas de oficinas y ahora son utilizadas en malls, aeropuertos, estacionamientos, galerías comerciales, centros de eventos, y otros espacios edificados. El patrón de radiación de las antenas omnidireccionales es de 360°.

Las antenas Direccionales, denominadas comúnmente en el mercado como “Panel”, estas también están diseñadas en su mayoría como multibanda, a diferencia de las omnidireccionales



es el patrón de radiación, ya que en las antenas panel es un lóbulo de apertura horizontal de 70° y vertical de 60° .

Por todo lo mencionado es que depende el uso de un tipo de antena u otro, esto se debe a las necesidades del área que se quiera cubrir, dependiendo de la morfología del lugar. Por lo general la antena tipo panel se utiliza en lugares donde hay que cubrir grandes áreas como por ejemplo: en pasillos de gran longitud, estacionamientos, galpones, etc. Por lo contrario las antenas tipo omnidireccional es la que utiliza generalmente en lugares donde hay que cubrir menor área como por ejemplo: oficinas, salones, halls, etc.

III. 4.0. Implementación de una solución In-Building

Como se había mencionado anteriormente, la gran atenuación que presenta la señal dentro de las construcciones, es un problema que requiere de estudios para lograr una solución dependiendo de distintos factores como: tipo de construcción, tipo de piso, techo, muros, paredes de distinto grosor y material, son los que producen los efectos mencionados en la debilitación de la señal.

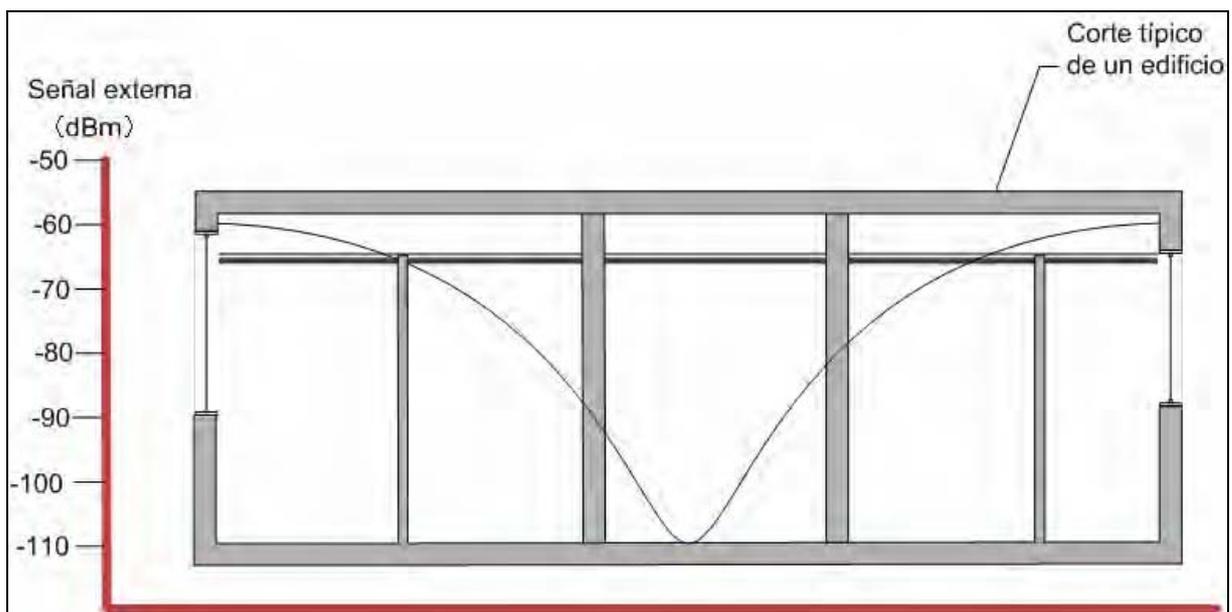


Figura 39. Degradación de la señal en función de los obstáculos.

El nivel de señal recibido en el interior de un edificio es un dato de mucha importancia para los diseñadores de la red de telefonía celular. A continuación se va a hacer referencia a un proyecto realizado en un edificio de la Empresa VTR.

Este es un Edificio que consta de 15 pisos, de los cuales el cliente solicitó explícitamente realizar una solución para mejorar los problemas de Cobertura, Calidad e Interferencia, en los pisos 2, 3, 4, 12, 13, 14, 15.

Para lo cual se asistió a realizar un Survey (visita de ingeniería), en la cual se realizaron las pruebas de cobertura, con los planos del edificio, se tomaron fotografías del lugar para proyectar las futuras posiciones de las antenas y los equipos. De acuerdo a las mediciones



tomadas se decide los tipos de antenas a utilizar y también de acuerdo a la morfología del edificio se decide la futura posición de las antenas.

Posteriormente de acuerdo a la factibilidad técnica de instalación, se realizaron los cálculos para saber la cantidad de cable (feeder) que se va a utilizar y además de buscar las pasadas por donde se guiará el feeder y verificar si existe espacio en las escalerillas y shaft, con estos datos se realiza los cálculos de ingeniería. Estos son cálculos de potencia de las antenas, donde se consideran las pérdidas de los cables (feeder), jumper, conectores, ganancia de las antenas, potencia de la BTS). Luego se realiza un fotomontaje de las antenas y equipos que se van a instalar ya sabiendo la ubicación de estos, en paralelo a este fotomontaje se realiza la creación de los Planos de distribución de los equipos. También se realizan diagramas unifilares de energía eléctrica y de RF, donde se indica la cantidad de cable entre cada elemento y adicionalmente se sabe en que nivel se encontrarán los elementos. Con todos estos datos se realiza dos documentos uno llamado Negociación y otro llamado PCI (Proyecto de Cobertura Indoor) a estos en el final se les adjunta los data sheet de las antenas, elementos pasivos (splitter, combinadores, tapper), feeder, conectores, Repetidores, Micro BTS, etc. El documento de Negociación se utiliza para que el operador negocie con la administración del edificio, y dependiendo del resultado de esta negociación, el operador decide si se aprueba o no la instalación del sitio, además de la puesta en servicio de este. El documento PCI (Proyecto de Cobertura Indoor) se entrega directamente al departamento de ingeniería de RF del operador donde realizan una revisión detallada de la cantidad de antenas que se utilizando, potencias de las antenas proyectadas, estética del lugar, plan de frecuencias, etc.

Desde el momento que se aprueba la instalación, dependiendo de la cantidad de antenas existen plazos para realizar esta etapa del proyecto in-building. Después de la instalación se realizan mediciones de línea de los feeder instalados y conectores, estas mediciones se realizan con el instrumento Anritsu Site Master, después de verificar que los feeder se encuentran en perfectas condiciones, se procede al comisionamiento del Repetidor o BTS (configuración de los parámetros de funcionamiento), y en el caso de Micro BTS se realizan pruebas de time slot, handover, walk test final. También se toman fotografías de las antenas y equipos instalados, con las nuevas medidas de los cables se realizara las modificaciones a los planos de distribución de equipos, posteriormente se modifica el diagrama unificar de RF y el cálculo de ingeniería. Con



toda esta información recolectada desde que se comienza la instalación hasta que se encuentra funcionando el sitio se realiza un documento llamado As Built. Desde el momento que se realiza el documento As Built se encuentra terminado el proyecto o solución In-Building, a excepción que en ese lugar existan ampliaciones o modificaciones del recinto, esto implicaría realizar una optimización de RF, de acuerdo a la arquitectura actual del lugar.

III.4.1. Mediciones de cobertura iniciales (Walk Test Inicial)

La primera etapa consiste en realizar mediciones de cobertura de celular en todas las áreas de interés, que se desee mejorar la cobertura o mejorar su capacidad de tráfico. Para realizar estas mediciones de los distintos niveles de señal se utilizo dos equipos TEMS SONY ERICSSON, los cuales se utilizaron en modo Scan, el que realiza un Scan de la cobertura y el otro en modo dedicado, para captar los canales. Para esta medición se realiza una selección de la banda de frecuencia y los canales respectivos del operador que se desean medir los niveles. Estos equipos TEMS se conectan al PC portátil, el cual recolecta los datos capturados, a través de un intervalo de tiempo.

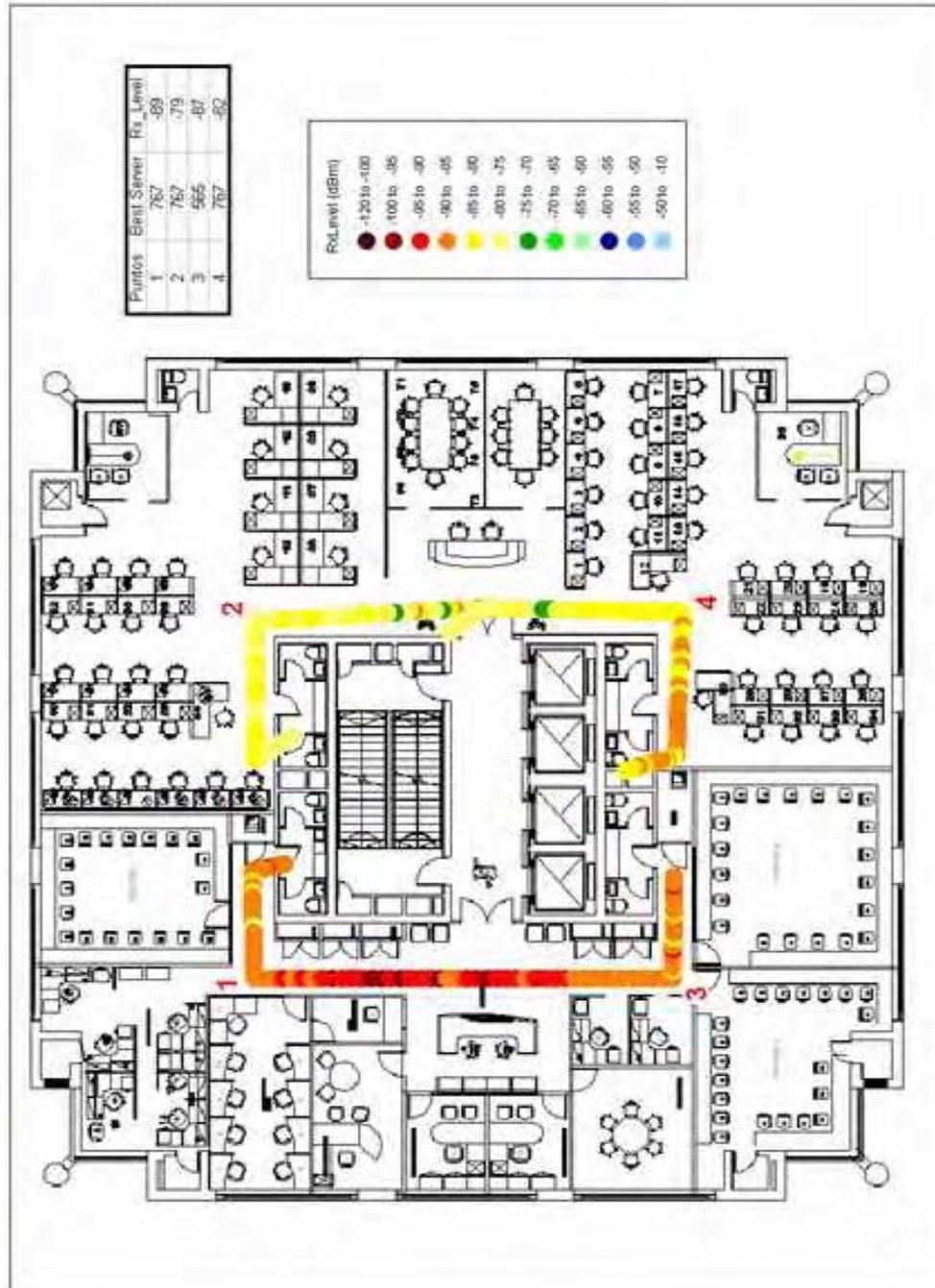
En este tipo de medición el software se configura para obtener Valores de Potencia (RxLevel dBm), Canales. Luego se realiza un recorrido con el equipo Teme y el notebook, por los lugares de interés, marcando los recorridos en un plano del lugar de interés, grabando la información recolectada, el que entrega la información en tablas de datos, para finalizar filtrando los datos y tomando solo la información deseada, aplicando parámetros (Temáticos) para poder lograr los plots requeridos.

A continuación se muestran los planos con las mediciones realizadas (walk test) en el Edificio VTR, debido a restricciones de la administración del edificio solo se realizaron walk test inicial en los pisos: 3, 12 y 15. (En los pisos restantes solo se verifico los niveles con Teléfono TEMS Ericsson T616)

PROYECTO DE COBERTURA INDOOR

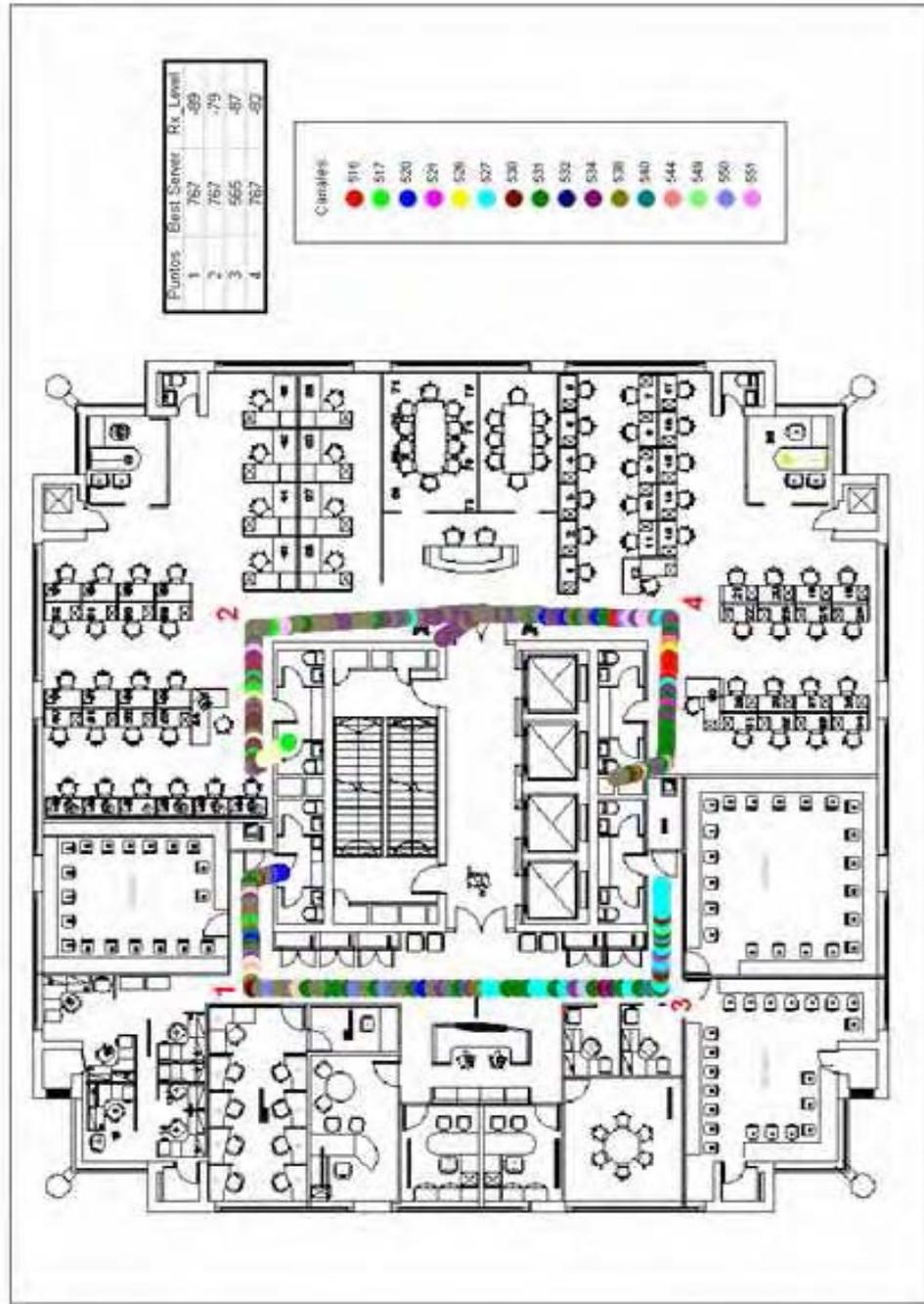
Walk Test Inicial RXLEVEL (dBm)

SITE ID :	RM 367	NOMBRE:	OFICINAS VTR	DIRECCIÓN :	TEATINOS 950	COMUNA:	SANTIAGO	REGION:	13
LATITUD:	33°25'57,42"	LONGITUD:	70°39'21,98"	ALTURA:	564 MTS.	REVISIÓN:	0	PISO 3	
				FECHA:					



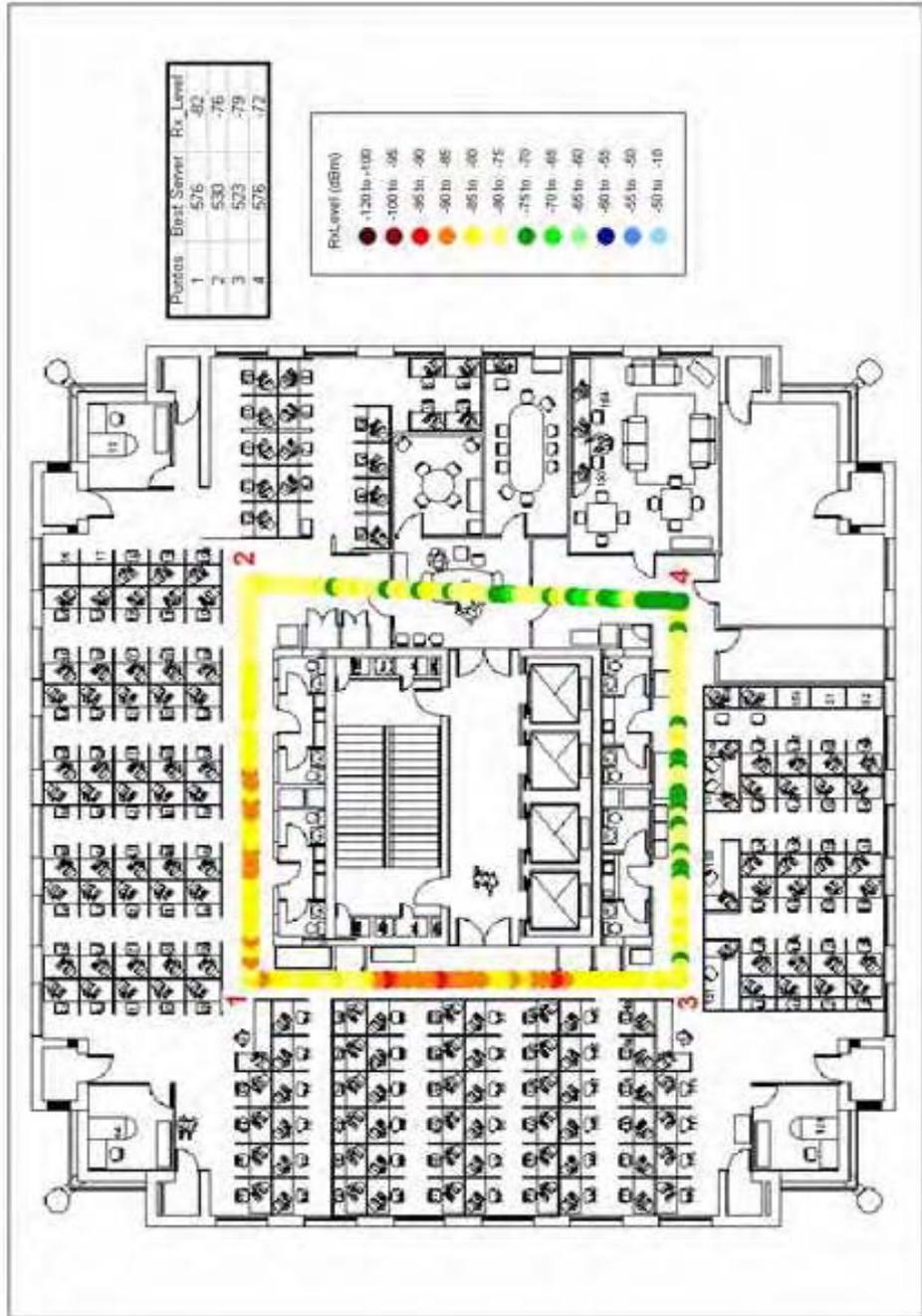
PROYECTO DE COBERTURA INDOOR
Walk Test Inicial CANALES

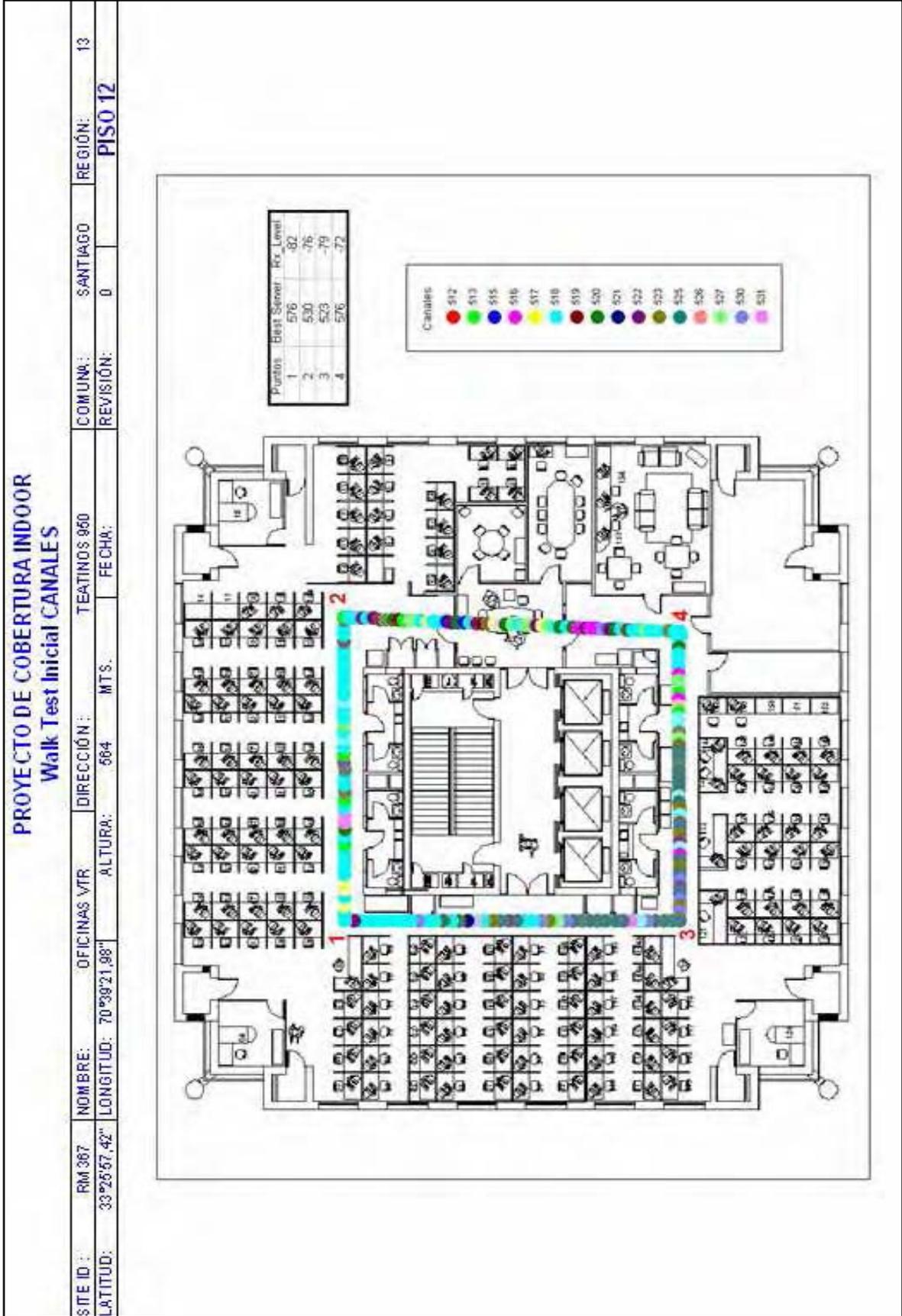
SITE ID :	RM 367	NOMBRE:	OFICINAS VTR	DIRECCIÓN :	TEATINOS 960	COMUNA :	SANTIAGO	REGIÓN:	13
LATITUD:	33°25'57,42"	LONGITUD:	70°39'21,98"	ALTURA:	564 MTS.	FECHA:	0	REVISIÓN:	FISO 3



PROYECTO DE COBERTURA INDOOR
Walk Test Inicial RXLEVEL (dBm)

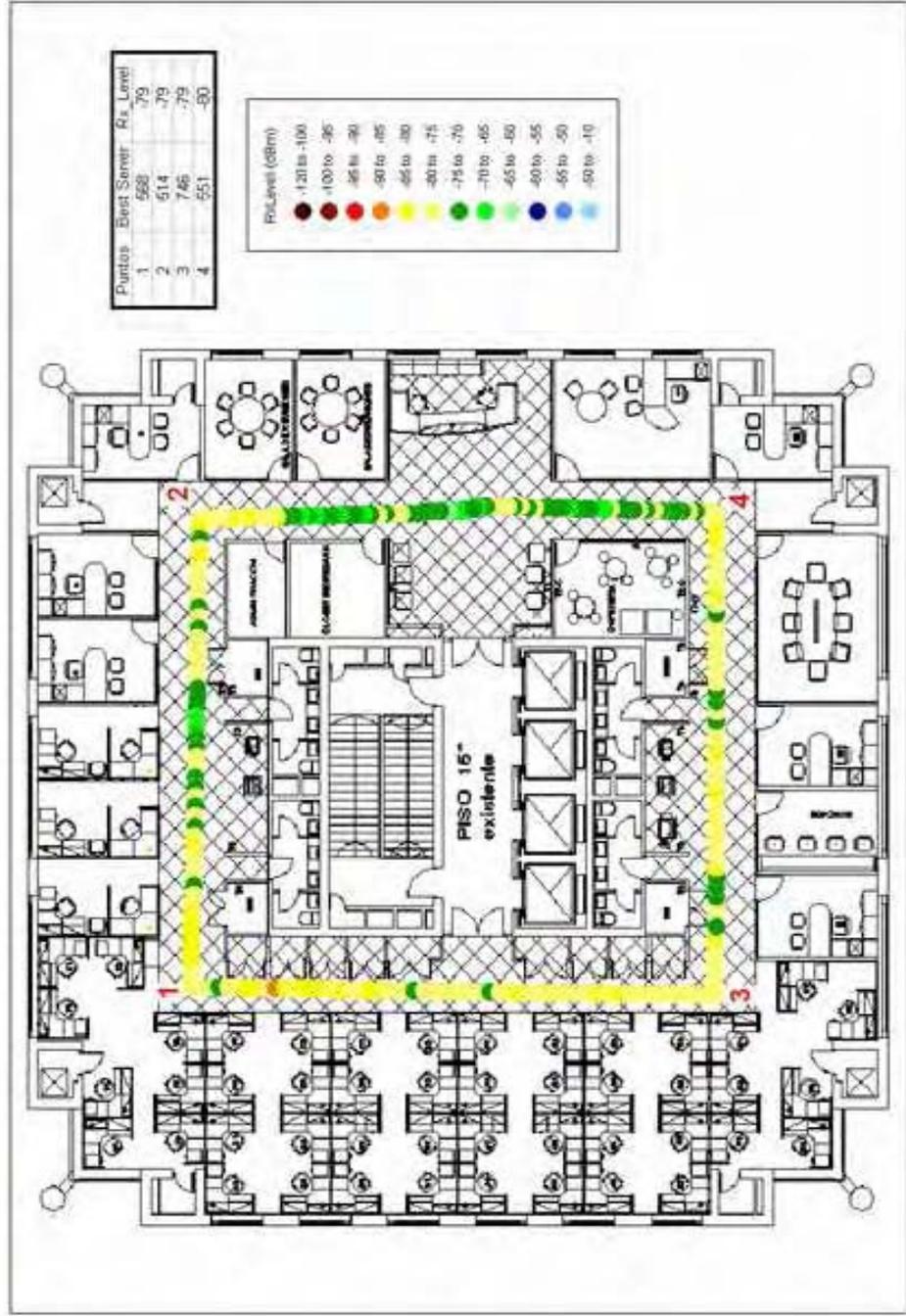
SITE ID :	RM 367	NOMBRE:	OFICINAS VTR	DIRECCIÓN :	TEATINOS 960	COMUNA:	SANTIAGO	REGIÓN:	13
LATITUD:	33°25'57,42"	LONGITUD:	70°39'21,98"	ALTURA:	564 MTS.	FECHA:		REVISIÓN:	0
									PISO 12





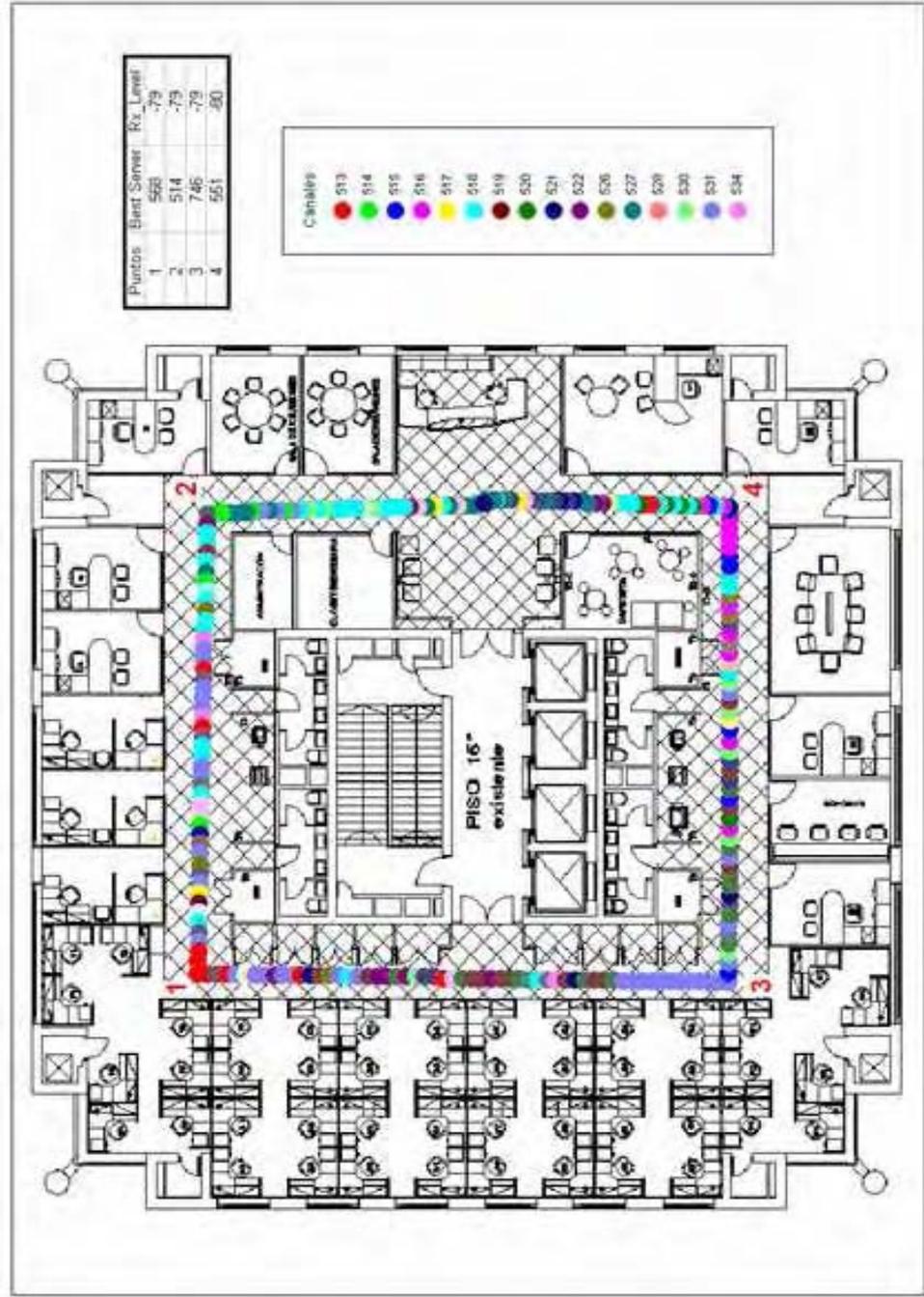
PROYECTO DE COBERTURA INDOOR
Walk Test Inicial RXLEVEL (dBm)

SITE ID :	RM 367	NOMBRE:	OFICINAS VTR	DIRECCIÓN :	TEATINOS 950	COMUNA:	SANTIAGO	REGIÓN:	13
LATITUD:	33°25'57.42"	LONGITUD:	70°38'21.98"	ALTURA:	564 MTS.	FECHA:		REVISIÓN:	0
									PISO 15





PROYECTO DE COBERTURA INDOOR Walk Test Inicial CANALES					
SITE ID :	RM 367	NOMBRE:	OFICINAS VTR	DIRECCIÓN :	TEATINOS 960
LATITUD:	33°26'57.42"	LONGITUD:	70°39'21.98"	ALTURA:	584 MTS.
		COMUNA:	SANTIAGO	REVISIÓN:	0
				REGIÓN:	PISO 15





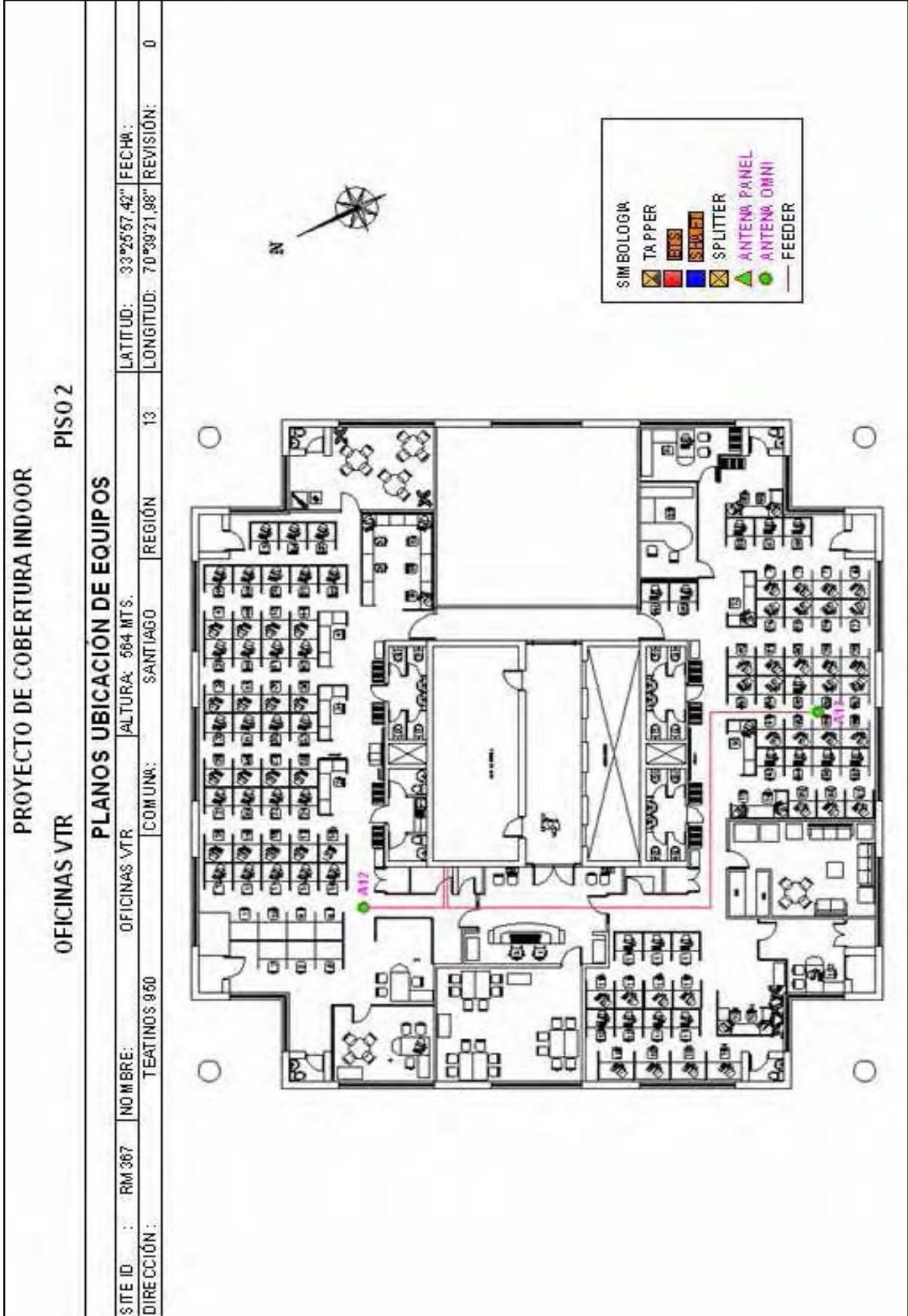
III.4.2. Planos de distribución de equipos.

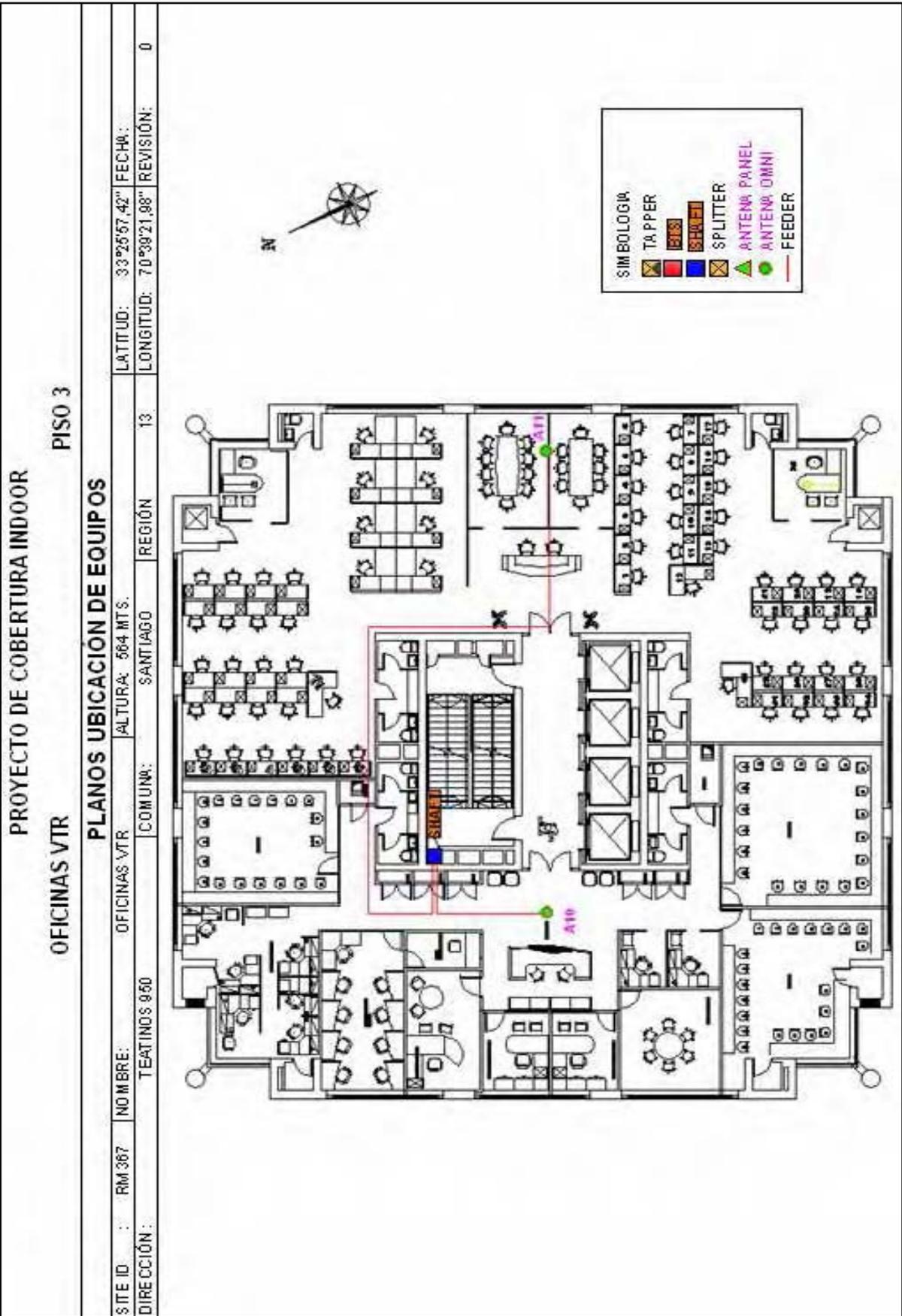
Una vez finalizado las mediciones de cobertura, se procede al análisis de estas. De esta manera se concluirá, cuales son las áreas y puntos donde la señal es deficiente con respecto a la potencia y C/I.

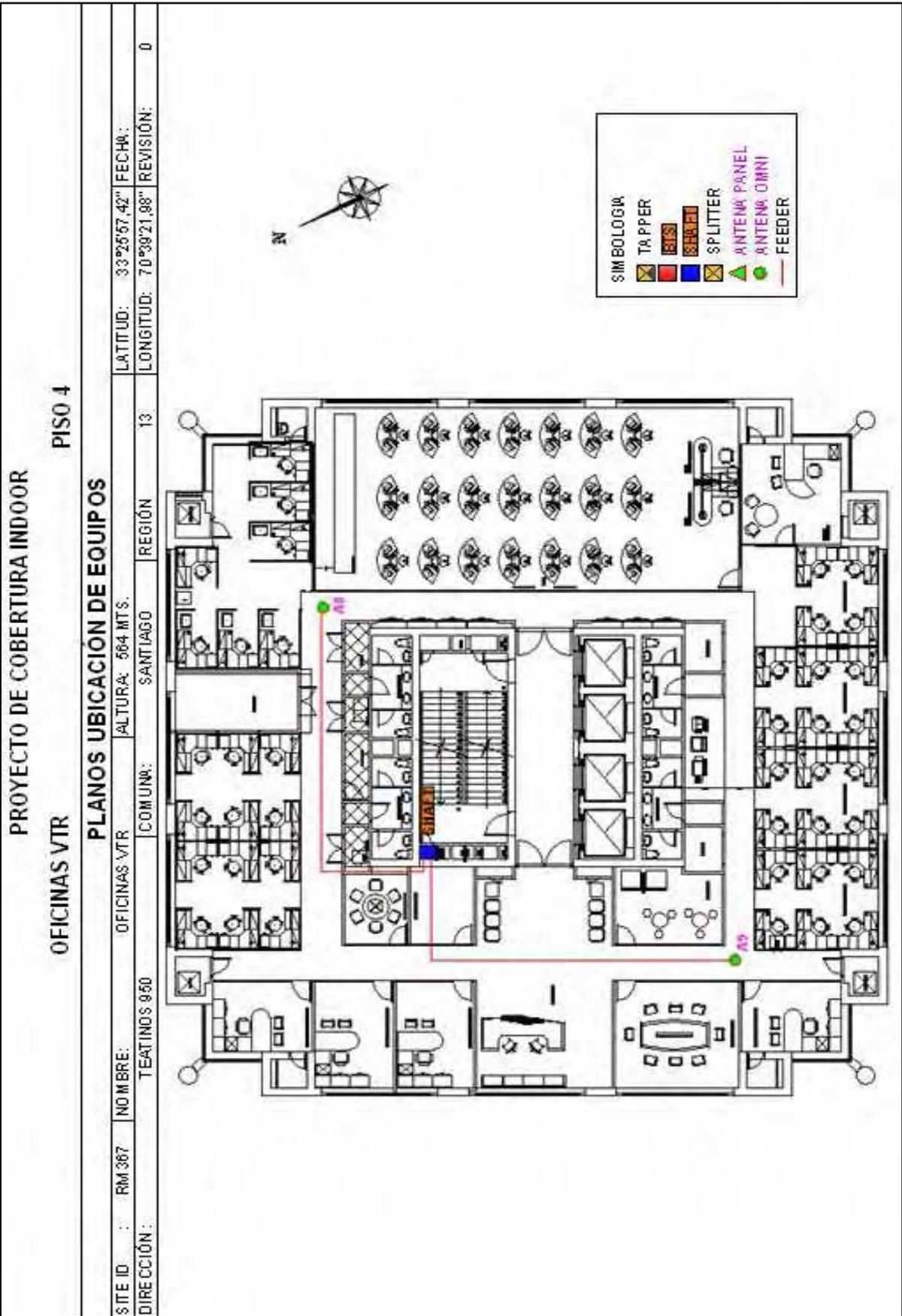
Después de haber realizado el análisis de estos parámetros, se determina que en los siete pisos donde el cliente solicito una solución In-Building, presentan problemas de cobertura con niveles aproximados de -85 dBm, además que en los plot de canales se ve que existe demasiada interferencia, ya que hay muchos canales presentes en el sector. Esto se produce porque cerca del lugar no hay sitios outdoor, y en el sitio solo llegan rebotes de sitios outdoor lejanos, además que en los pisos donde exististe gran altura por lo general existe interferencia de canales (frecuencia).

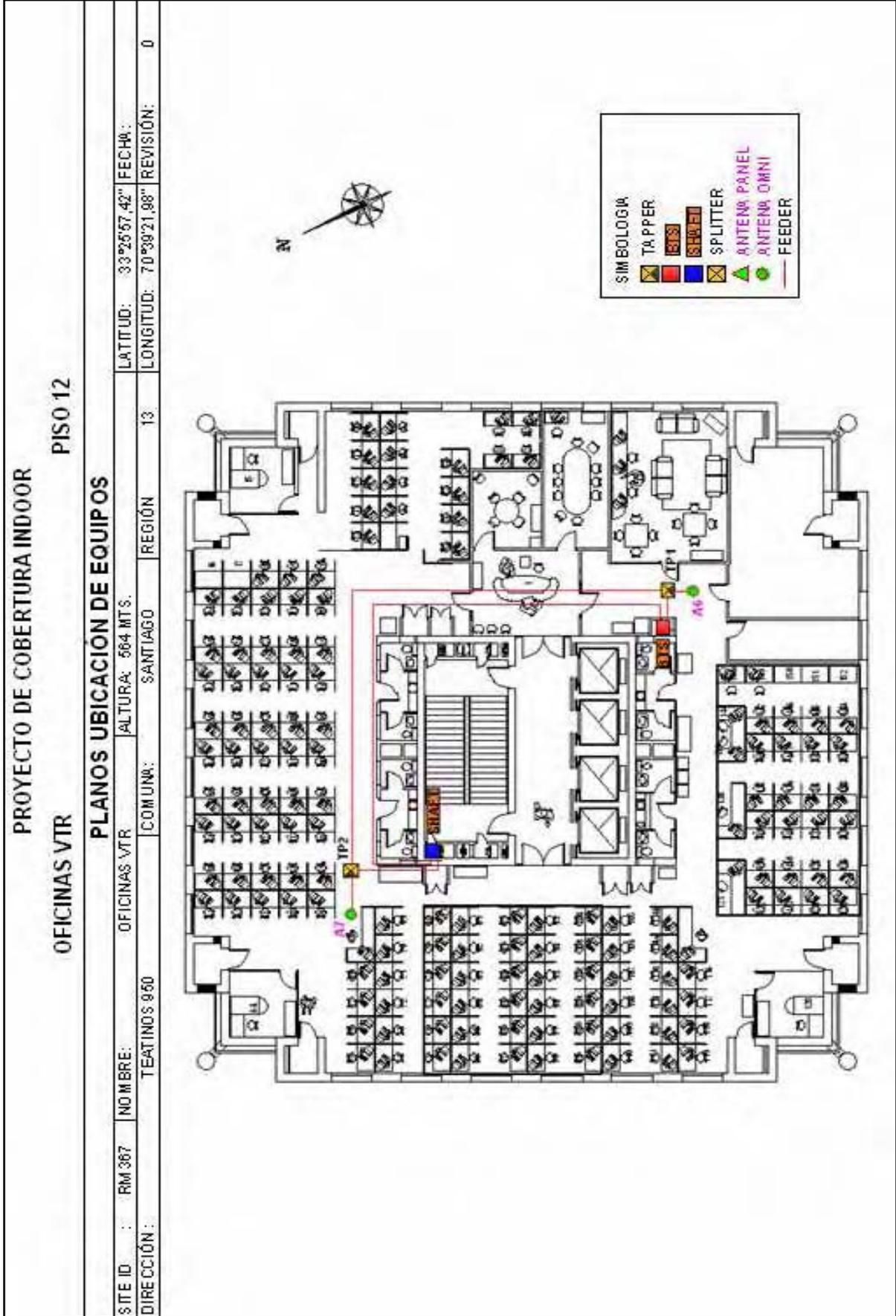
Como consecuencia a el análisis hecho, se decide que se utilizará una micro BTS 2308 Ericsson, de acuerdo a las necesidades del sitio. El DAS se diseño pensando en la morfología del edificio y en la potencia de las antenas, respaldado en el cálculo de ingeniería.

A continuación se muestran los planos de los siete pisos con la distribución de antenas.









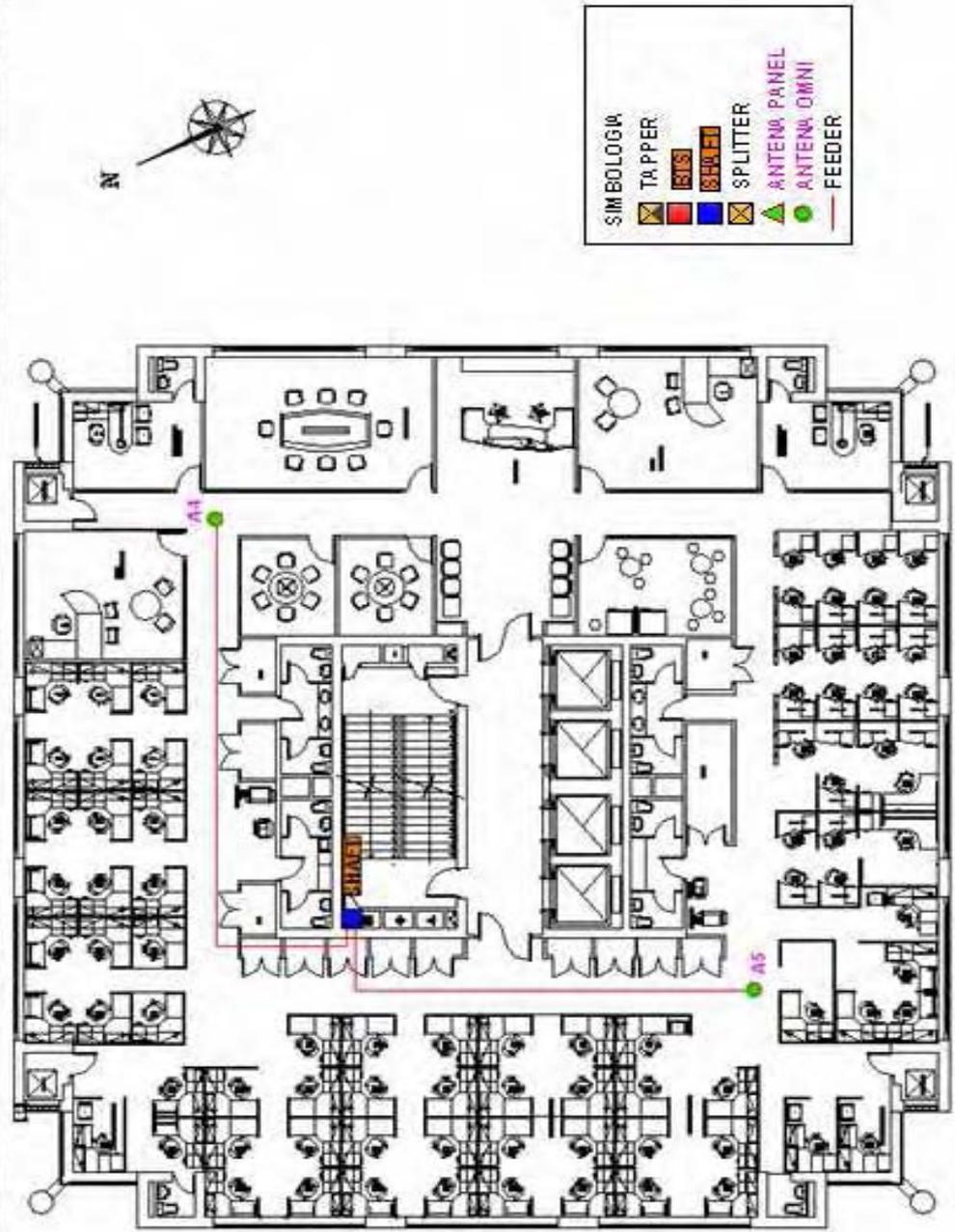
PROYECTO DE COBERTURA INDOOR

OFICINAS VTR

PISO 13

PLANOS UBICACION DE EQUIPOS

SITE ID :	RM 367	NOMBRE:	OFICINAS VTR	ALTURA:	564 MTS.	LATITUD:	33°25'57,42"	FECHA:	
DIRECCIÓN :	TEATINOS 950	COMUNA:	SANTIAGO	REGION	13	LONGITUD:	70°39'21,98"	REVISIÓN:	0



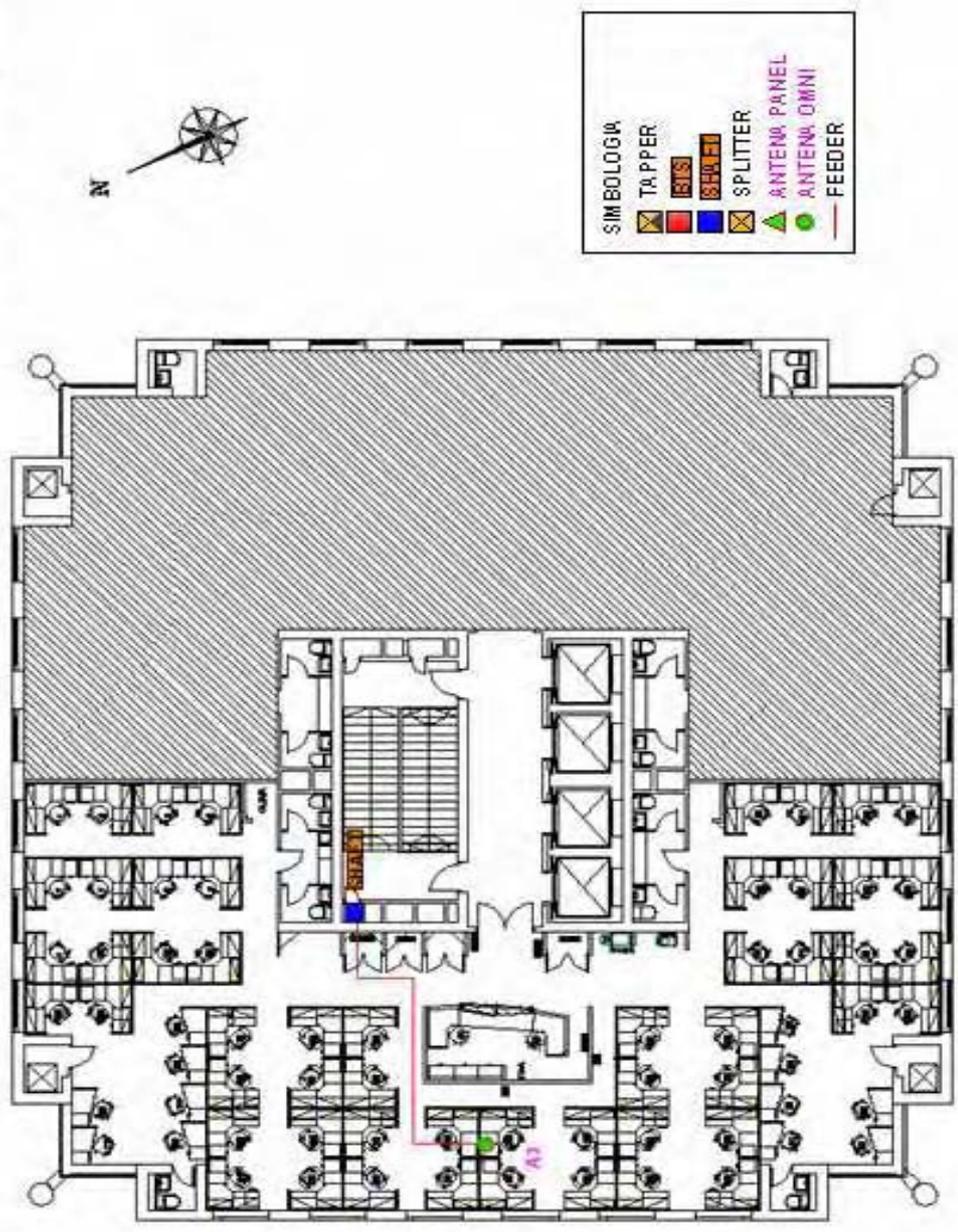
PROYECTO DE COBERTURA INDOOR

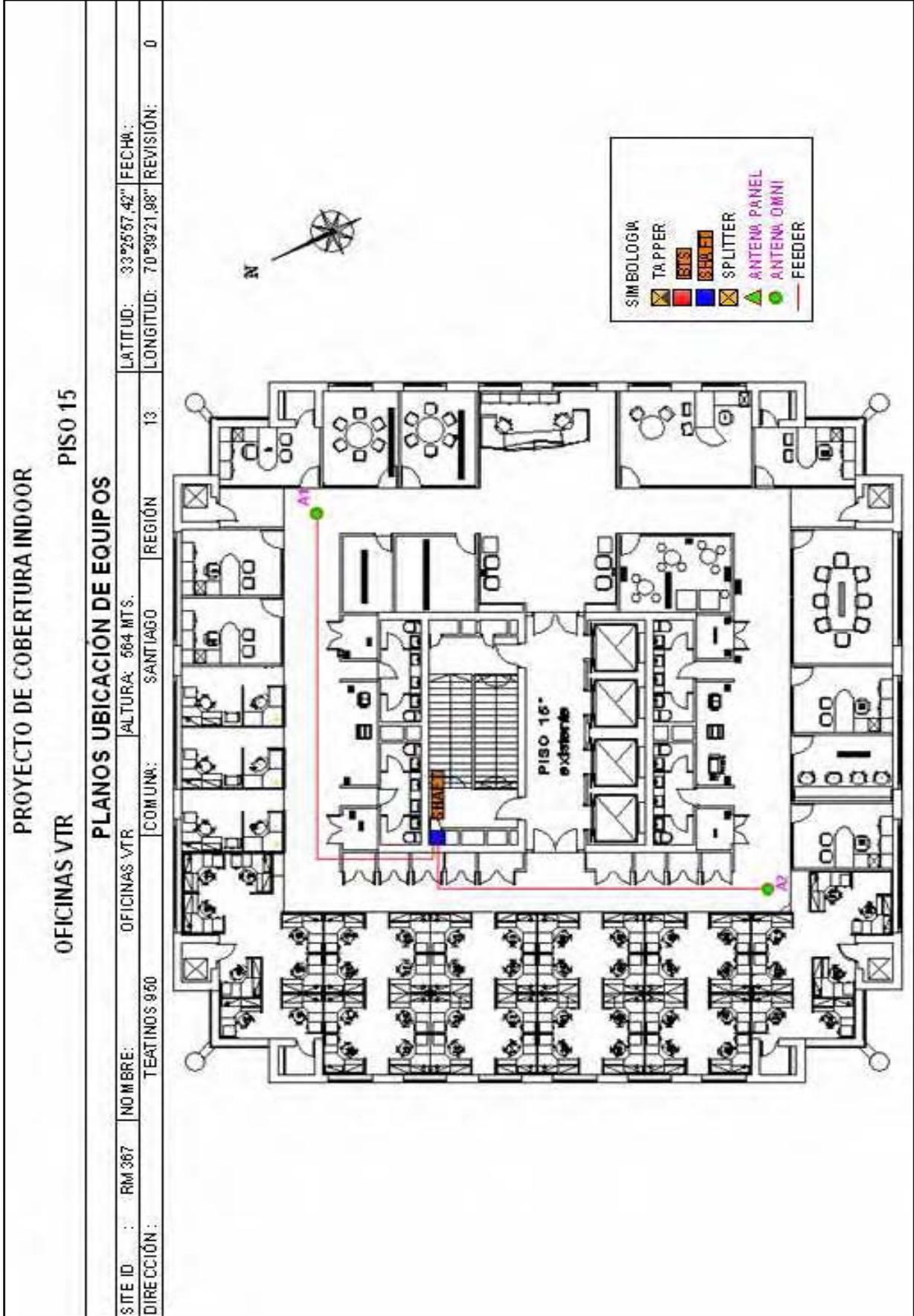
PISO 14

OFICINAS VTR

PLANOS UBICACION DE EQUIPOS

SITE ID : RM 367	NO M BRE: OFICINAS VTR	AL TURA: 564 MTS.	LATITUD: 33°25'57,42"	FECHA:
DIRECCION : TEATINDOS 950	COMUNA: SANTIAGO	REGION: 13	LONGITUD: 70°39'21,98"	REVISION: 0





III.4.3. Fotomontaje de antenas y equipos.

Una vez realizado el diseño del DAS según los puntos anteriores, con las fotografías tomadas del lugar, donde irán en futuro las antenas y equipos, se realiza un fotomontaje para su posterior instalación, ya que esta parte del documento tiene gran importancia para los técnicos que van a realizar la instalación y no instalen los equipos en otra ubicación, además que también se utiliza para ver el impacto visual que se va a obtener con los equipos instalados, este tema es muy importante para la mayoría de las administraciones y dueños de los edificios.

A continuación se muestran los fotomontajes de las futuras antenas y equipos a instalar.



Figura 40. Fotomontaje Micro celda 2308 – Piso 12.



Figura 41. Fotomontaje Antena 1 – Piso 15.



Figura 42. Fotomontaje Antena 2 – Piso 15.

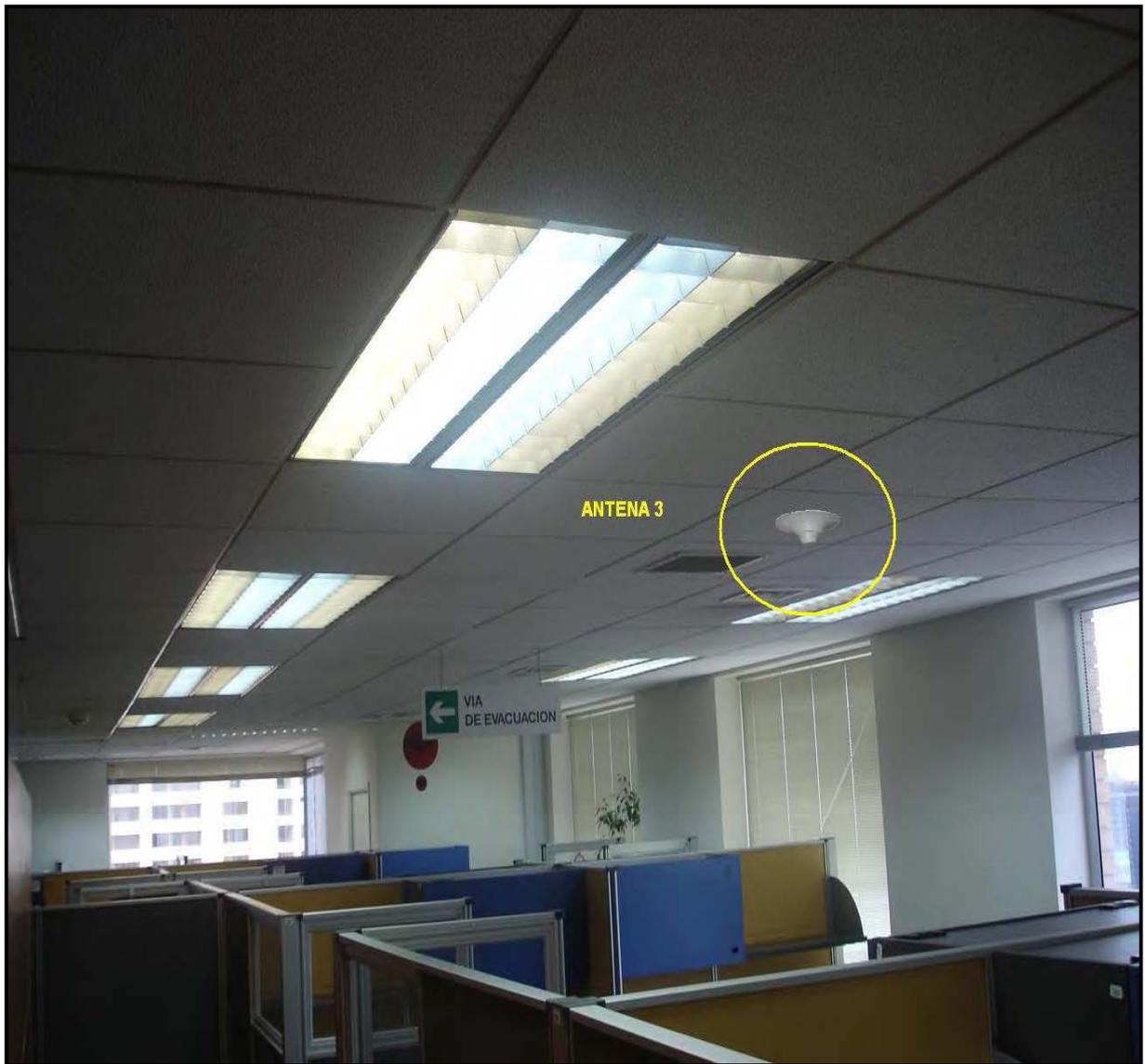


Figura 43. Fotomontaje Antena 3 – Piso 14.



Figura 44. Fotomontaje Antena 4 – Piso 13.



Figura 45. Fotomontaje Antena 5 – Piso 13.



Figura 46. Fotomontaje Antena 6 – Piso 12.



Figura 47. Fotomontaje Antena 7 – Piso 12.



Figura 48. Fotomontaje Antena 8 – Piso 4.



Figura 49. Fotomontaje Antena 9 – Piso 4.

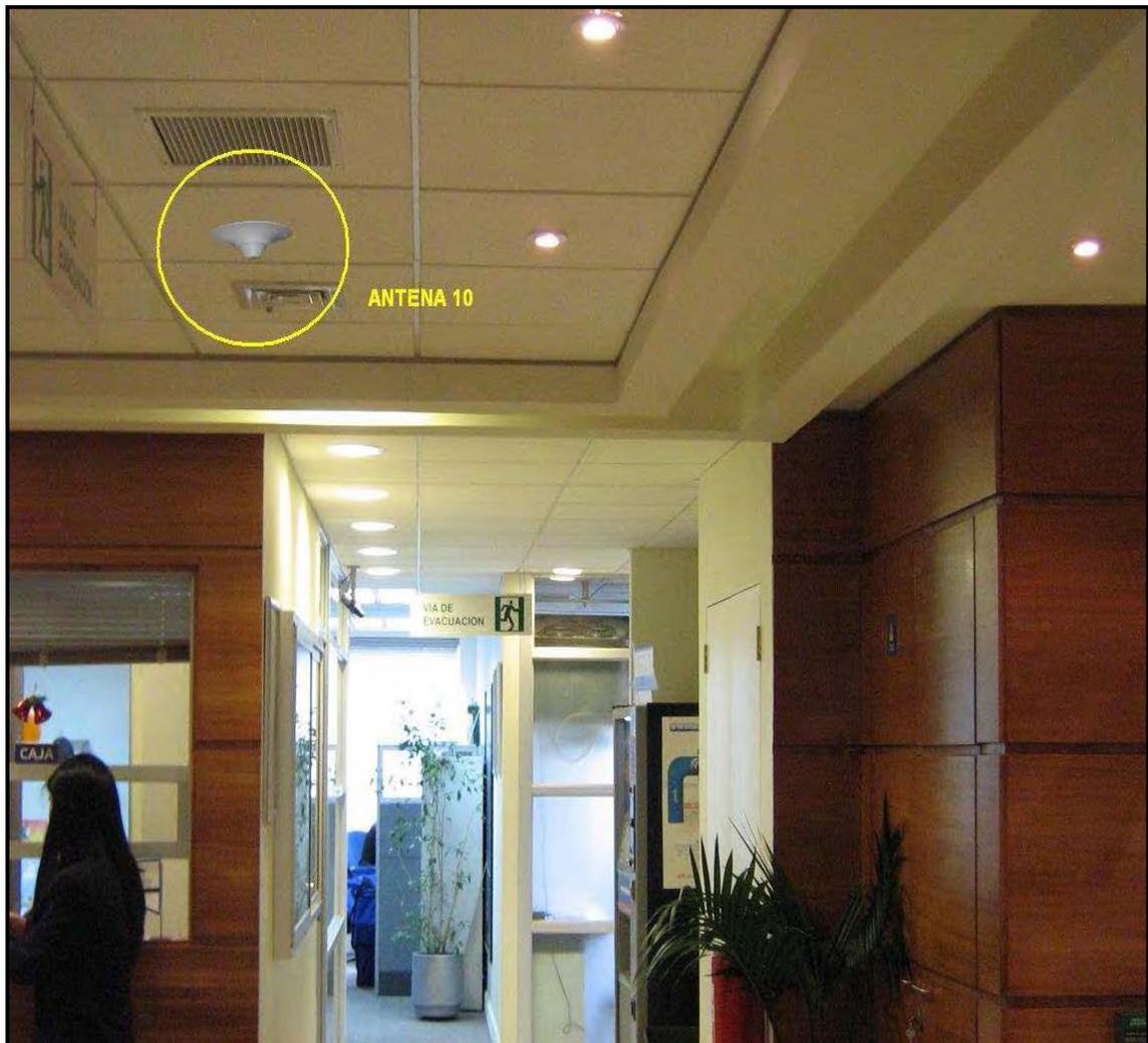


Figura 50. Fotomontaje Antena 10 – Piso3.



Figura 51. Fotomontaje Antena 11 – Piso3.

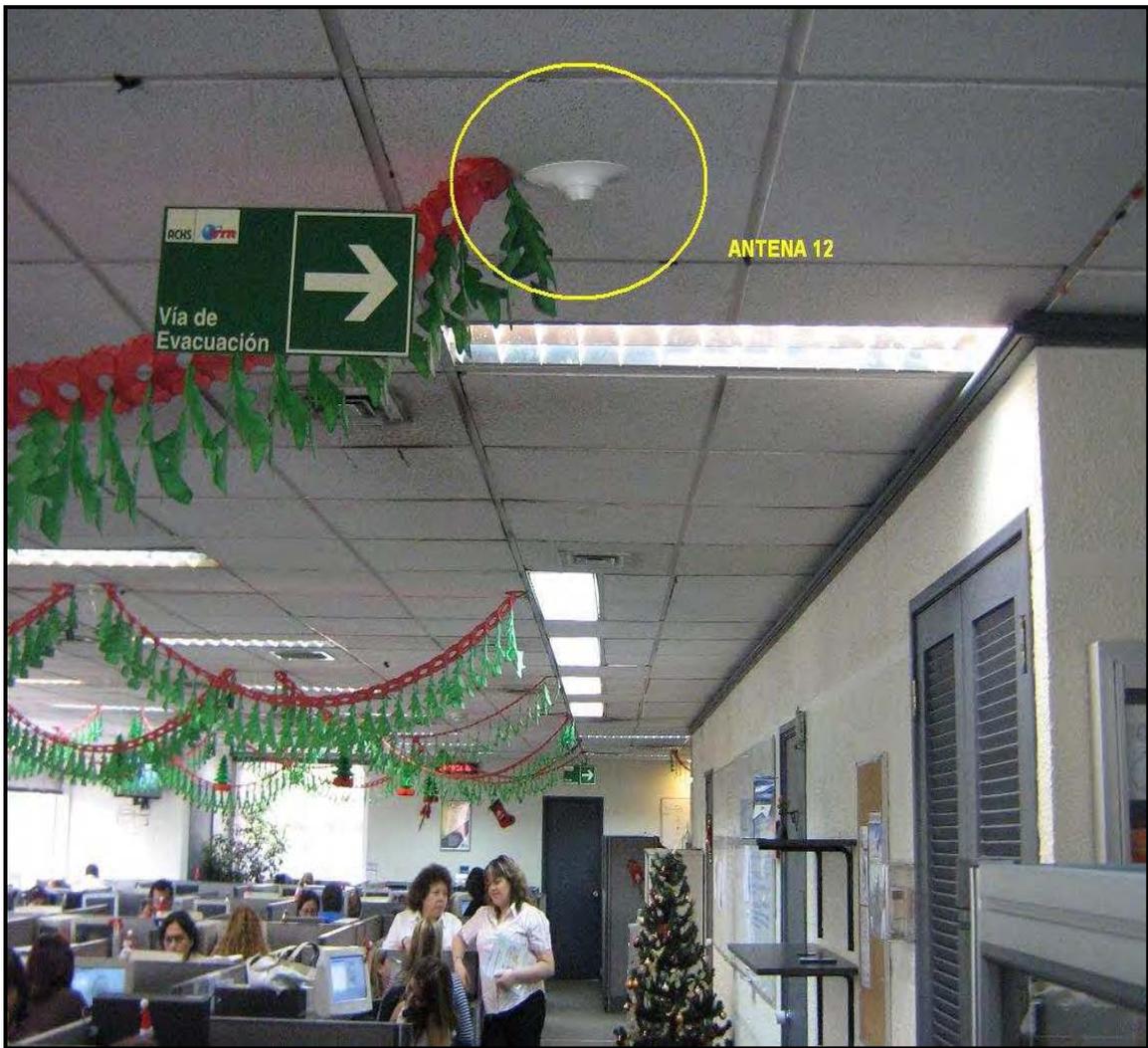


Figura 52. Fotomontaje Antena 12 – Piso2.



Figura 53. Fotomontaje Antena 13 – Piso2.



III.4.4. Diagrama Unifilar RF y Cálculos de Ingeniería.

Inmediatamente posterior a los planos de distribución de equipos de los siete niveles del edificio, se realiza la creación de un diagrama unifilar RF, donde se describe de una manera unilineal la construcción de la solución In-Building. Luego de la creación de este diagrama se realizan los cálculos de potencias de las antenas considerando todas las atenuaciones, pérdidas de los materiales y considerar todos los elementos pasivos.

De acuerdo a la solución que se planteo a este proyecto, utilizaremos una micro BTS 2308, esta tiene 33 dBm de salida en sus transmisores. Con este dato se comienzan todos los cálculos, ya que a este valor se le comienzan a restar las pérdidas y atenuaciones de los cables (feeder), conectores, spitters, tappers, combinadores y ganancia de las antenas a utilizar. (estos valores se encuentran en la parte superior de la hoja de cálculo de ingeniería).

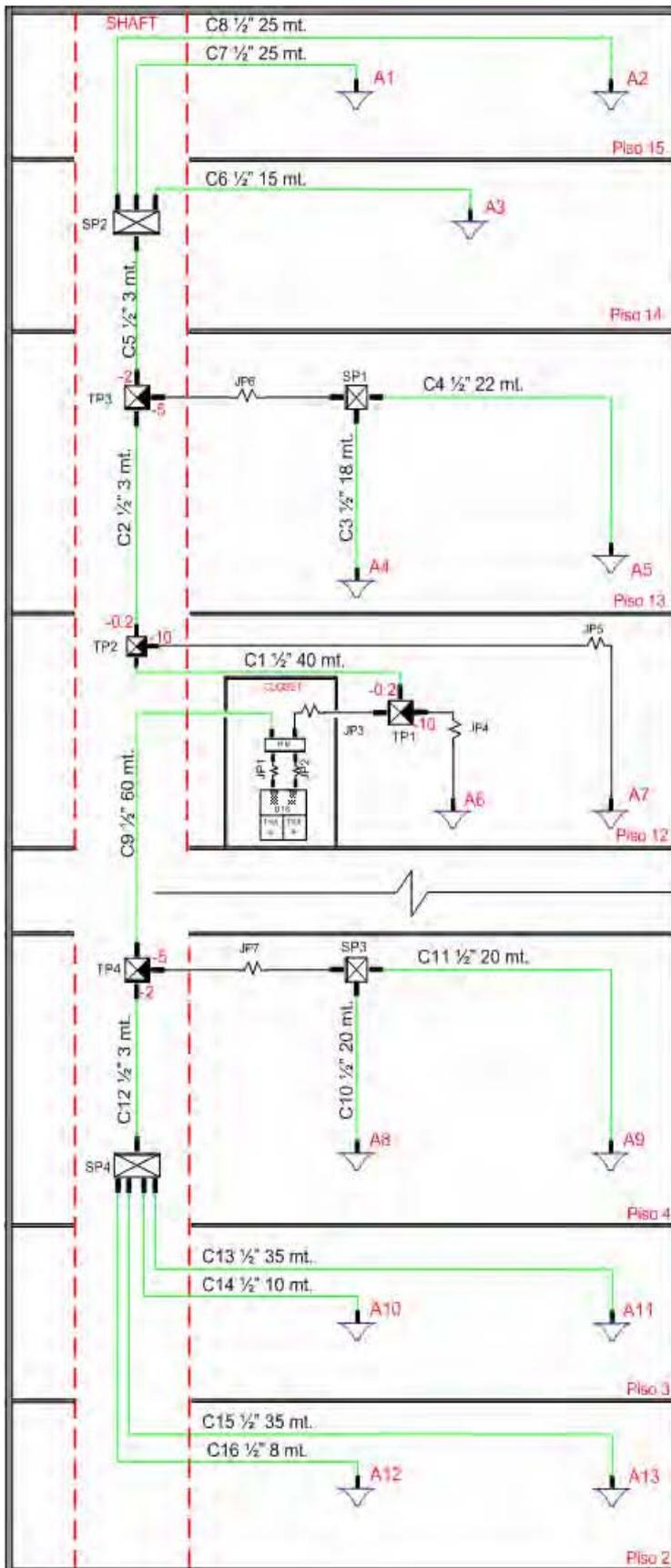
La hoja de cálculo describe de la siguiente manera:

1. La primera columna nos indica el número identificación de la antena en el proyecto, con este número podemos saber cual es su ubicación, ya que la buscamos en los planos de ubicación de equipos y en el diagrama unifilar, adicionalmente saber como quedará después de la instalación mirando el fotomontaje.
2. La segunda columna nos muestra el tipo de antena que se va a utilizar, dependiendo a cada número de identificación de cada antena. Además sabiendo el tipo de antena se va a saber cual es su ganancia.
3. La tercera columna nos indica en que nivel o piso se va a instalar la antena, lo que se puede comprobar con los planos y diagrama unifilar.
4. La cuarta, quinta y sexta columnas nos muestran las pérdidas por cantidad y tipo de splitter (dependiendo de la cantidad de vías que tenga), que se encuentren entre la micro BTS y la respectiva antena. El splitter es un divisor de la señal, por lo que posee una pérdida de 3 dB para el caso de 2 vías, 4,5 dB para 3 vías y 6dB para 4 vías. Para el caso de los splitter estas pérdidas se encuentran de igual manera en todas las salidas del splitter.
5. La séptima columna nos indica la sumatoria de las pérdidas de todos los splitter usados entre la micro BTS y las respectivas antenas.



6. Entre las columnas 8 y 17 se encuentran las atenuaciones de los tappers usados entre la micro BTS y cada antena del DAS. El Tapper es un divisor de señal de dos vías, pero tiene una gran diferencia con el splitter, ya que este atenúa sus salidas de maneras distintas, o sea una salida mas atenuada que la otra. Por eso tenemos tappers de :-5,-7,-10,-15,-20 dB de perdida en sus salidas.
7. La columna 18 se encuentra la sumatoria de las perdidas de los tappers, usados entre la micro BTS y cada antena del DAS.
8. La columna 19 entra la sumatoria de las suma de perdidas de los splitters y tappers.
9. La columna 20 nos muestra el número de conectores que existe entre la micro BTS y cada antena del DAS. La atenuación de un conector es de 0,3 dB.
10. La columna 21 nos indica el número de Jumpers que se encuentran entre la micro BTS y cada antena del DAS. Cada Jumper tiene una atenuación de 0,5 dB.
11. La columna 22 muestra la sumatoria de perdidas por cantidad de conectores y jumper utilizados entre la micro BTS y cada respectiva antena.
12. Entre las columnas 23 y 25, nos indica las pérdidas que existe por la cantidad de cable coaxial (feeder) y el tipo de feeder a utilizar. En la columna 23 nos muestra el feeder de 1 5/8", en la columna 24 feeder de 7/8" y en la columna 25 feeder de 1/2". En el caso de la solución que se planteo solo se utilizara feeder de 1/2", porque las distancias no son excesivamente largas y para no encarecer el proyecto, ya que el feeder de 7/8" tiene un valor más elevado.
13. La columna 26 nos indica la sumatoria de las perdidas totales de los cables utilizados entre la micro BTS y cada antena del DAS.
14. La columna 27 nos muestra la ganancia de la antena a utilizar, de acuerdo a sus parámetros, modelo y marca. En este caso en particular solo utilizamos antenas omnidireccionales, las que poseen una ganancia de 3 dBi.
15. La columna 28 nos entrega la potencia de salida da la micro BTS, en este caso en particular se utilizo una 2308 de Ericsson, la cual tiene 33 dBm.
16. Y finalmente en la columna 29 se tiene la potencia entregada en casa antena (EIRP).

Este cálculo obtiene sumándole a la potencia de salida de la micro BTS la Ganancia de la antena y restándole todas las atenuaciones de todos los elementos pasivos que se encuentran en el DAS.



SIMBOLOGÍA

	CABLE COAXIAL 1/2"		SHAFT O ESCALERILLAS
	CABLE COAXIAL 7/8"		CANALIZACIÓN DUCTOS U OTROS
	CABLE COAXIAL 1.56"		PERFORACION
	JUMPER COAXIAL		
	CONECTOR M H RECTO		
	SEPARACION		
	CABLE DE TIERRA		

	1:2	} SPLITTERS		H5 COMBINADOR 2X2
	1:3			H4 COMBINADOR 4X2
	1:4			TERMINAL DE 50Ω
	TAPPLERS		ATENUADOR	
	ADAPTADOR COAXIAL			

0.55 - 1.5 - 1.10 - 1.13 - 1.15 - 1.20 - 1.30

	REPELIDOR		BTS
--	-----------	--	-----

	ANTENA OMNIDIRECCIONAL
	ANTENA PANEL
	ANTENA DOPOLA
	ANTENA RECTANGULAR OUTDOOR

DIAGRAMA UNIFILAR

Nombre del Proyecto: OFICINAS VTR	
Preparado por: SERGIO DITZEL	Fecha:
Aprobado por:	Rev: 0
Site ID: RM367	Hoja 1 : 1



PROYECTO DE COBERTURA INDOOR OFICINAS VTR

SITE ID :	RM387	NOMBRE:	OFICINAS VTR	DIRECCIÓN :	TEATINOS 360	COMUNA:	SANTIAGO	REGIÓN:	13	FECHA:	
LATITUD:	33°25'57.42"	LONGITUD:	70°39'21.98"	ALTURA:	564 MTS.	PREPARADO POR :	SERGIO DITZEL			REV:	0

CÁLCULO DE INGENIERÍA

PWR SPLITTER	TIPO	LOSS dB.
KPD025-N	1	3.0
KPD030-M	3	4.5
KPD045-N	3	6.0

TAPPER	TIPO	LOSS dB.
Chamber & Micro-Str	1	20
Chamber & Micro-Str	2	15
Chamber & Micro-Str	3	10
Chamber & Micro-Str	4	7
Chamber & Micro-Str	5	5

CABLE	TIPO	LOSS/m (dB)
V45466-B21-C26 1/2"	1	0.103
V45466-B23-C26 7/8"	2	0.0581

DUAMICO	LOSS dB.
DUAMICO 2.2	2.5
DUAMICO 4.2	5.1
FDUAMICO 2.2	2.2
FDUAMICO 4.2	5.4

ANTENA	TIPO	GAIN
TOWT-0.3-0.8/2.5H	1	3
TOWT-0.3-0.8/2.5H	2	8
TOWT-12-1.8V	3	12

COMBINADOR	LOSS dB.
Chamber & Micro-Strip	3.1

JUMPERS	LOSS dB.
JUMPER	0.5

ANT.	TIPO	PISO	SPLITTERS			ATT dB.	TAPPERS	1	2	3	4	5	V	ATT dB.	TOTAL ATT dB.	N CONEC.	N JUMP.	LOSS dB.	COAXIAL 1"5/8	COAXIAL 1/2"	COAXIAL 7/8"	CABLE LOSS dB.	ANTENA GAIN dB.	RPT PWR Out dBm.	PTZERP (dBm)
			2V	3V	4V																				
1	OMNI	15	1	1		7.8	TP1	0.2	TP2	0.2	TP3	2	2	2.4	10.2	8	2	3.4		71	7.3	3.0	33.0	15.1	
2	OMNI	15	1	1		7.8	TP1	0.2	TP2	0.2	TP3	2		2.4	10.2	8	2	3.4		71	7.3	3.0	33.0	15.1	
3	OMNI	14	1	1		7.8	TP1	0.2	TP2	0.2	TP3	2		2.4	10.2	8	2	3.4		61	6.3	3.0	33.0	16.1	
4	OMNI	13	2	2		6	TP1	0.2	TP2	0.2	TP3	5		5.4	11.4	6	3	3.3		61	6.3	3.0	33.0	15.0	
5	OMNI	13	2	2		6	TP1	0.2	TP2	0.2	TP3	5		5.4	11.4	6	3	3.3		65	6.7	3.0	33.0	14.8	
6	OMNI	12	1	1		3	TP1	10						10	13	0	3	1.5		0	0.0	3.0	33.0	21.5	
7	OMNI	12	1	1		3	TP1	0.2	TP2	10				10.2	13.2	2	3	2.1		40	4.1	3.0	33.0	16.6	
8	OMNI	4	2	2		6	TP4	5						5	11	4	2	2.2		80	8.2	3.0	33.0	14.8	
9	OMNI	4	2	2		6	TP4	5						5	11	4	2	2.2		80	8.2	3.0	33.0	14.8	
10	OMNI	3	1	1		9	TP4	2						2	11	6	1	2.3		73	7.5	3.0	33.0	15.2	
11	OMNI	3	1	1		9	TP4	2						2	11	6	1	2.3		98	10.1	3.0	33.0	12.6	
12	OMNI	2	1	1		9	TP4	2						2	11	6	1	2.3		71	7.3	3.0	33.0	15.4	
13	OMNI	2	1	1		9	TP4	2						2	11	6	1	2.3		98	10.1	3.0	33.0	12.6	



III.4.5. Diagrama Eléctrico.

En este diagrama se muestra de una manera sencilla como se conectará eléctricamente el equipo al sistema eléctrico que se encuentra funcionando en el edificio, además menciona la ubicación de las protecciones eléctricas que existen en el sistema y si existe algún tipo de respaldo de baterías.

A continuación se muestra el diagrama unilineal eléctrico.

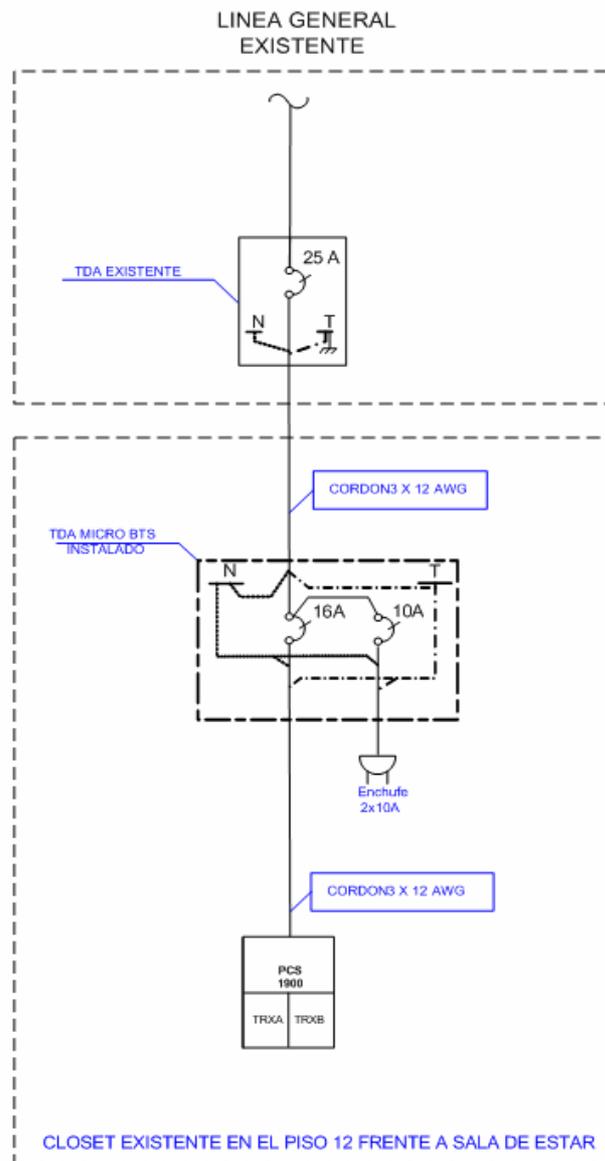


DIAGRAMA DEL EMPALME ELÉCTRICO		
Preparado por: SERGIO DITZEL		
Aprobado por:	Fecha :	REV : 0
Nombre del Proyecto: OFICINAS VTR		
Site ID: RM367	Hoja 1 de 1	



III.5.0. Implementación de la solución In-Building.

Los documentos de Negociación y PCI (Proyecto de Cobertura Indoor) se hacen adjuntando al información ya explicada como: Planos con niveles de potencia (walk test), planos distribución antenas, diagramas unifilares, cálculos de ingeniería y fotomontajes. Desde el momento que se encuentran listos los documentos de Negociación y PCI existe un periodo de espera, donde el operador negocia con el dueño o la administración del edificio.

Posterior a esto se comienza el proceso de la instalación de la solución, si este periodo de espera si ha sido muy largo es recomendable realizar otro Survey (visita de ingeniería) para verificar que lo proyectado no haya cambiado, o hayan existido modificaciones del edificio. En este caso ocurrió algo similar, existieron modificaciones al edificio, pero estas no afectaron a la solución planteada. Así que de este modo comienza el proceso de la instalación de la solución In-Building, donde instalaremos una micro BTS 2308 de Ericsson, el sistema de antenas (DAS), el cableado en este edificio va a ser ruteado por la escalerillas, shaft y cielo americano.

III.5.1. Mediciones de Línea.

Como ya se había mencionado en paralelo a la instalación se realizan las mediciones de línea, las cuales son de gran importancia, ya que con estas sabemos realmente cual es el largo de los feeder instalados y también sabemos en que condiciones se encuentran instalados, si tienen algún tipo de golpe o se encuentran quebrados, en cualquiera de estos casos se tiene que instalar el feeder nuevamente.

Por cada cable se realizan dos mediciones: VSWR y Distance to Fault. Estas mediciones se realizaron el instrumento Anritsu Site Master.

- VSWR (Voltaje Standing Wave Relationship) o ROE (Razón de Onda Estacionaria):
Corresponde a una onda estacionaria que en vez de ser absorbida totalmente por una carga o antena permanece oscilante entre el transmisor y la carga o antena. Para la implementación se utilizaron antenas con VSWR de 1,6; definido por el fabricante.



- Distance to Fault:

Para realizar esta medición el generador envía una señal, la cual al momento de encontrar un obstáculo en la línea, ya sea una antena, carga o inclusive un conector, retorna al generador, de esta manera nos indica a que distancia retorno la señal, con lo que sabremos cual es el largo del feeder que estamos midiendo. Esta medición es fiable siempre que el feeder que estamos midiendo no se encuentra dañado, y se haya tratado de manera correcta respetando la curvatura que se le debe dar al feeder para no aumentar la atenuación.

Antes de realizar las mediciones de debe configurar el instrumento de medición:

1. calibrar el instrumento.
2. Seleccionar el feeder a medir.
3. Seleccionar la Banda en que se esta trabajando en este caso GSM 1900 MHz.
4. Verificar los límites.
5. Verificar la amplitud.(mínima y máxima)

Las mediciones que se realizaron a cada feeder fueron con sus respectivas antenas y en el caso de que se tenga que medir algún cable que se encuentra entre dos splitter o dos elementos divisores de señal, esta medición se debe realizar con carga.

A continuación se muestran las mediciones línea.

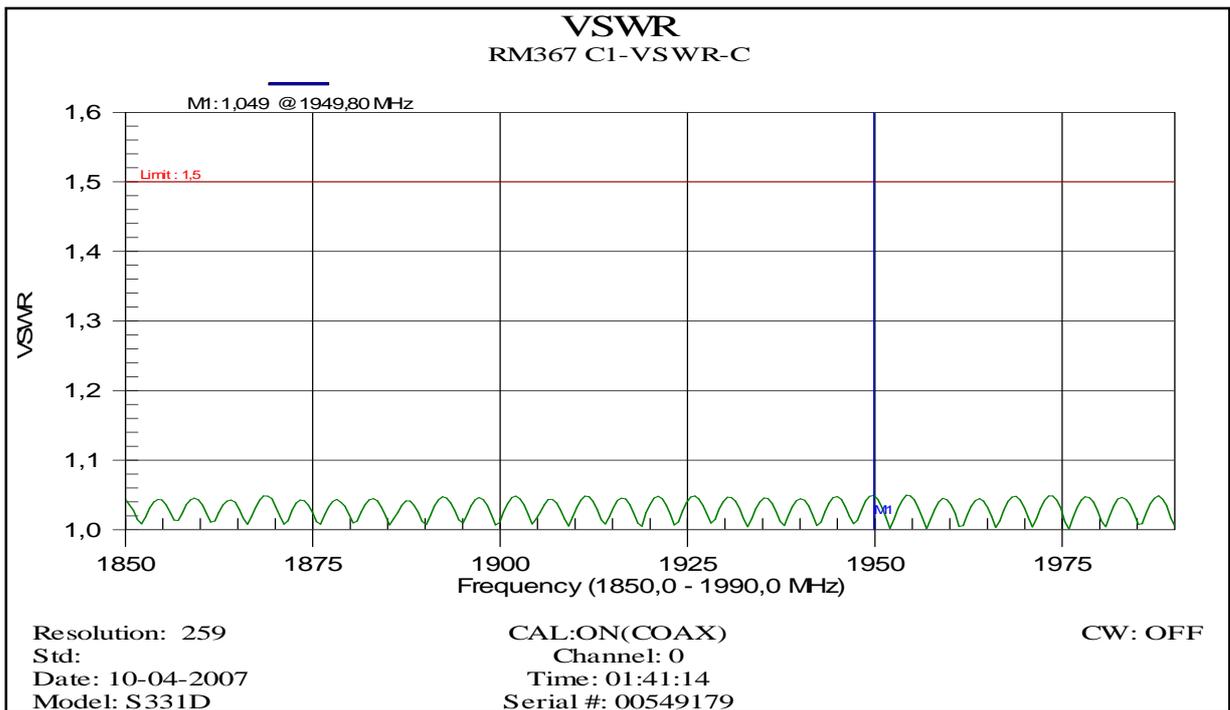


Figura 54. Mediciones VSWR Cable 1

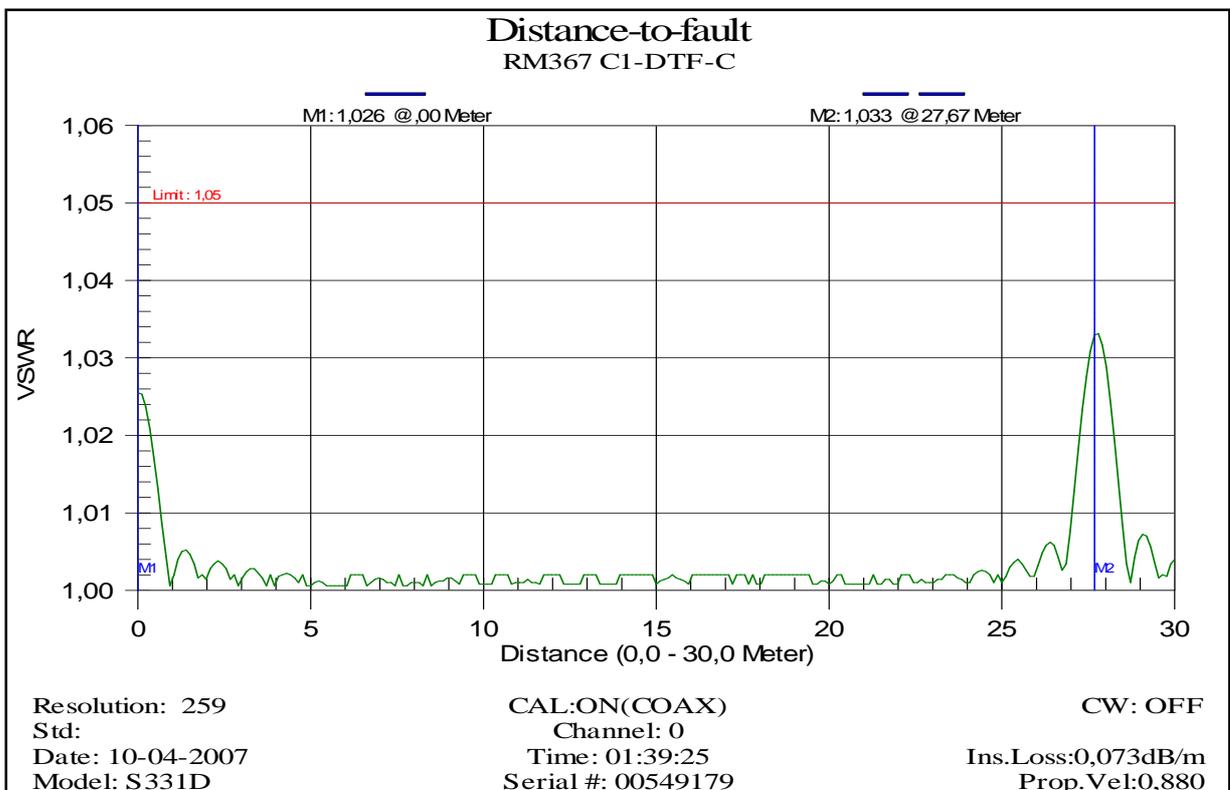


Figura 55. Mediciones Distance to fault Cable 1

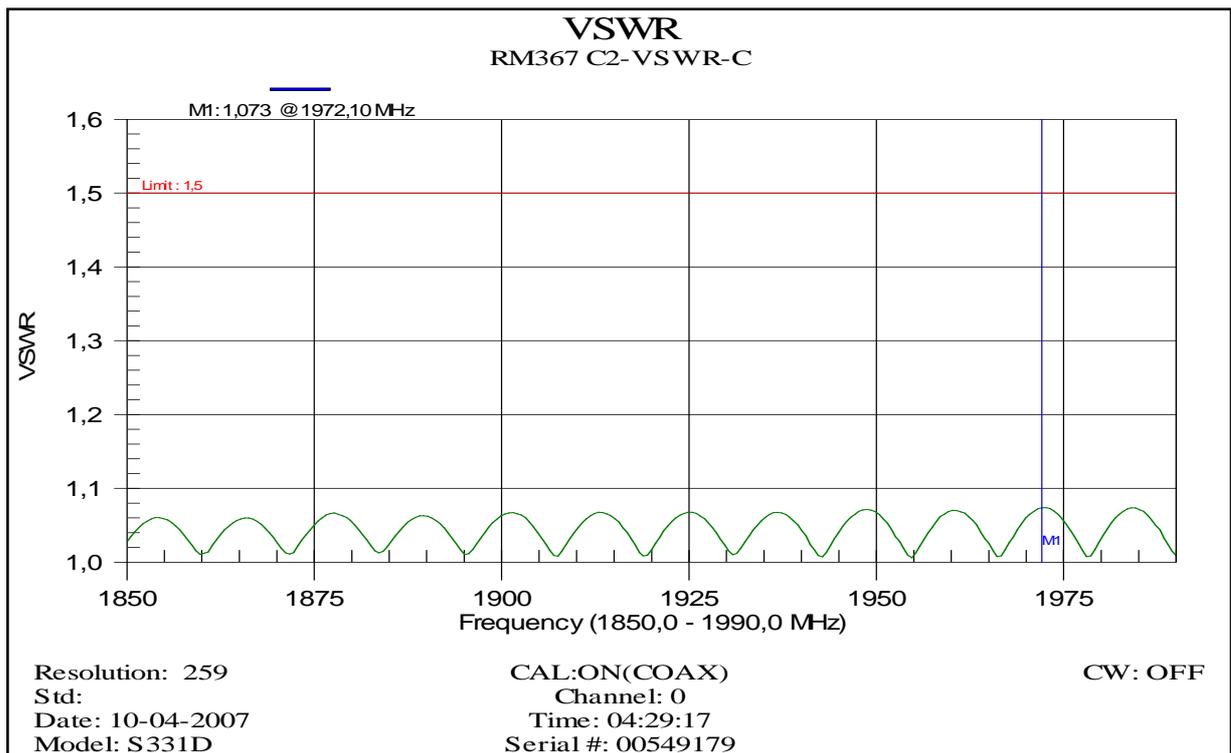


Figura 56. Mediciones VSWR Cable 2

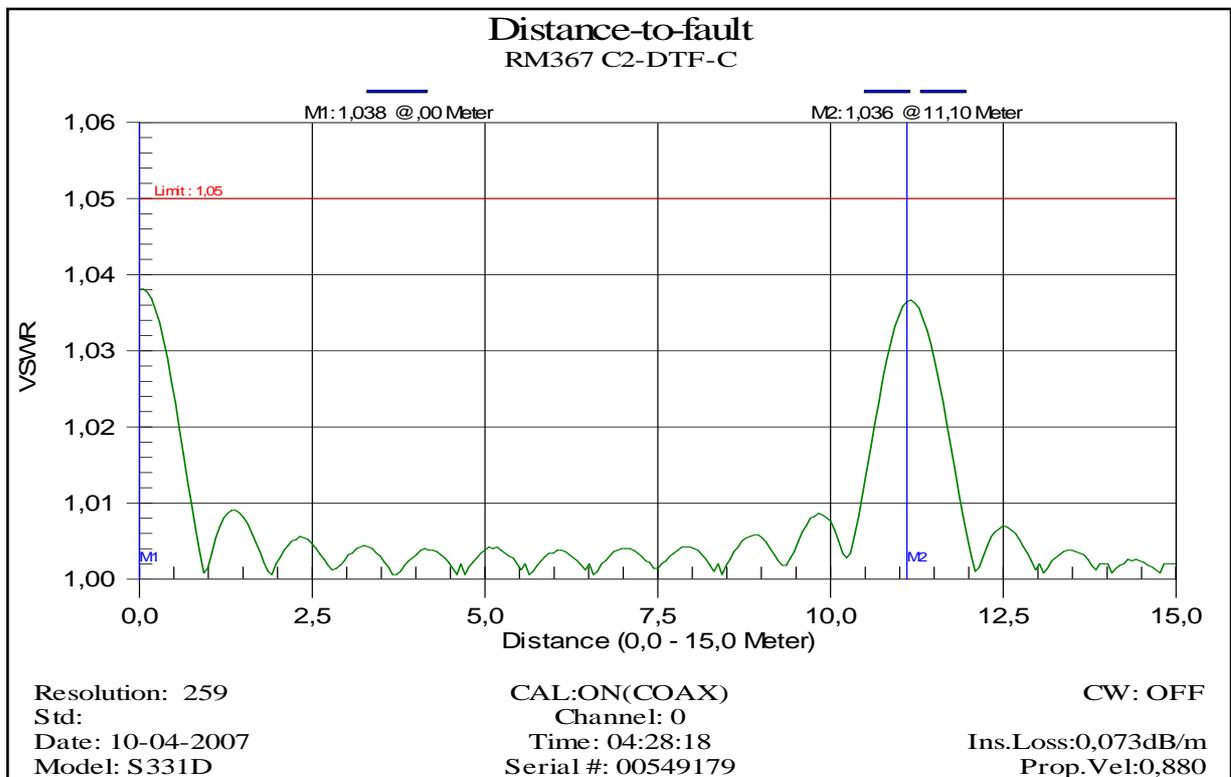


Figura 57 Mediciones Distance to fault Cable 2

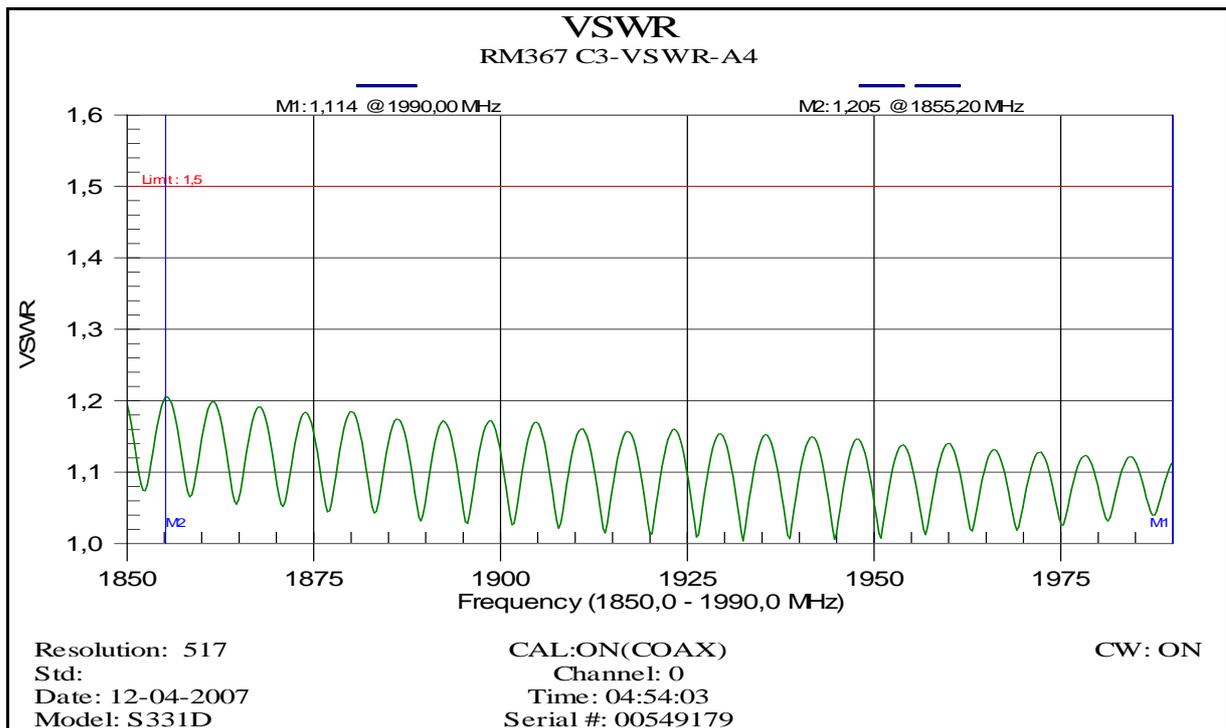


Figura 58. Mediciones VSWR Cable 3

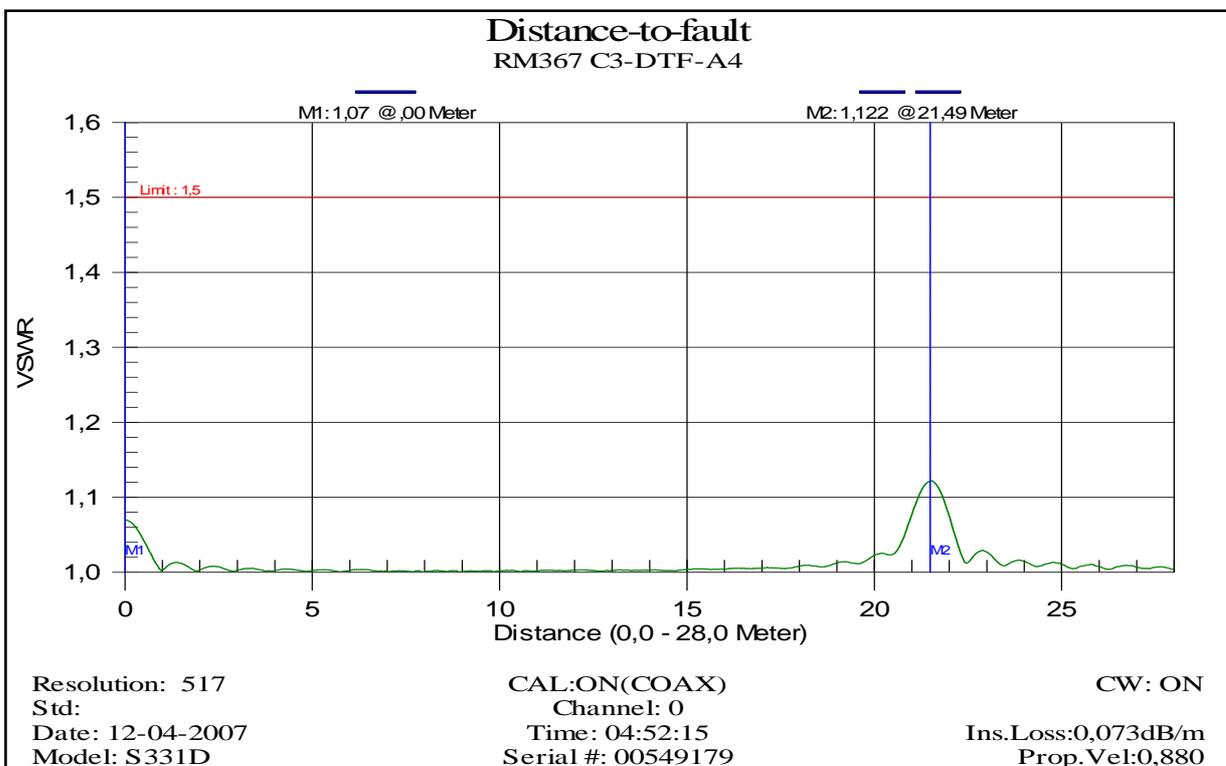


Figura 59. Mediciones Distance to fault Cable 3

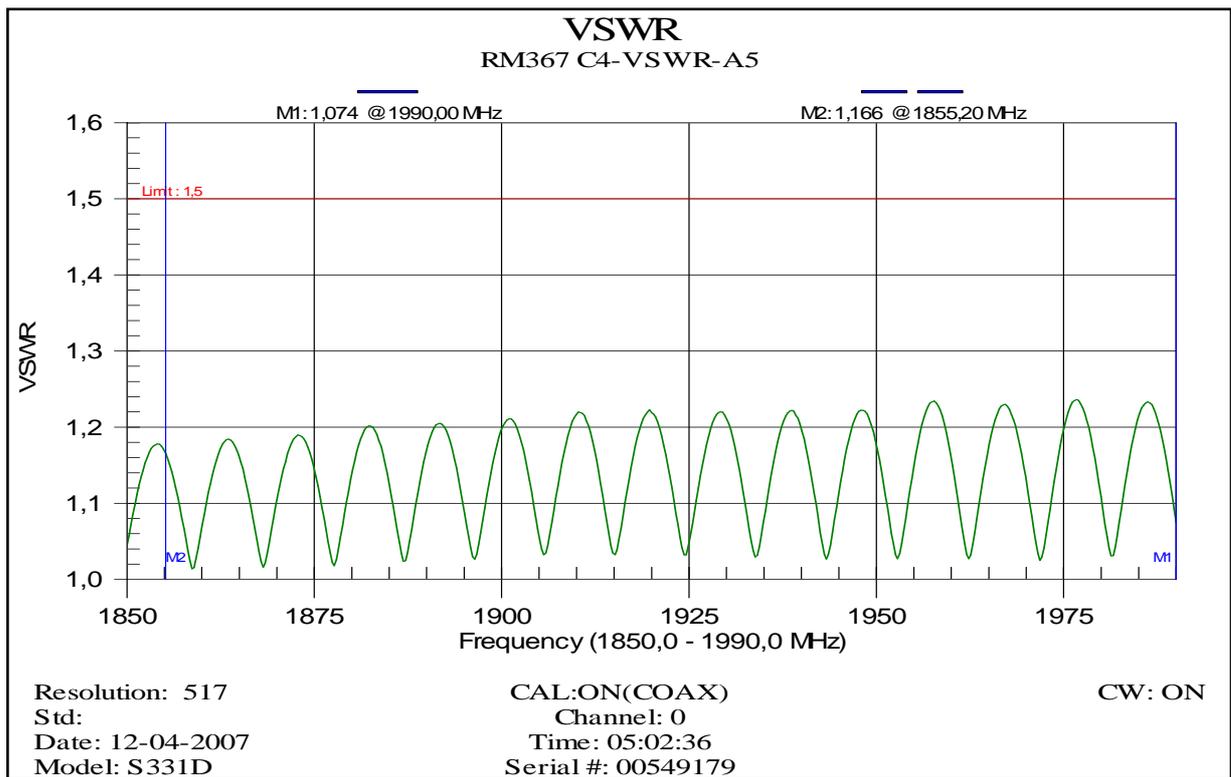


Figura 60. Mediciones VSWR Cable 4

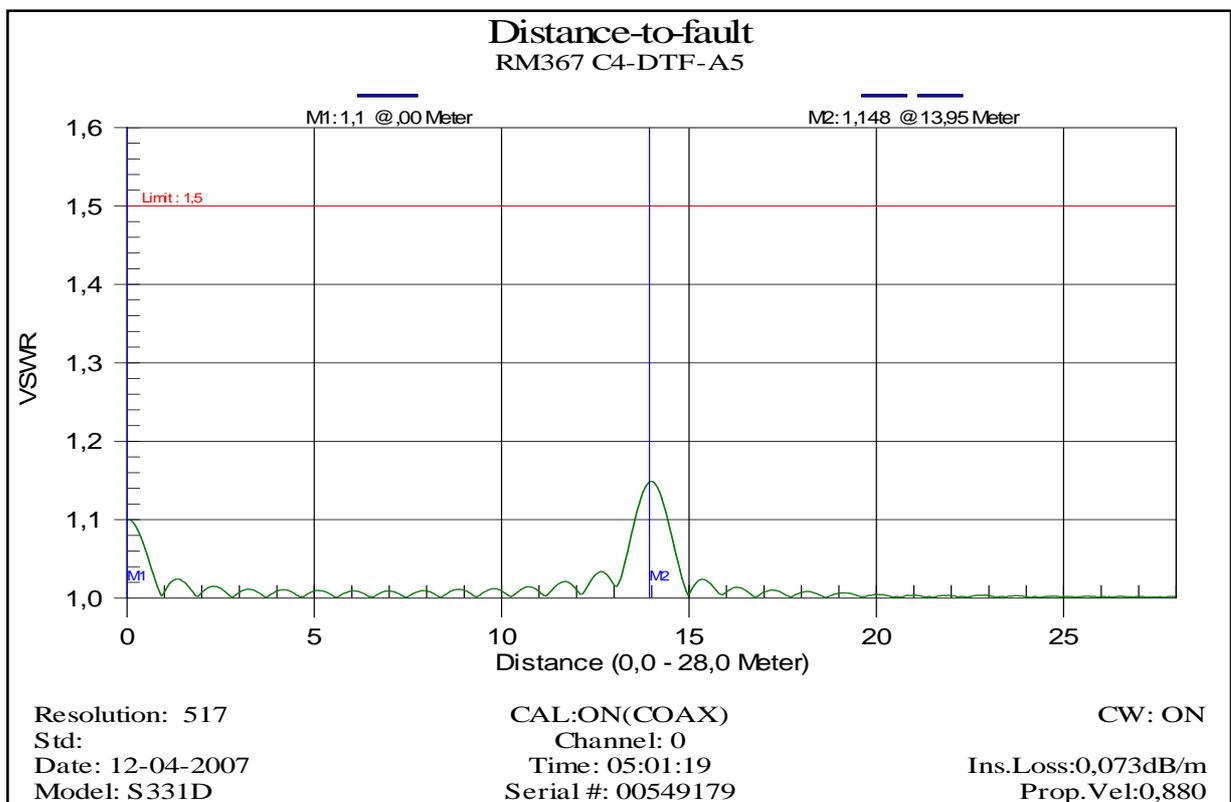


Figura 61. Mediciones Distance to fault Cable 4

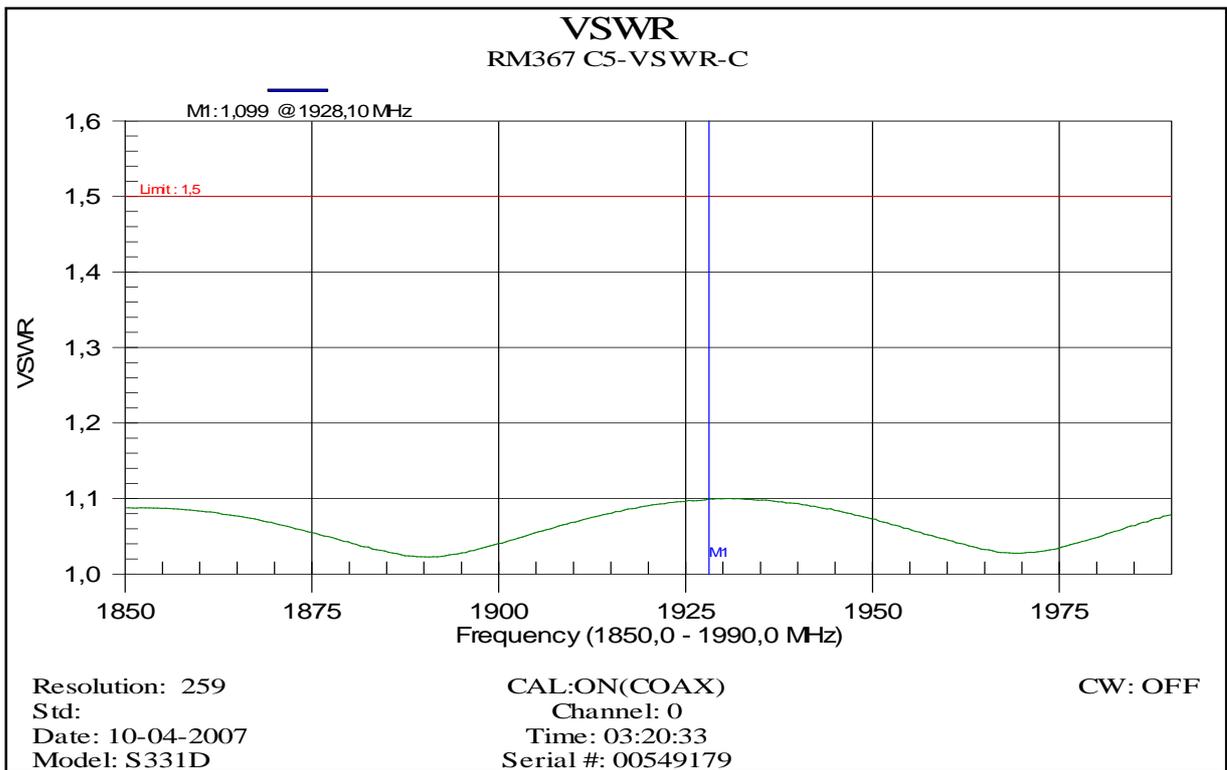


Figura 62. Mediciones VSWR Cable 5

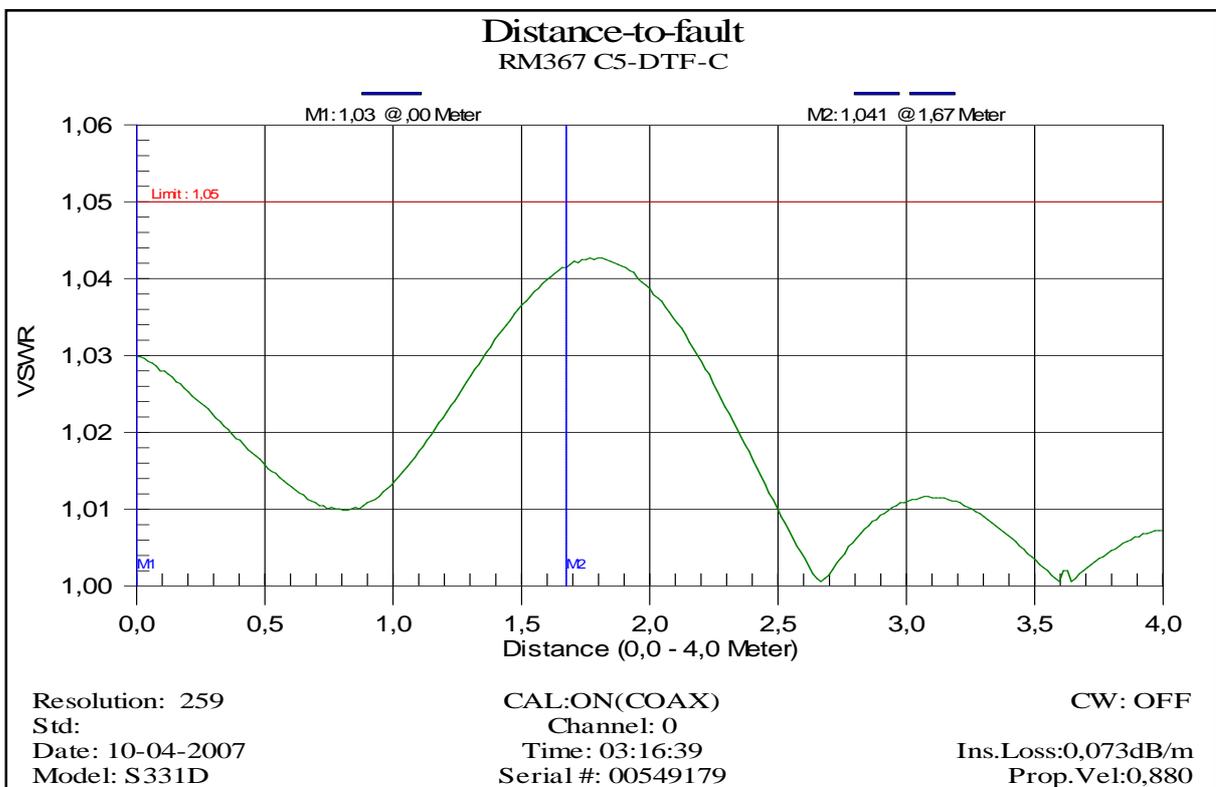


Figura 63. Mediciones Distance to fault Cable 5

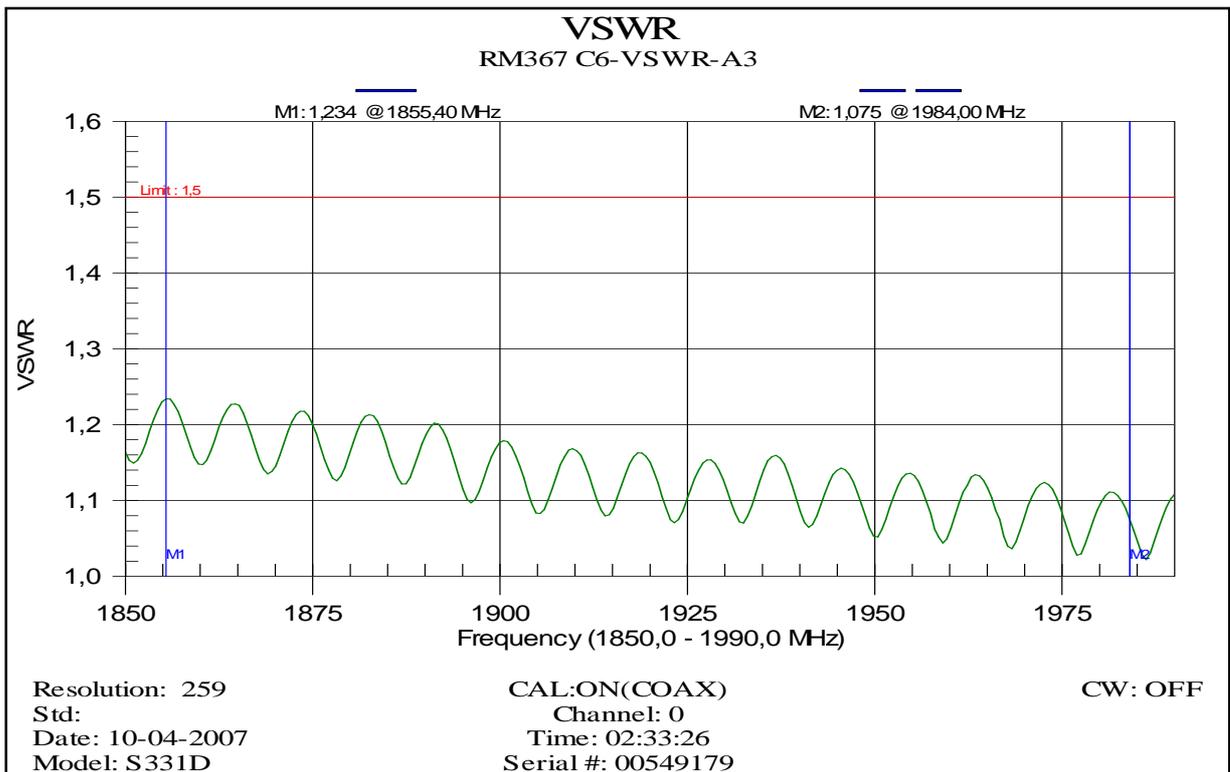


Figura 64. Mediciones VSWR Cable 6

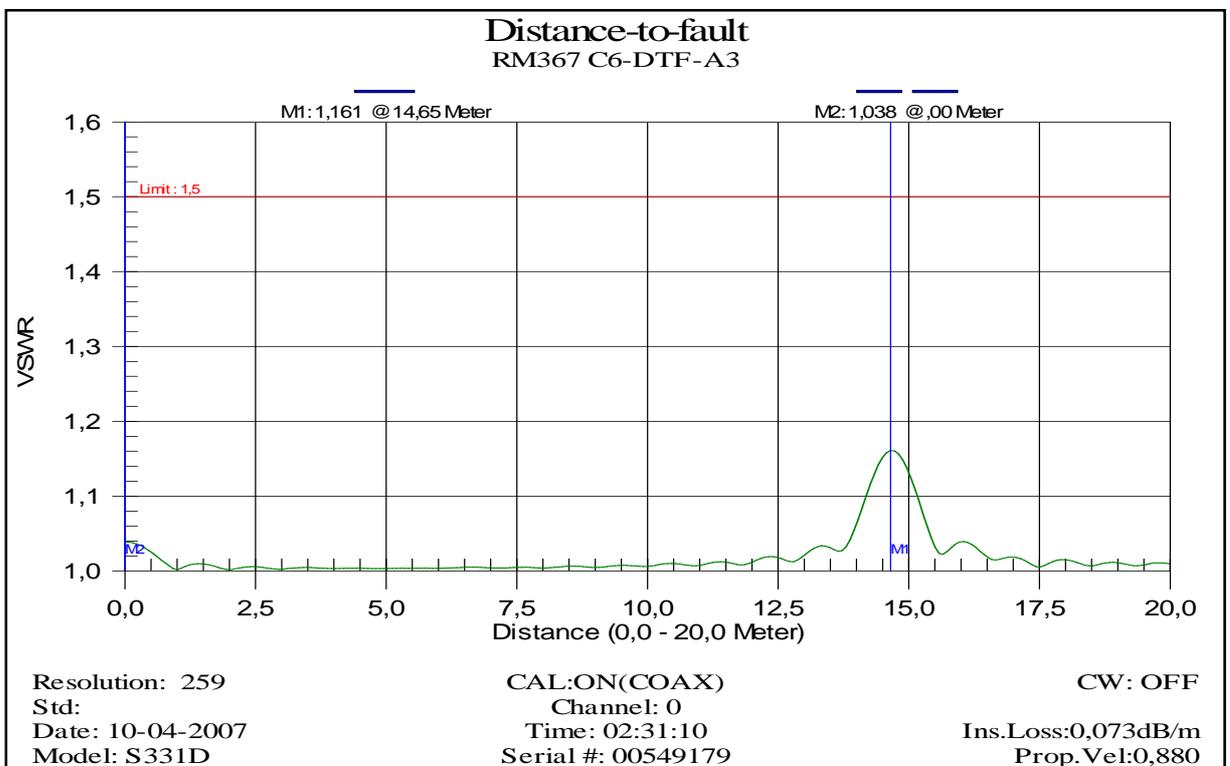


Figura 65. Mediciones Distance to fault Cable 6

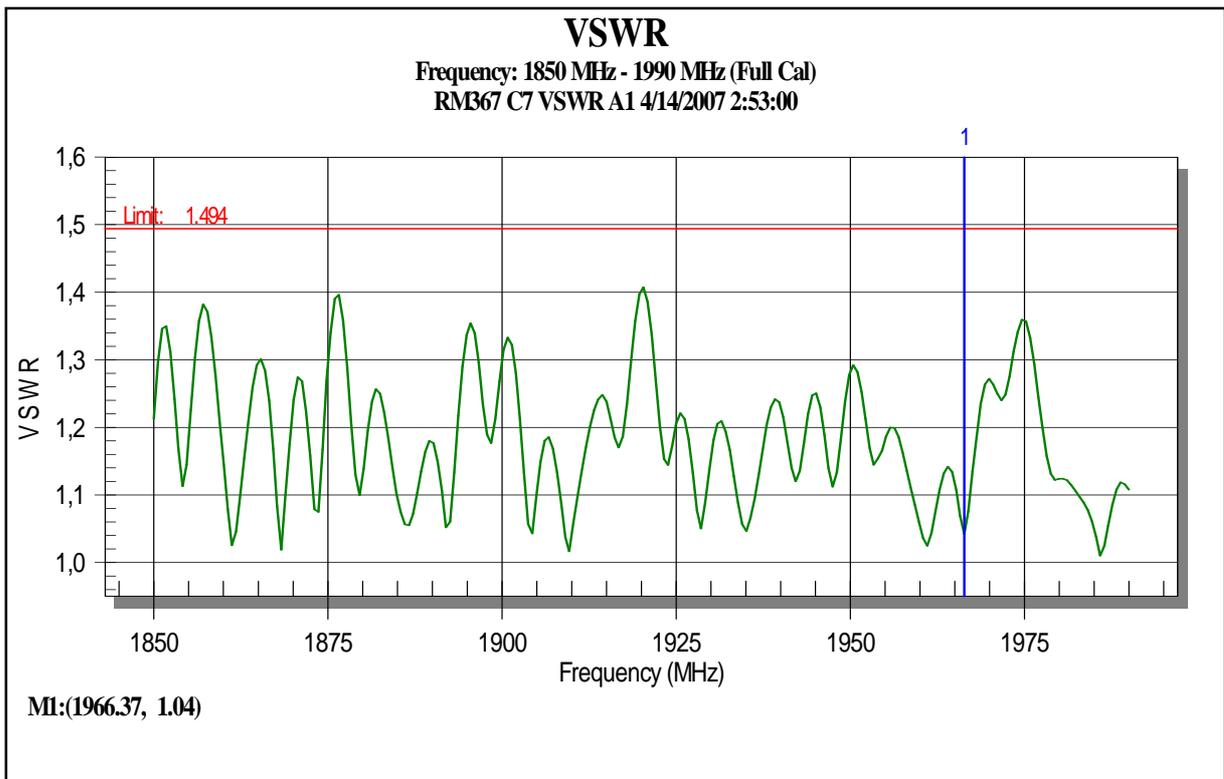


Figura 66. Mediciones VSWR Cable 7

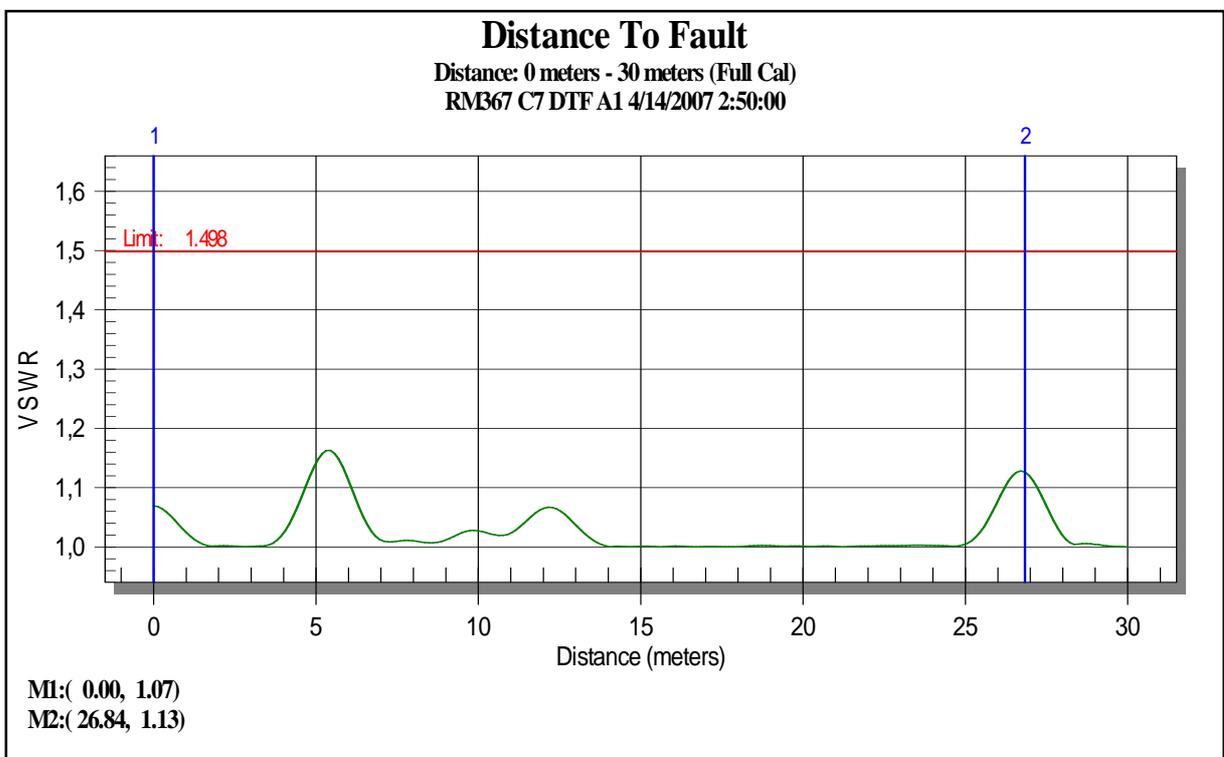


Figura 67. Mediciones Distance to fault Cable 7

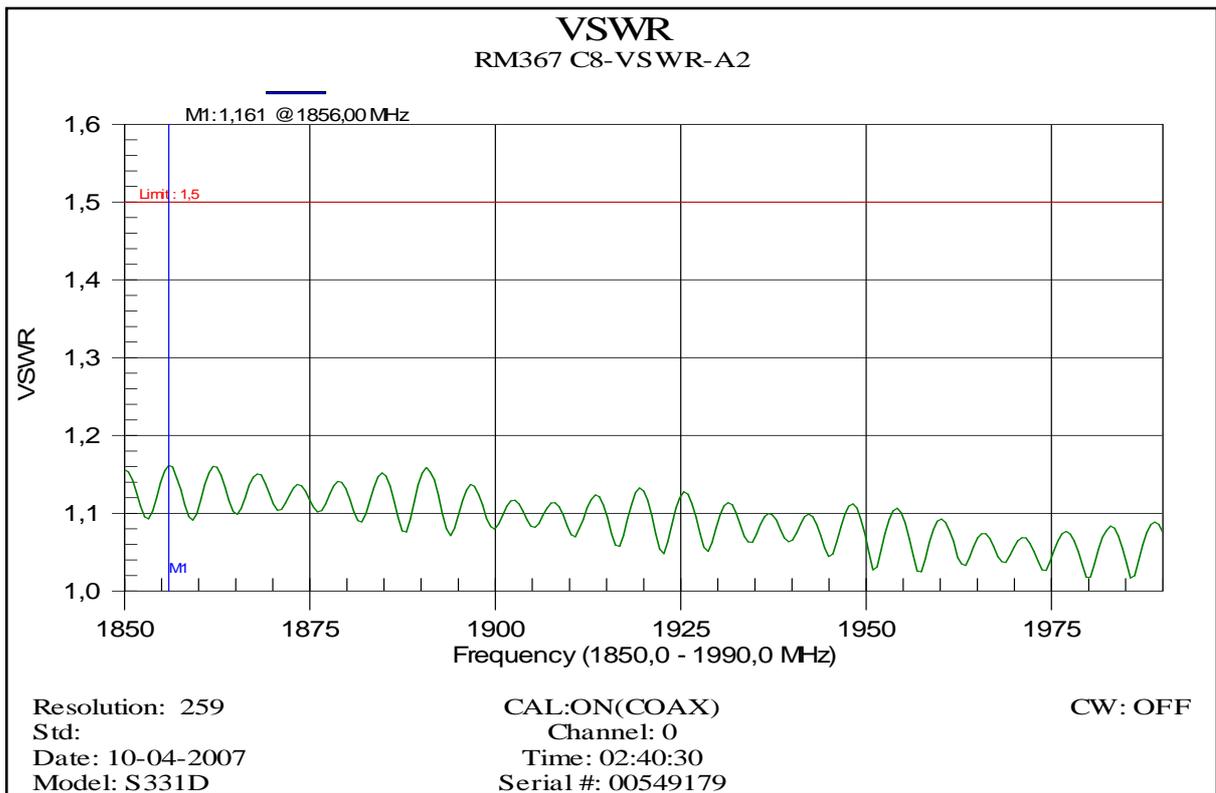


Figura 68. Mediciones VSWR Cable 8

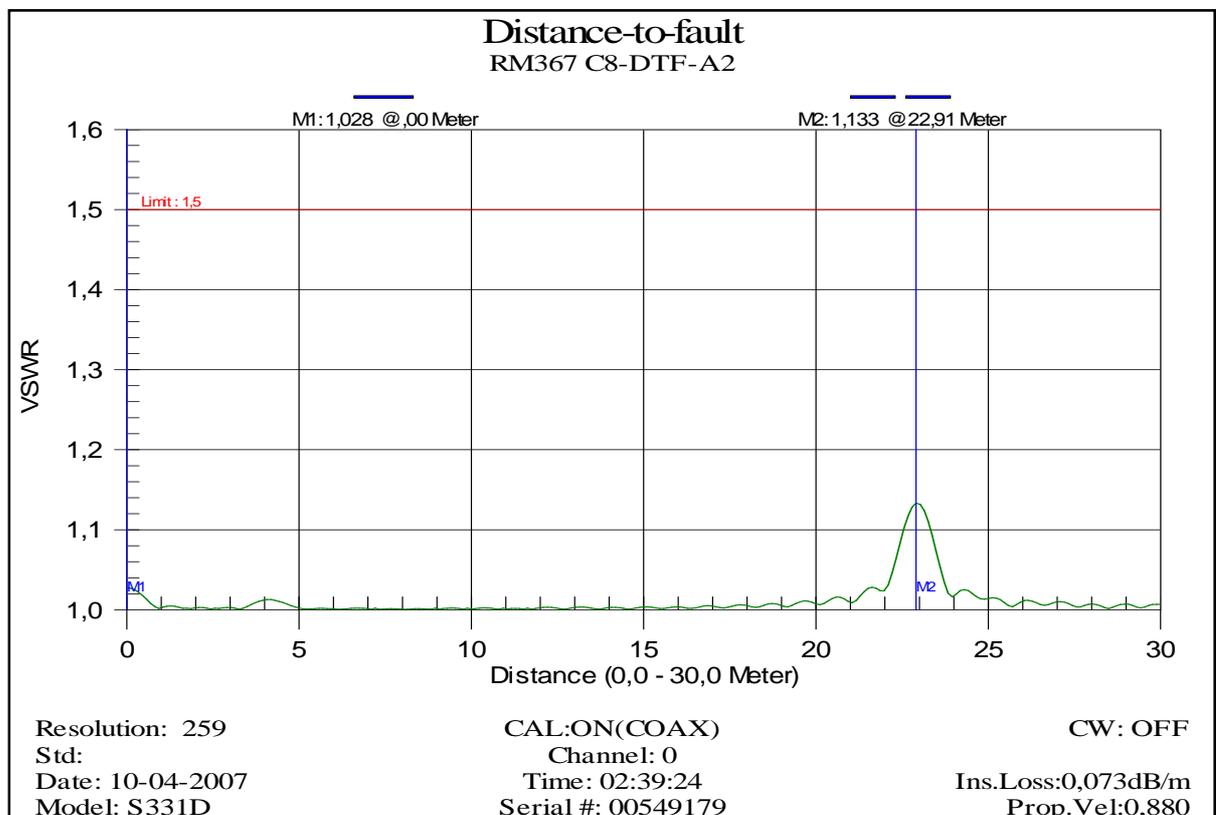


Figura 69. Mediciones Distance to fault Cable 8

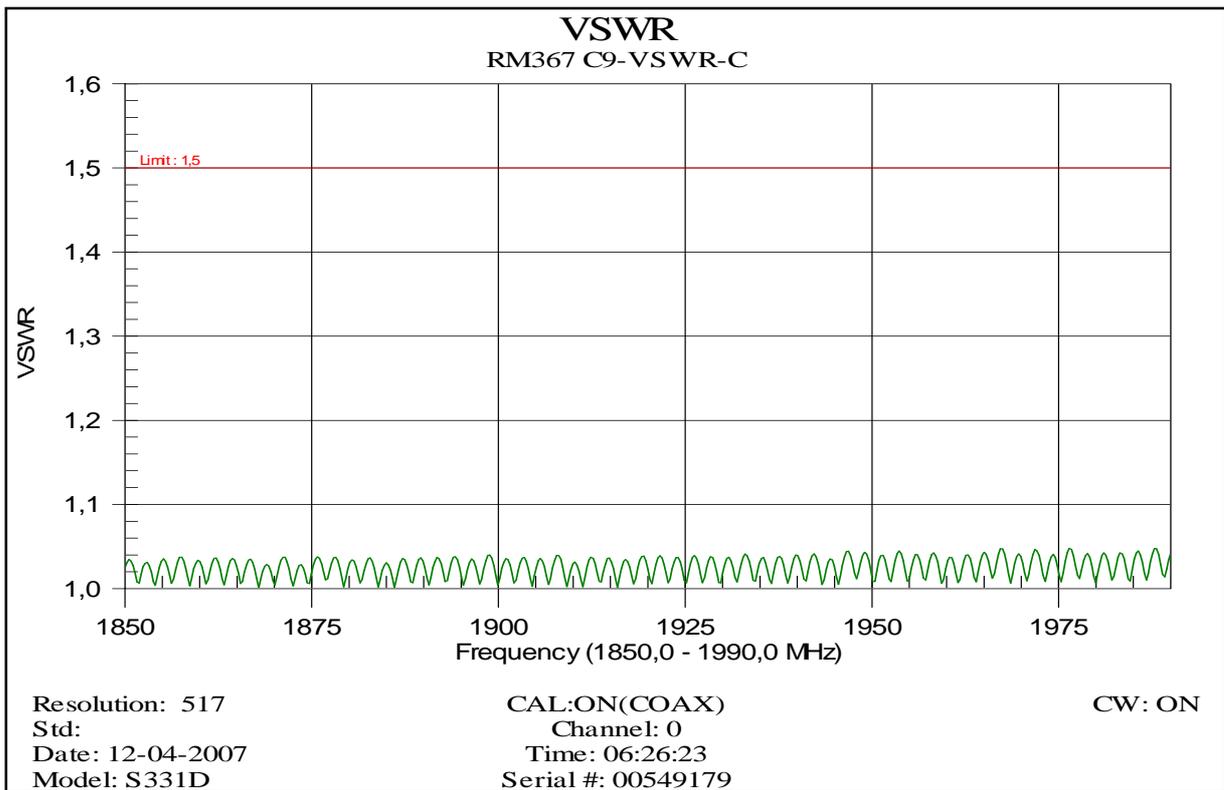


Figura 70. Mediciones VSWR Cable 9

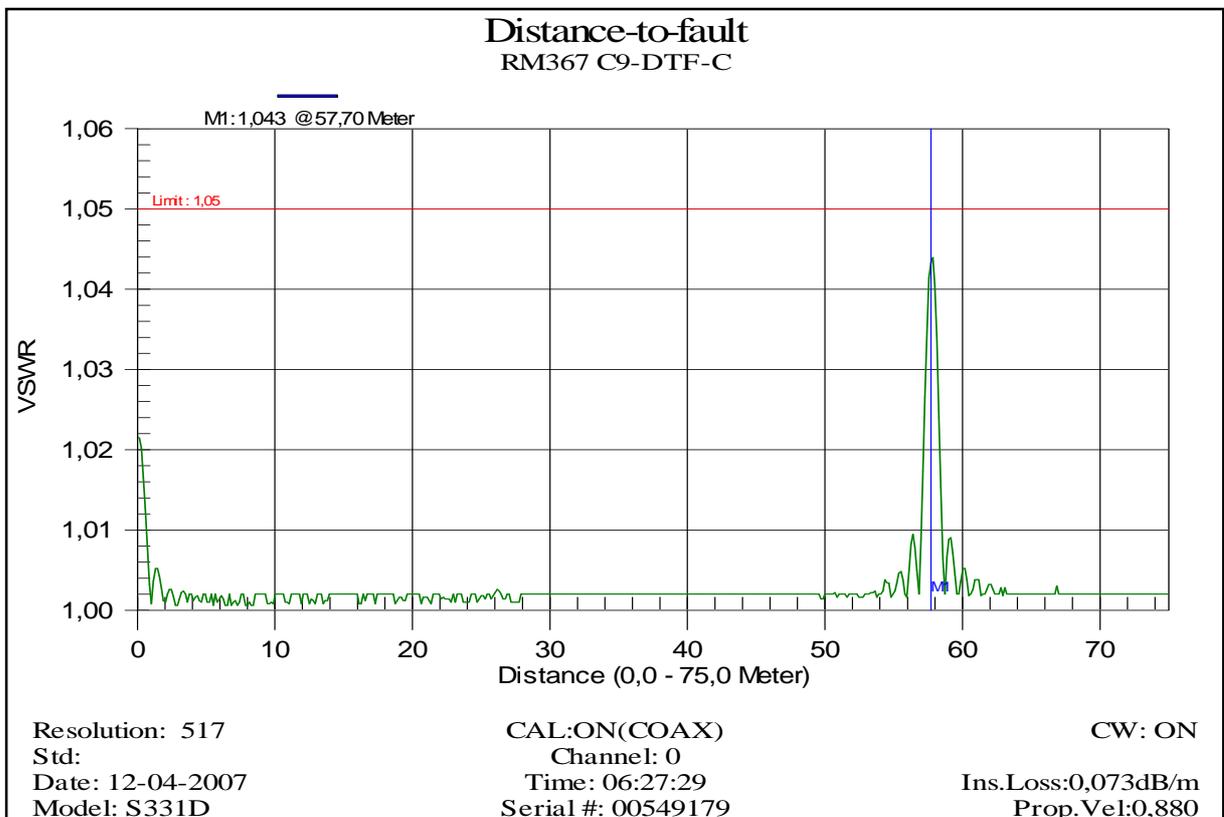


Figura 71. Mediciones Distance to fault Cable 9

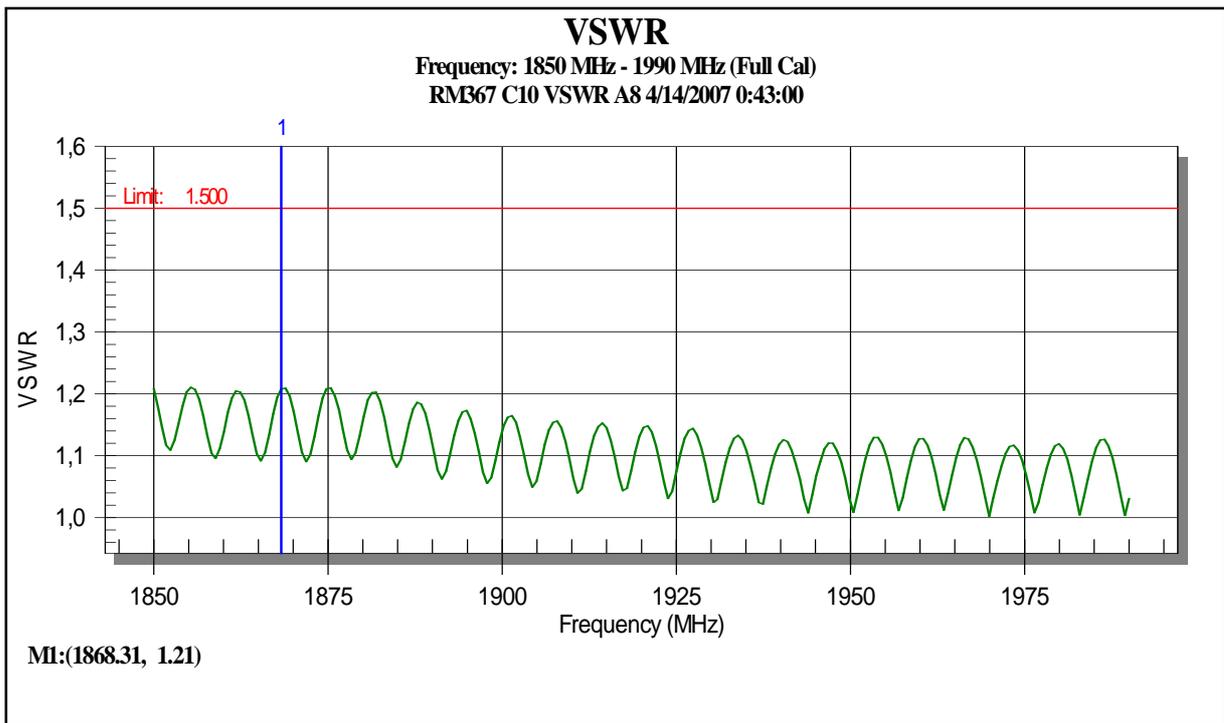


Figura 72. Mediciones VSWR Cable 10

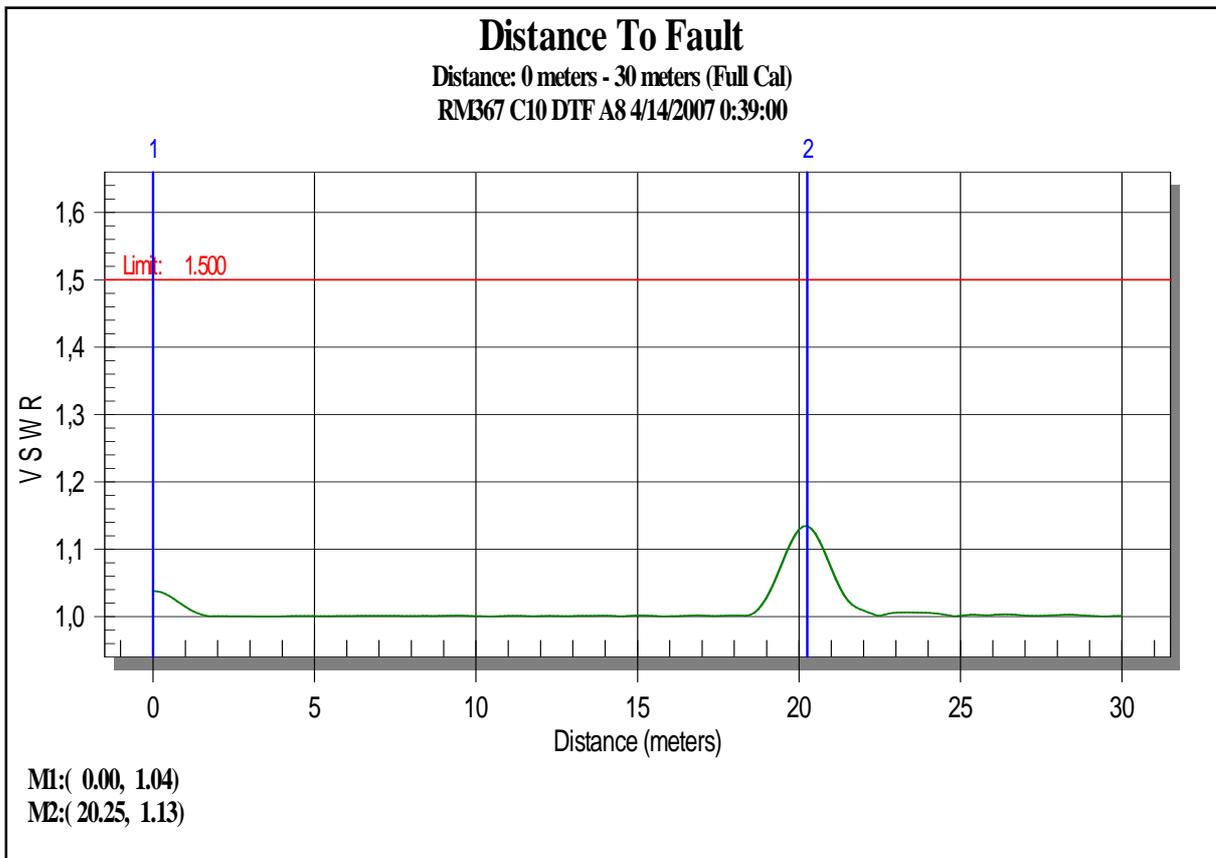


Figura 73. Mediciones Distance to fault Cable 10

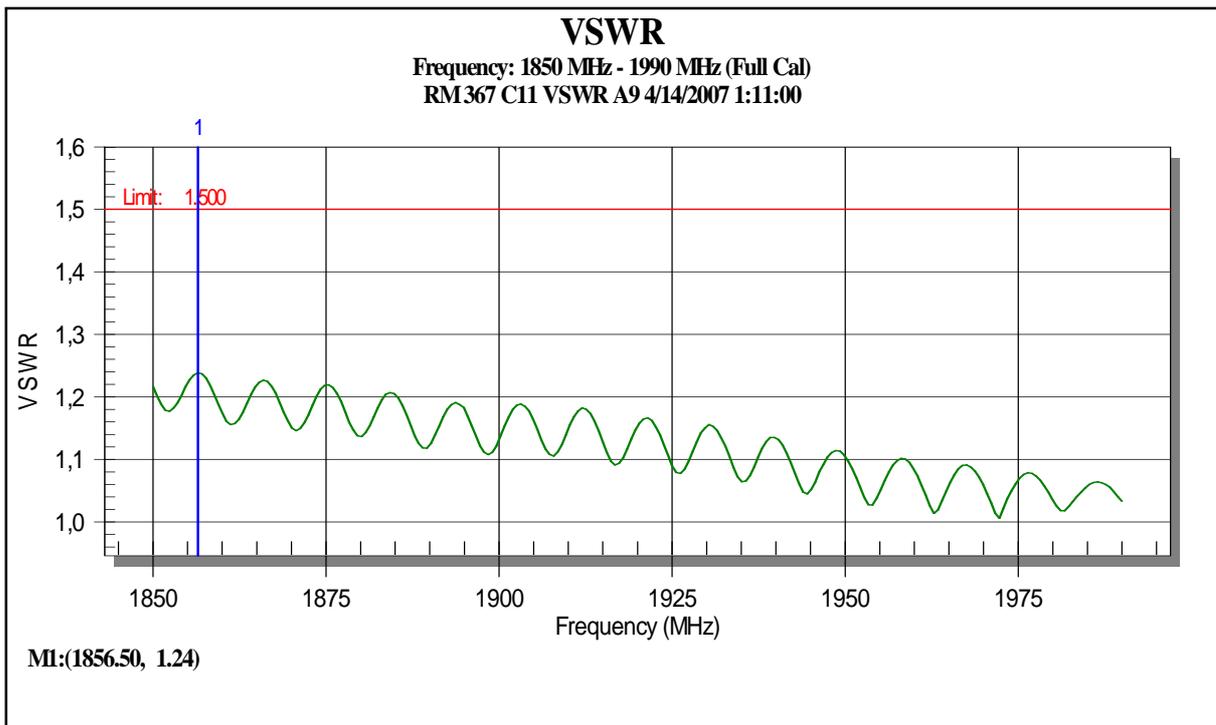


Figura 74. Mediciones VSWR Cable 11

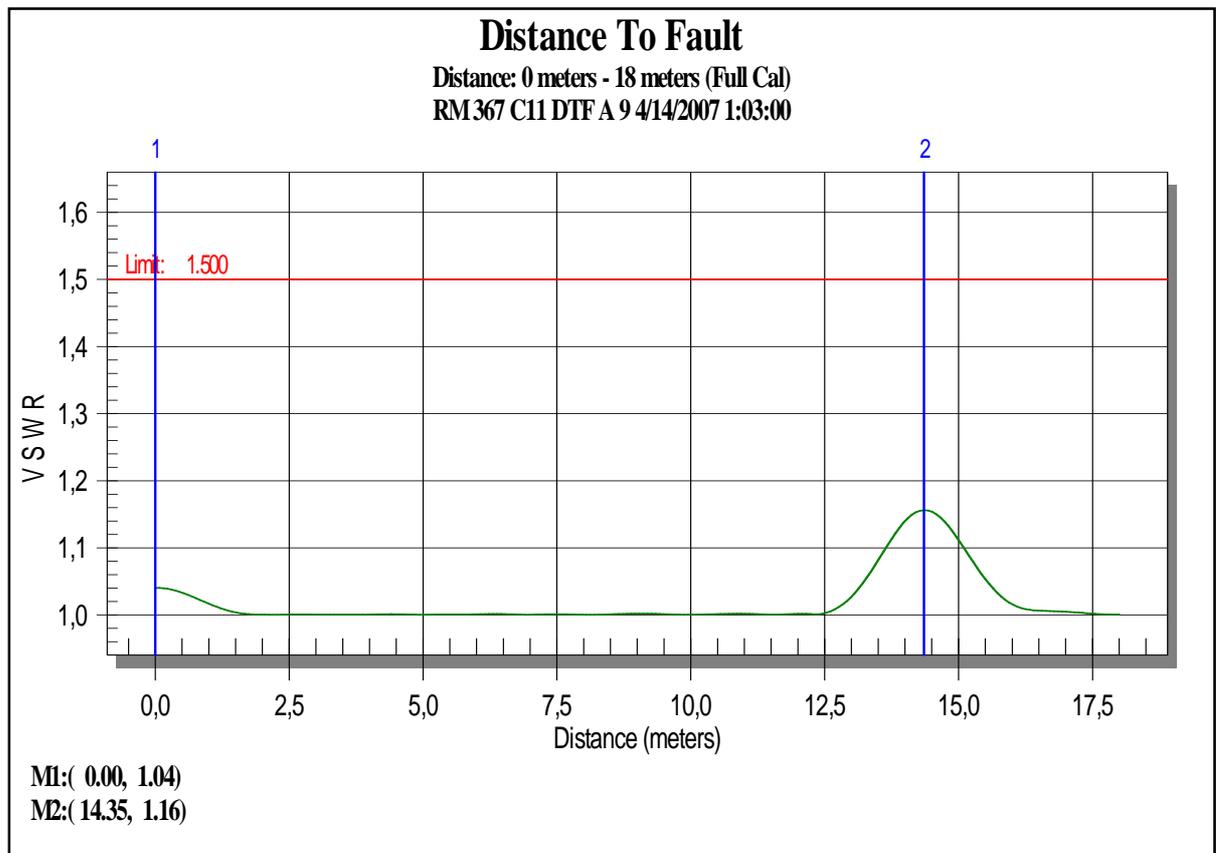


Figura 75. Mediciones Distance to fault Cable 11

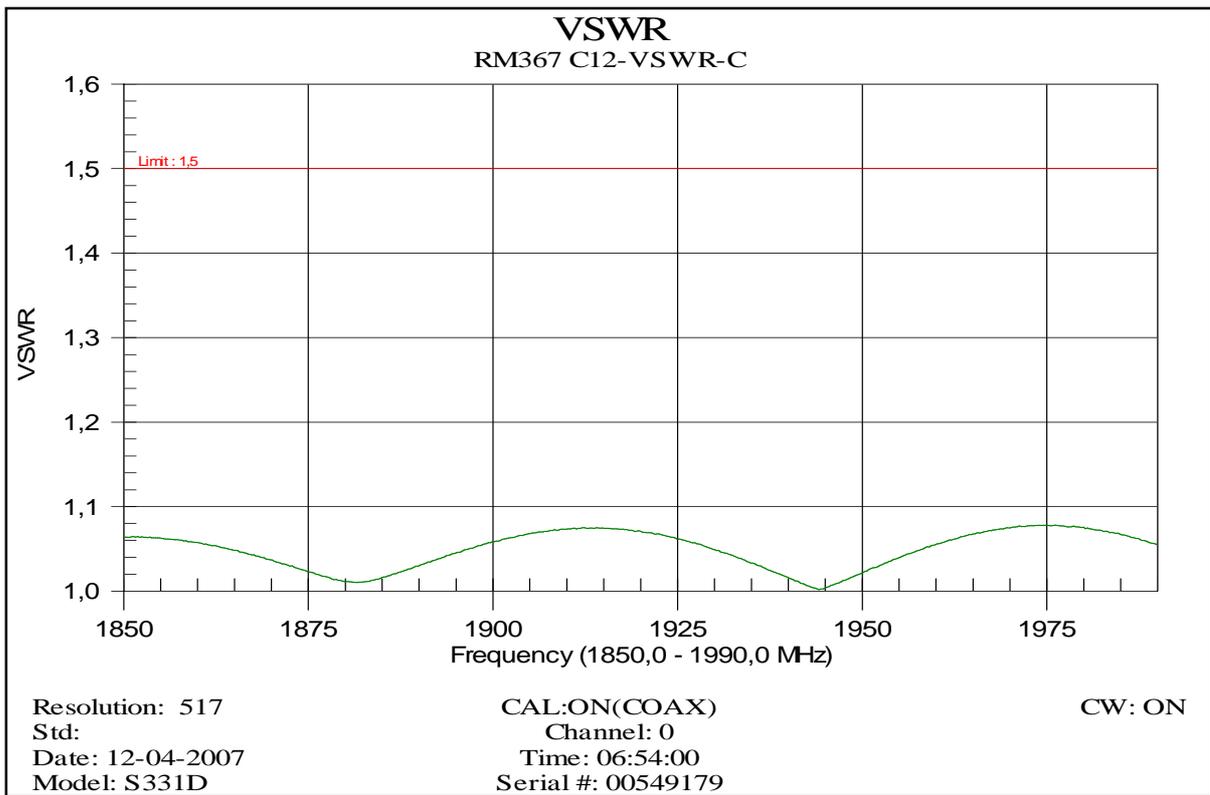


Figura 76. Mediciones VSWR Cable 12

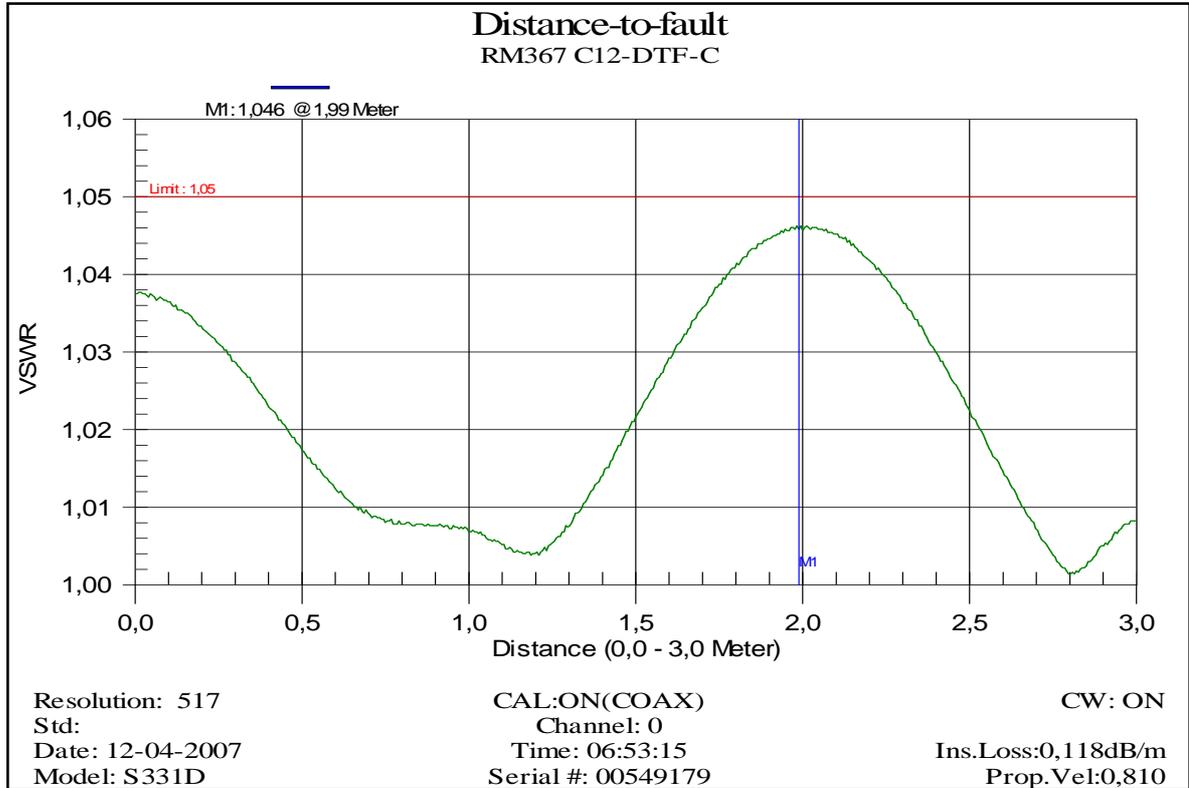


Figura 77. Mediciones Distance to fault Cable 12

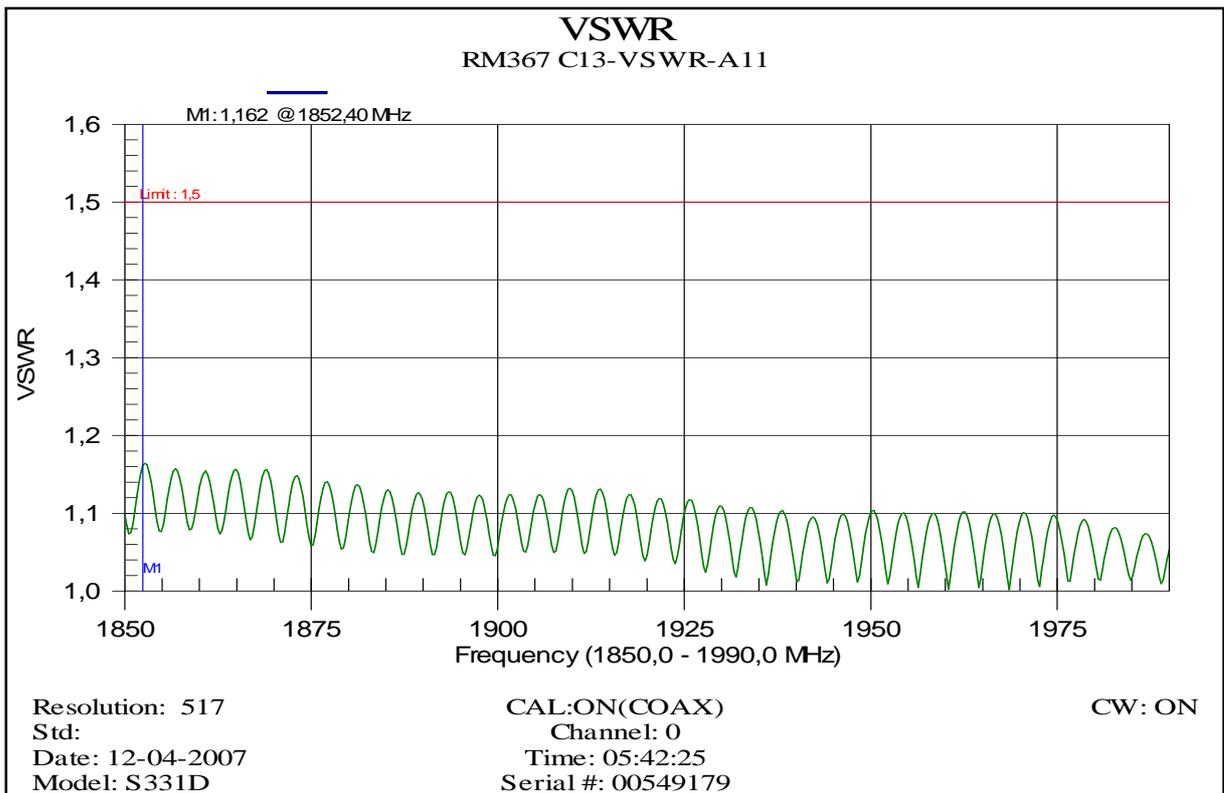


Figura 78. Mediciones VSWR Cable 13

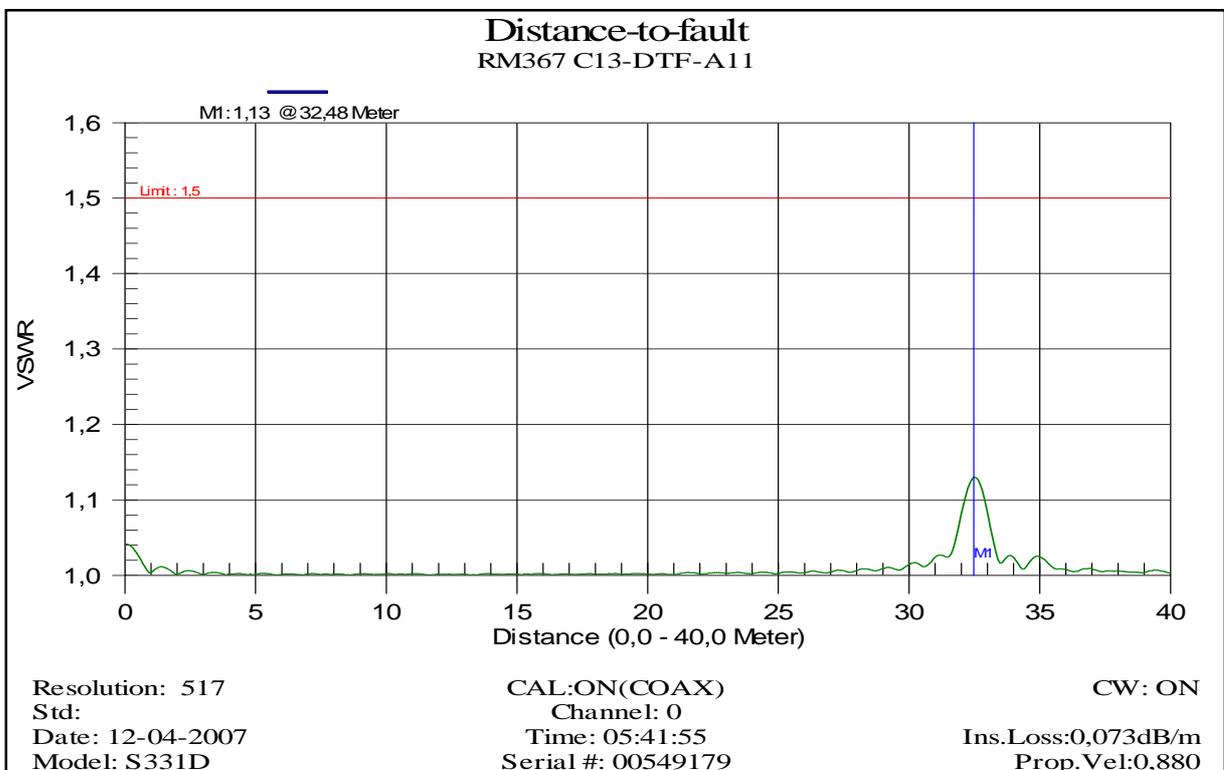


Figura 79. Mediciones Distance to fault Cable 13

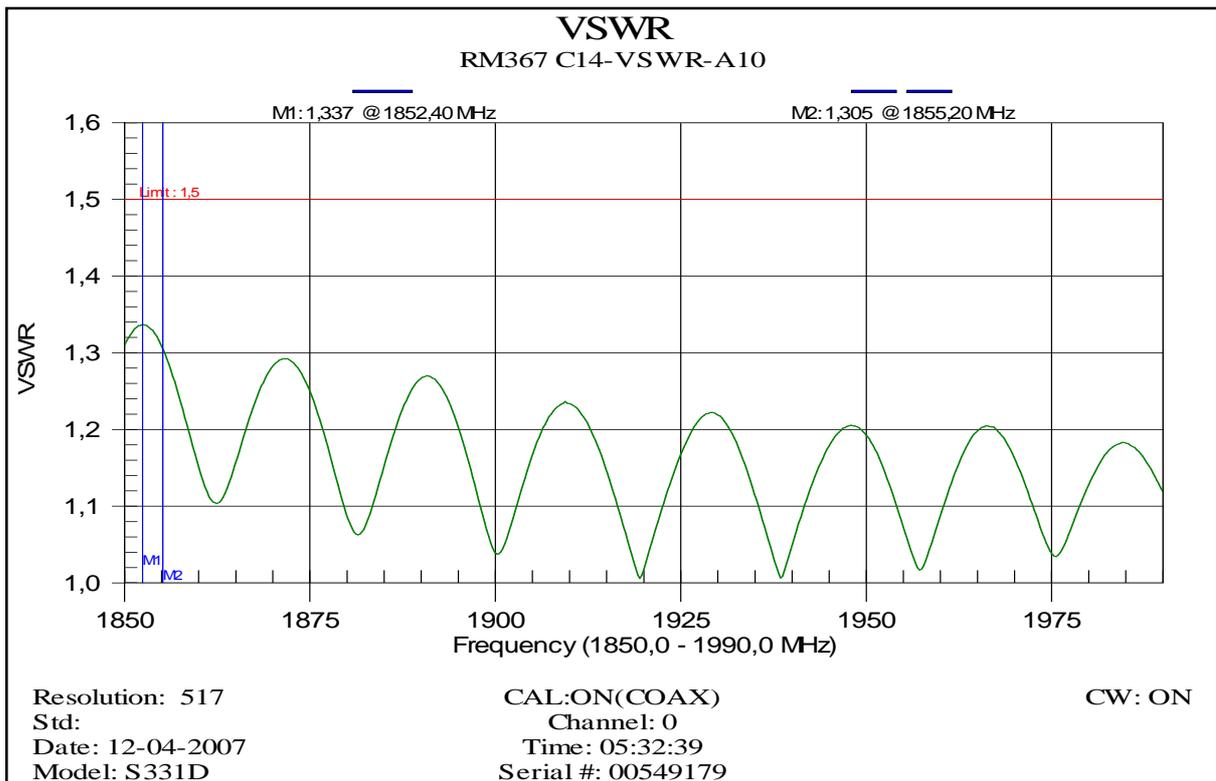


Figura 80. Mediciones VSWR Cable 14

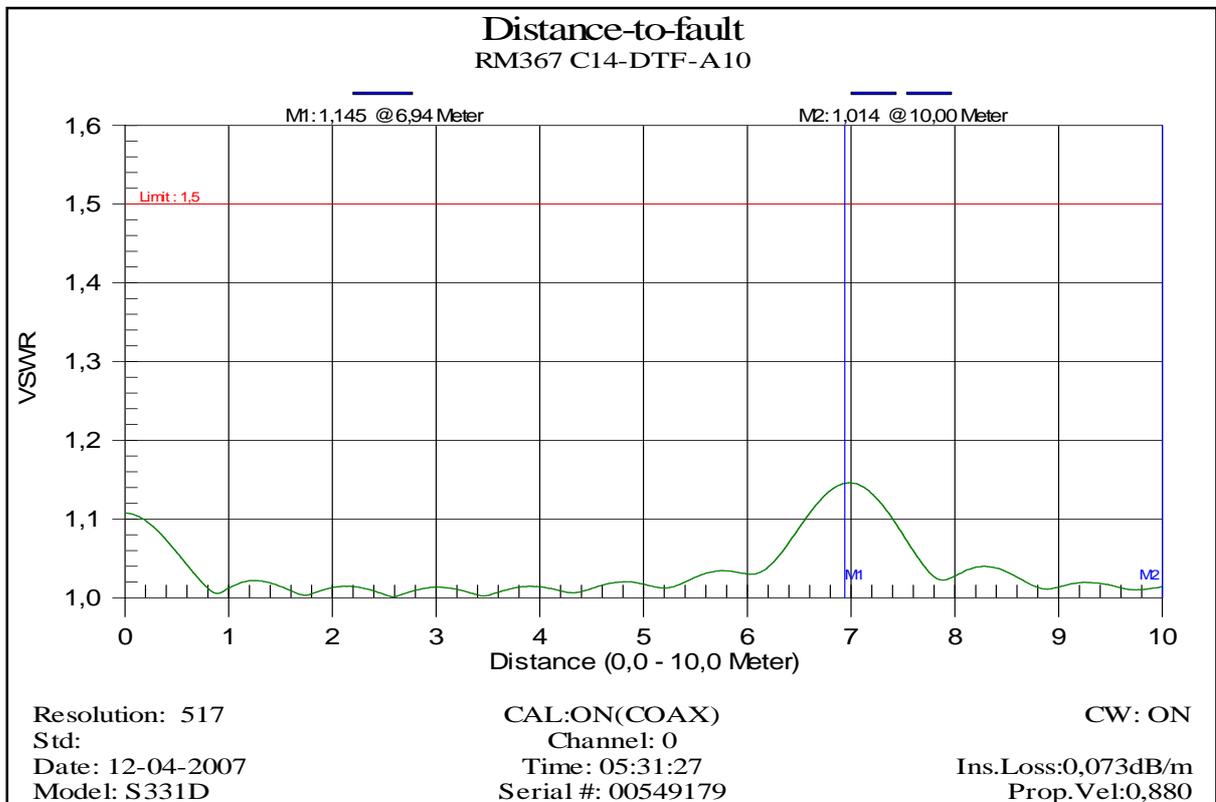


Figura 81. Mediciones Distance to fault Cable 14

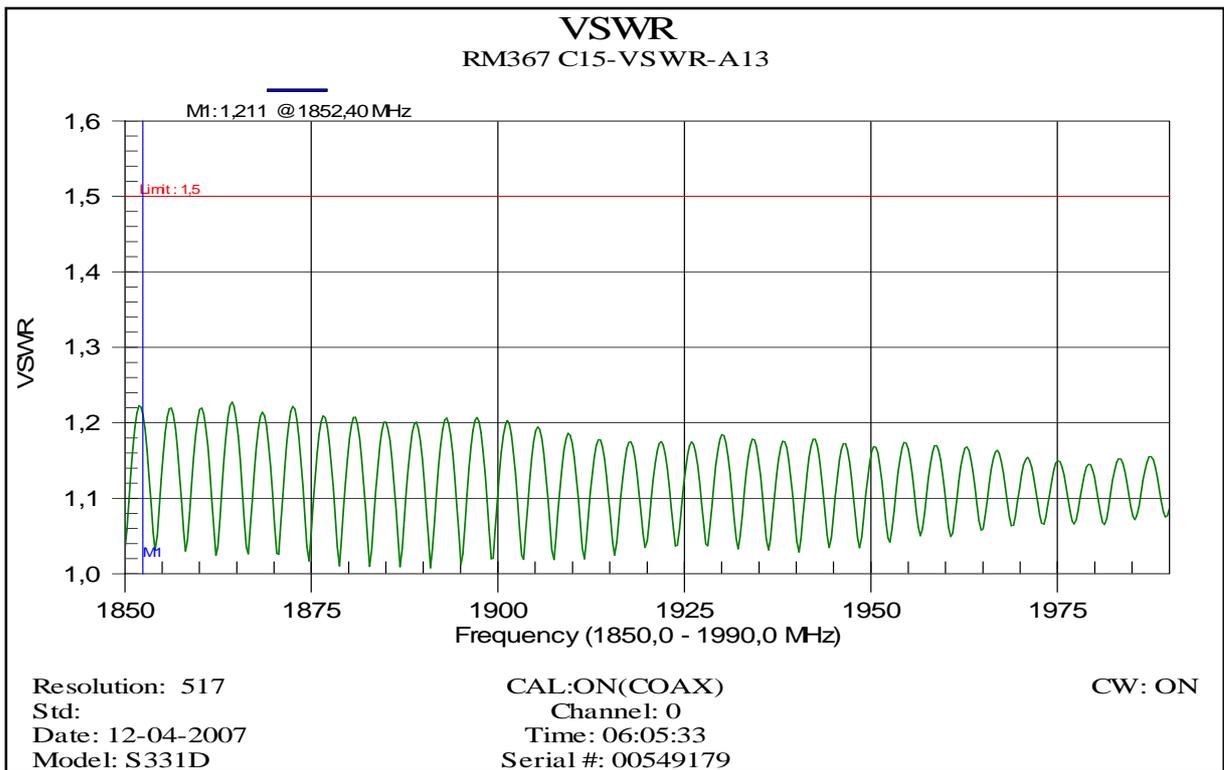


Figura 82. Mediciones VSWR Cable 15

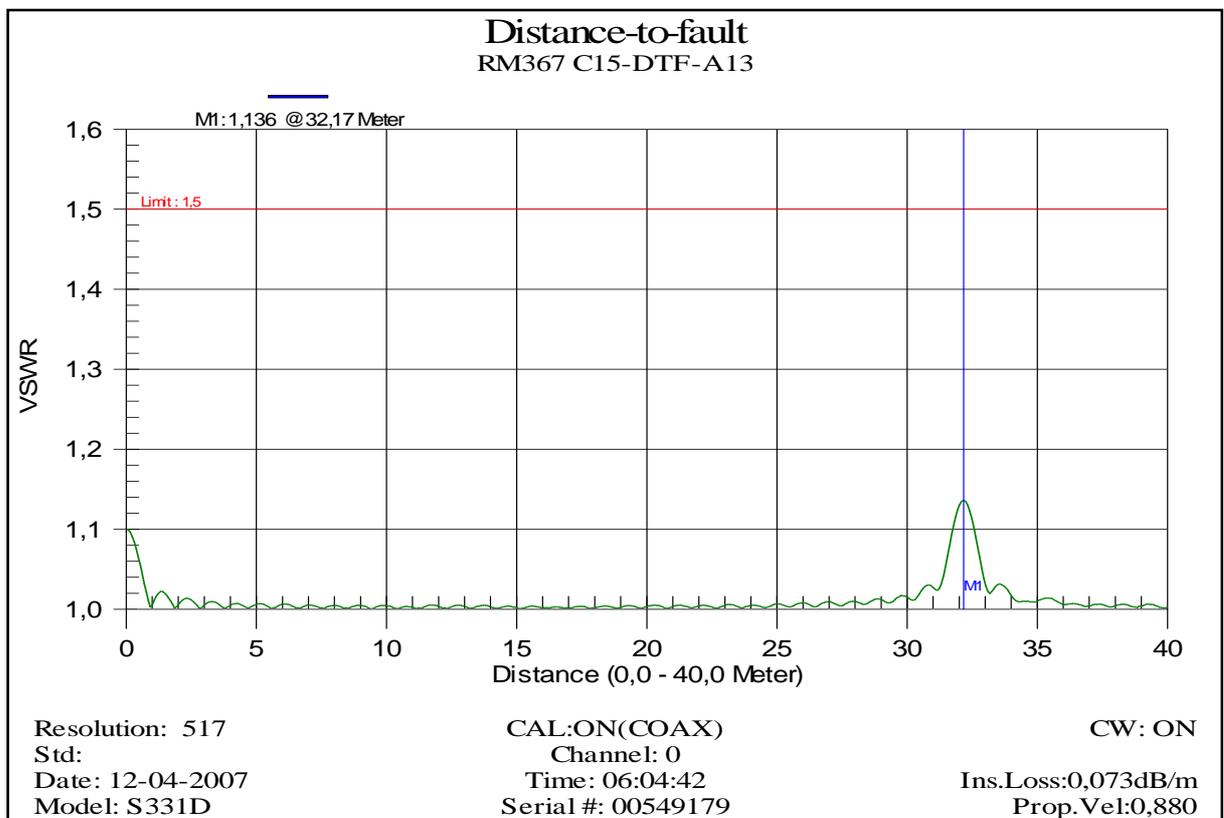


Figura 83. Mediciones Distance to fault Cable 15

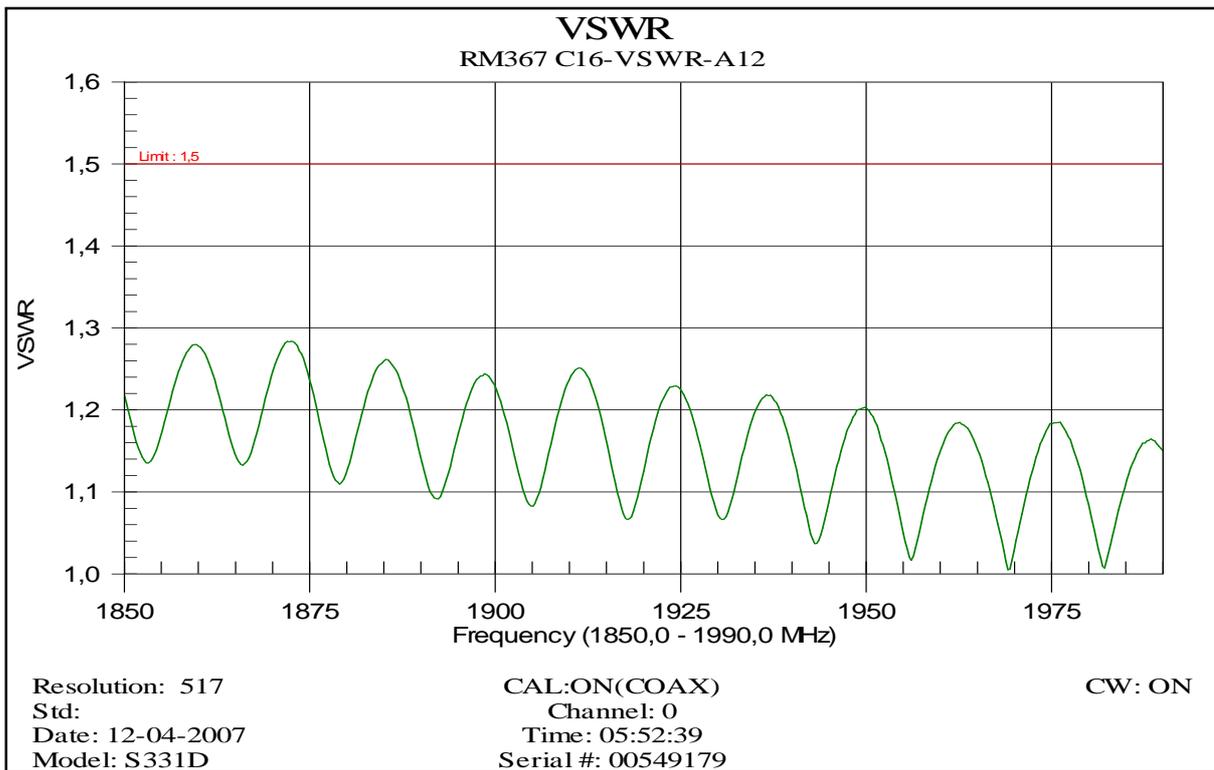


Figura 84. Mediciones VSWR Cable 16

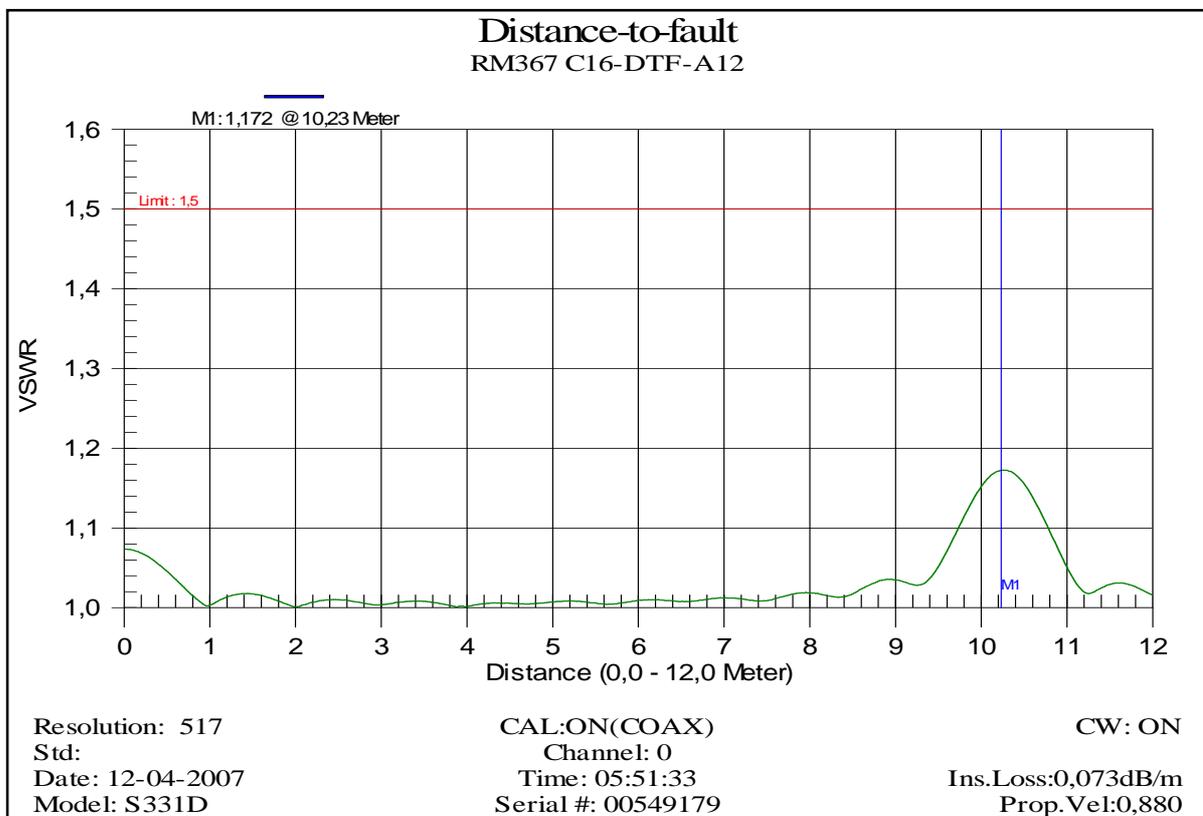


Figura 85. Mediciones Distance to fault Cable 16

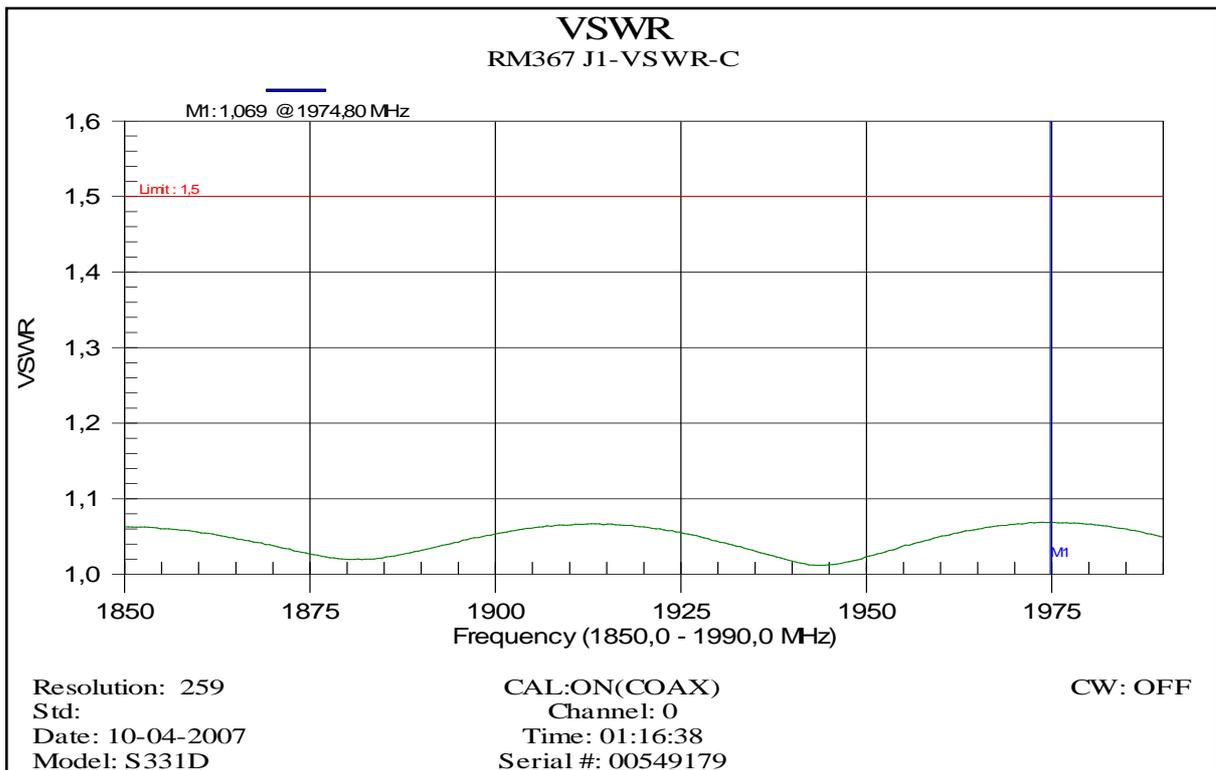


Figura 86. Mediciones VSWR Jumper 1

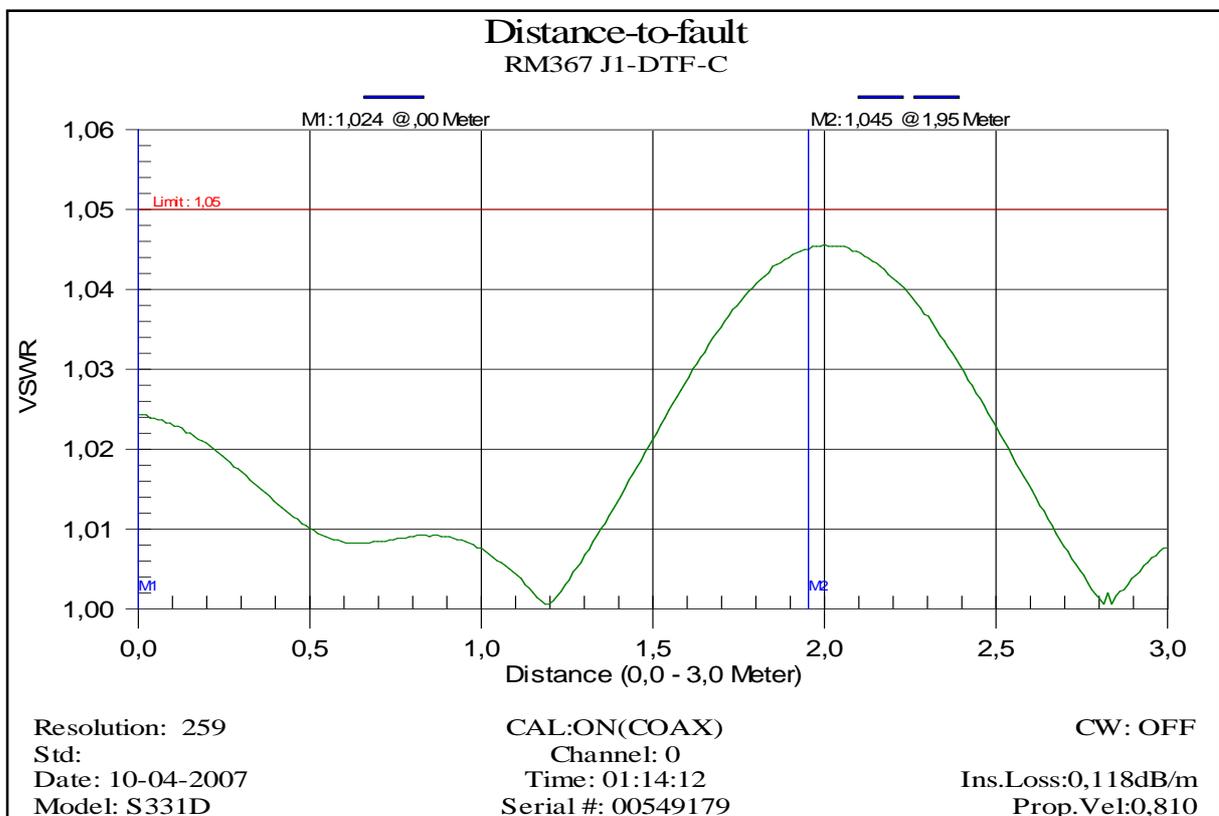


Figura 87. Mediciones Distance to fault Jumper 1

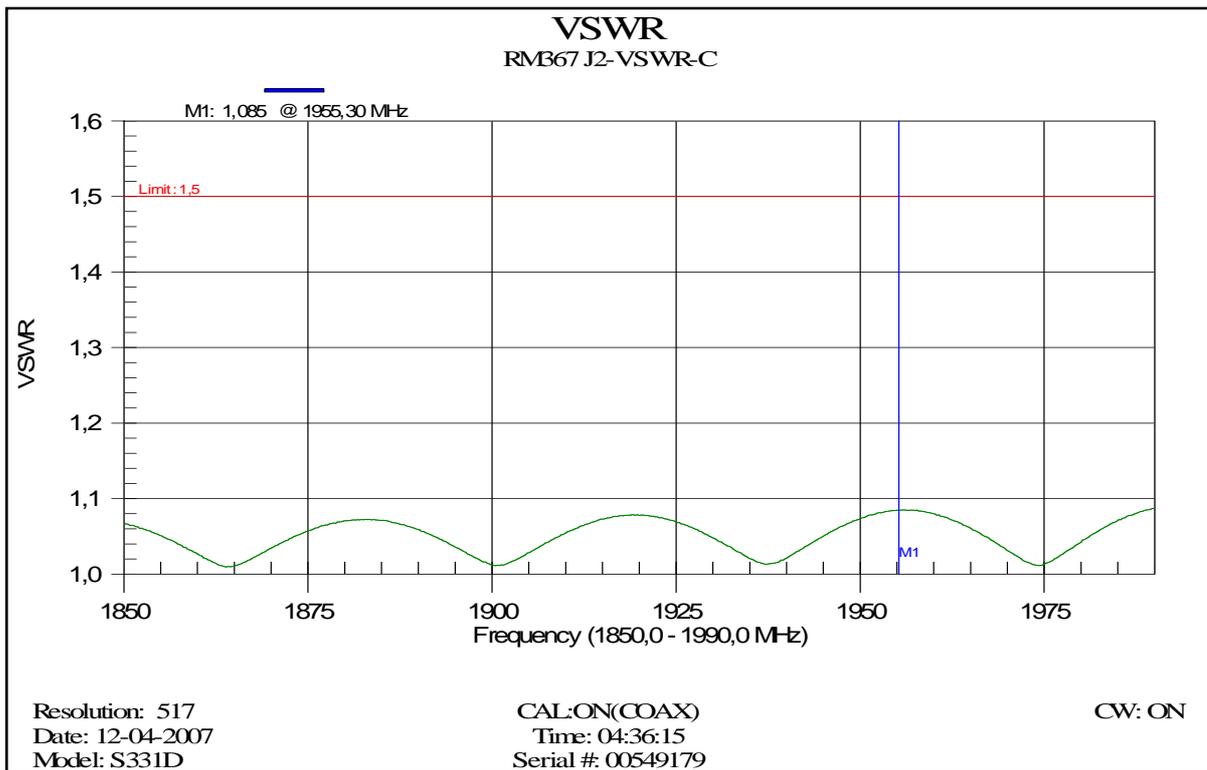


Figura 88. Mediciones VSWR Jumper 2

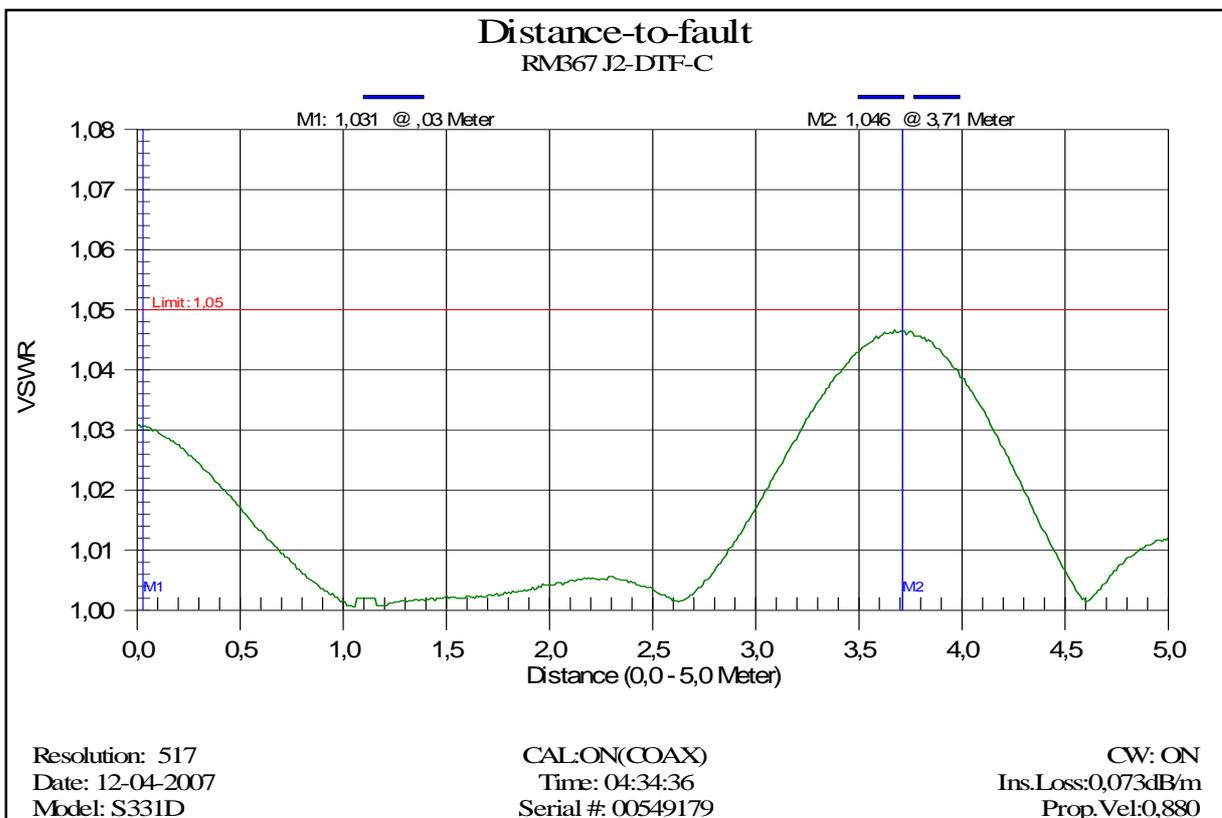


Figura 89. Mediciones Distance to fault Jumper 2

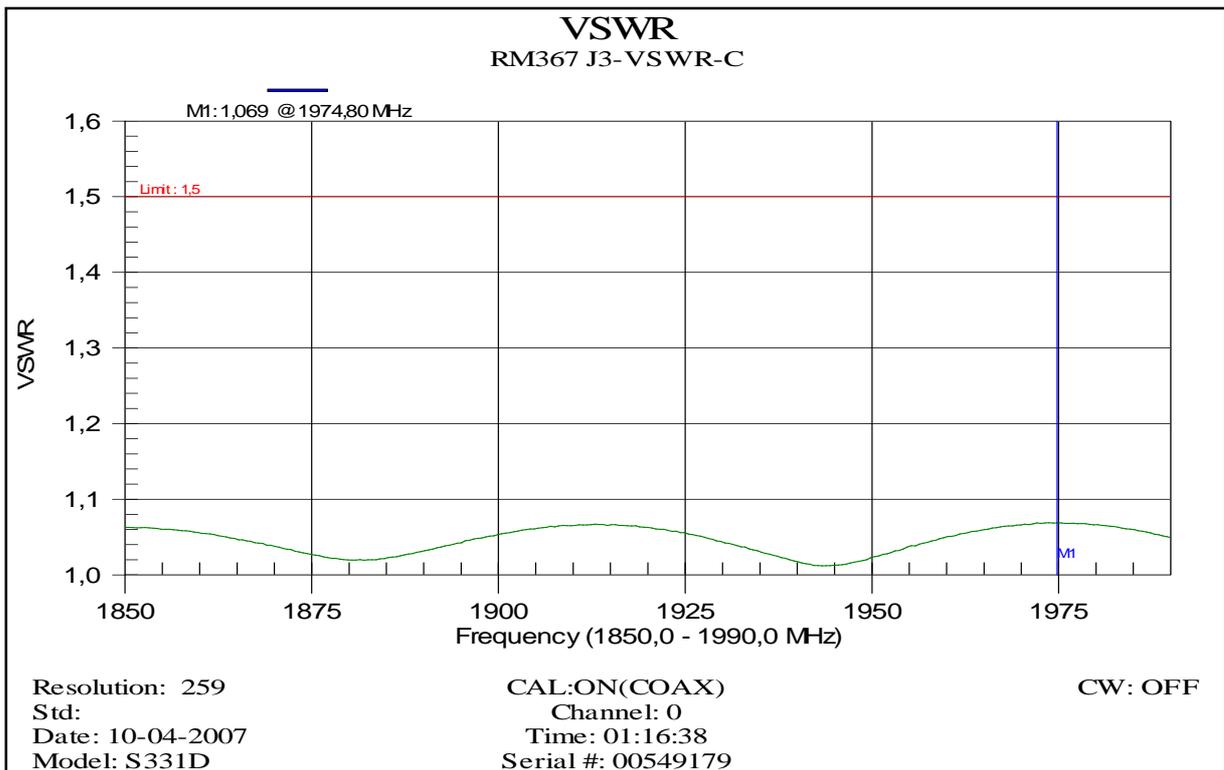


Figura 90. Mediciones VSWR Jumper 3

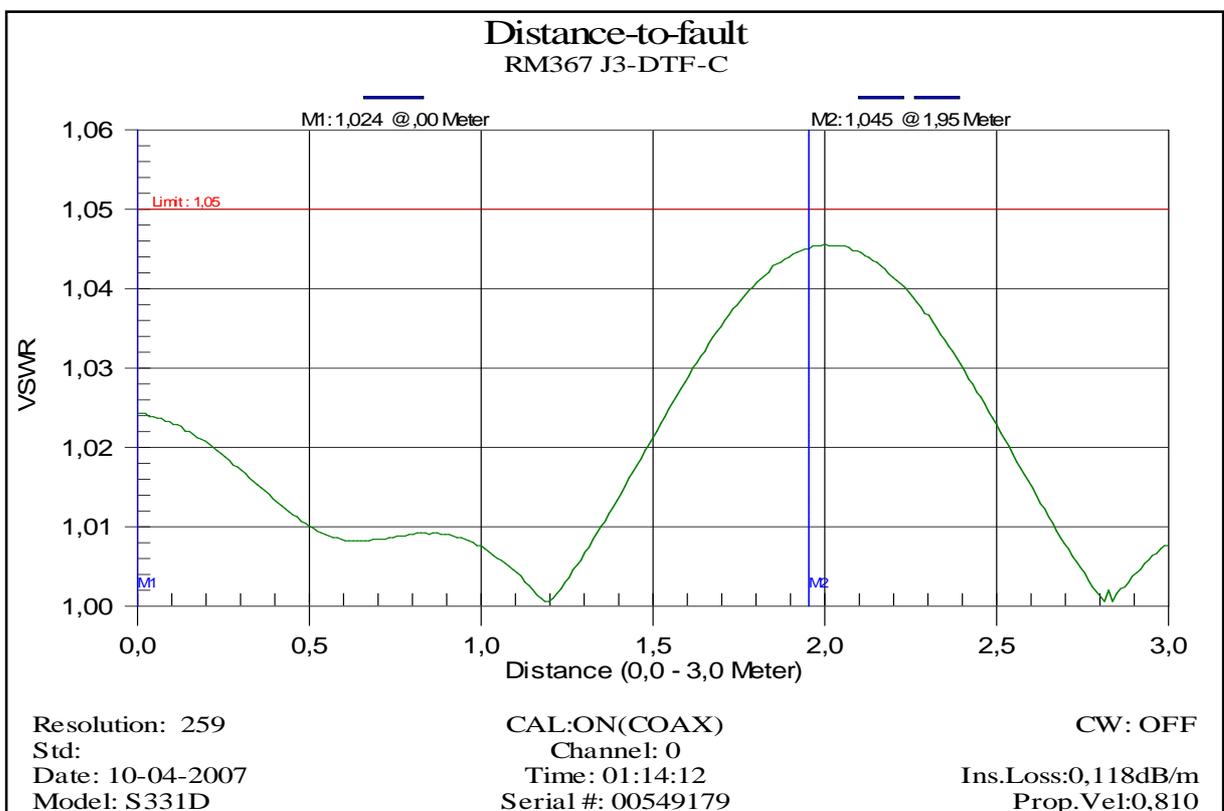


Figura 91. Mediciones Distance to fault Jumper 3

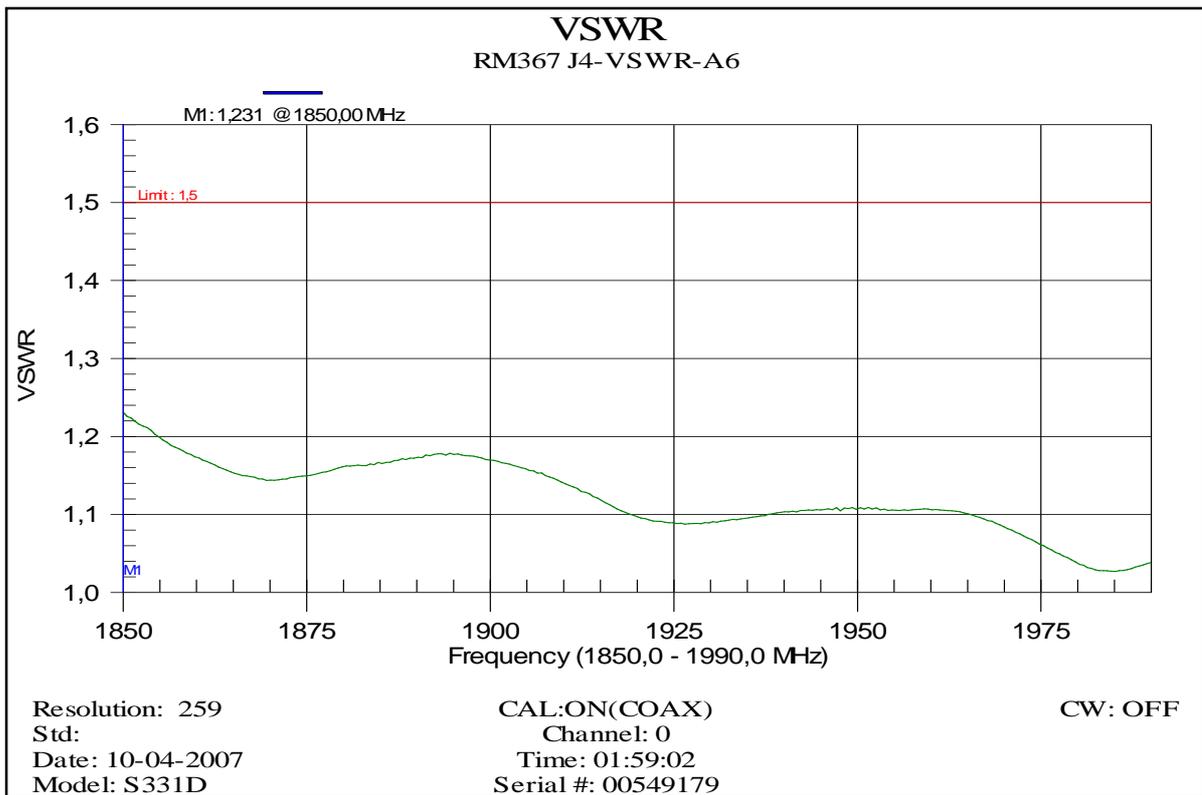


Figura 92. Mediciones VSWR Jumper 4

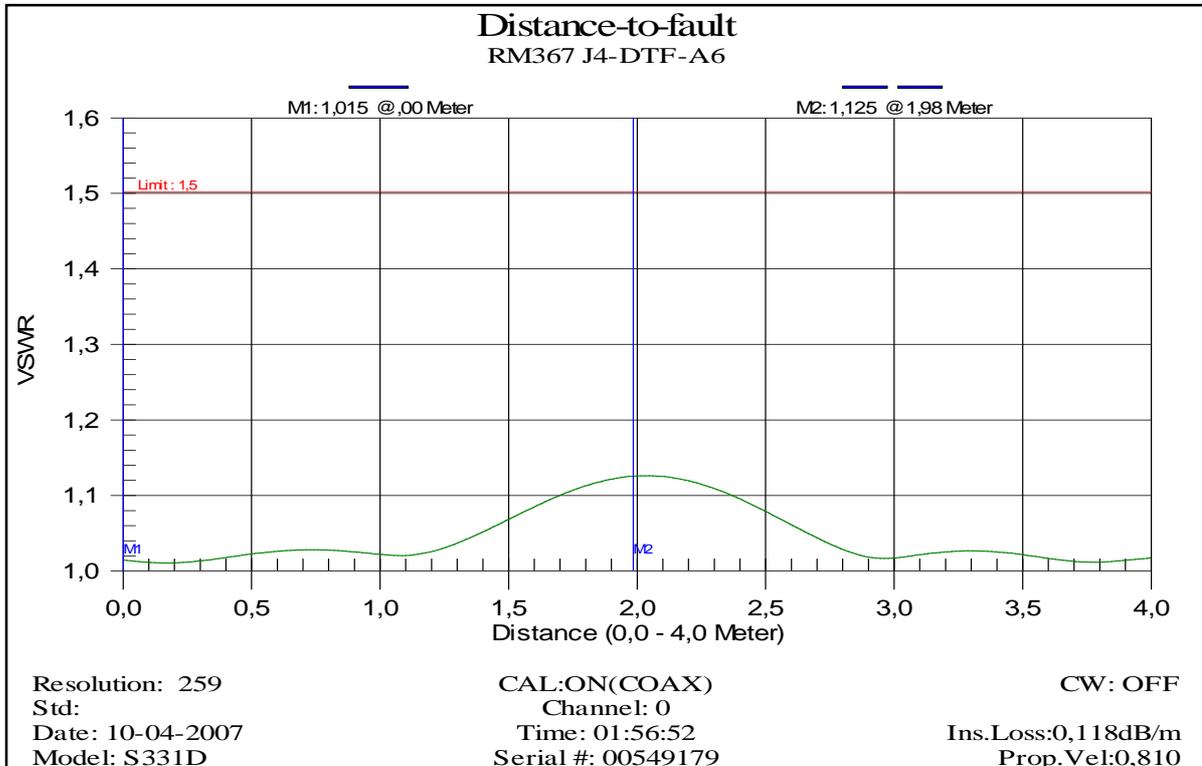


Figura 93. Mediciones Distance to fault Jumper 4

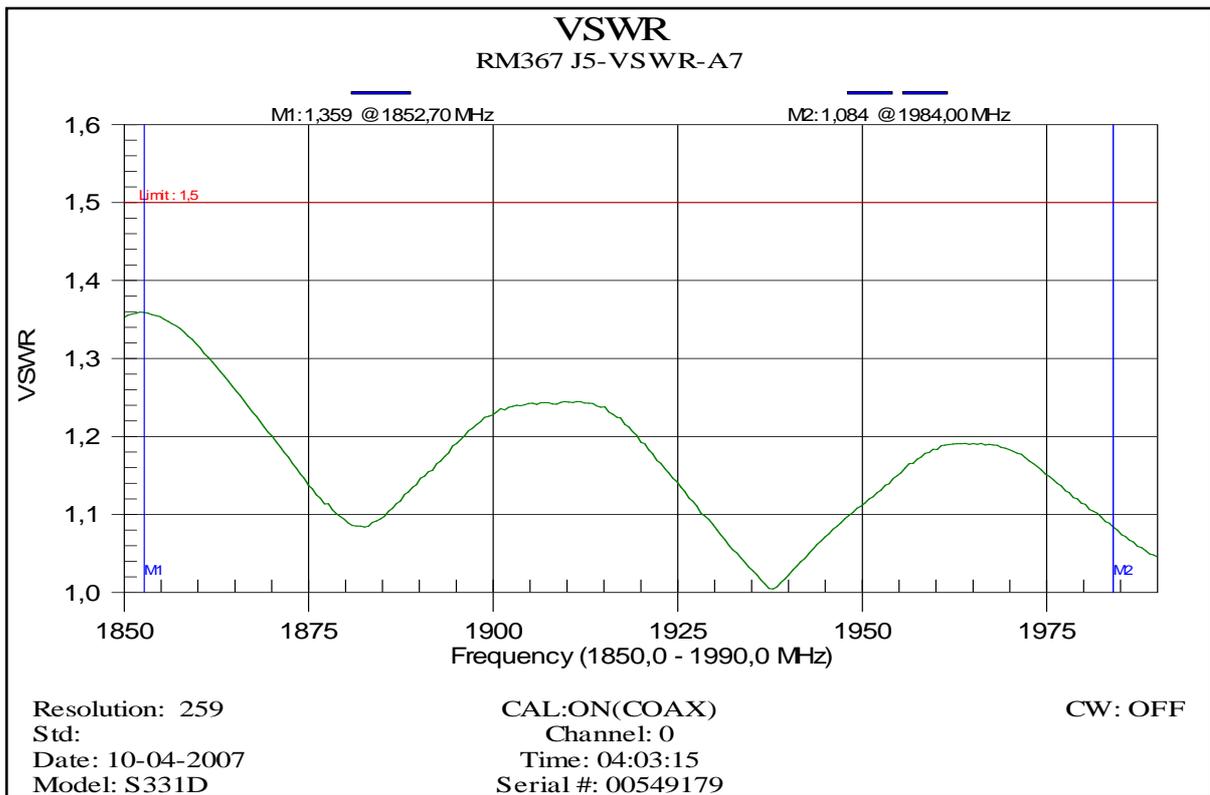


Figura 94. Mediciones VSWR Jumper 5

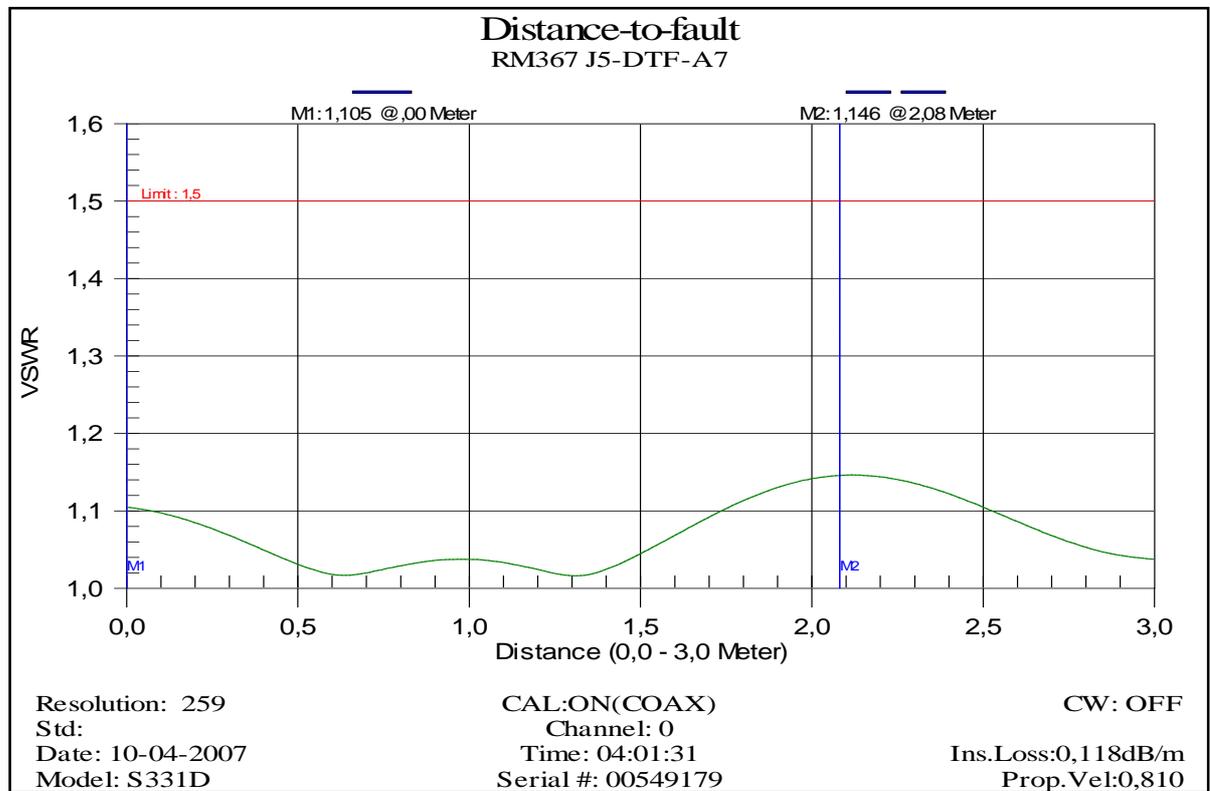


Figura 95. Mediciones Distance to fault Jumper 5

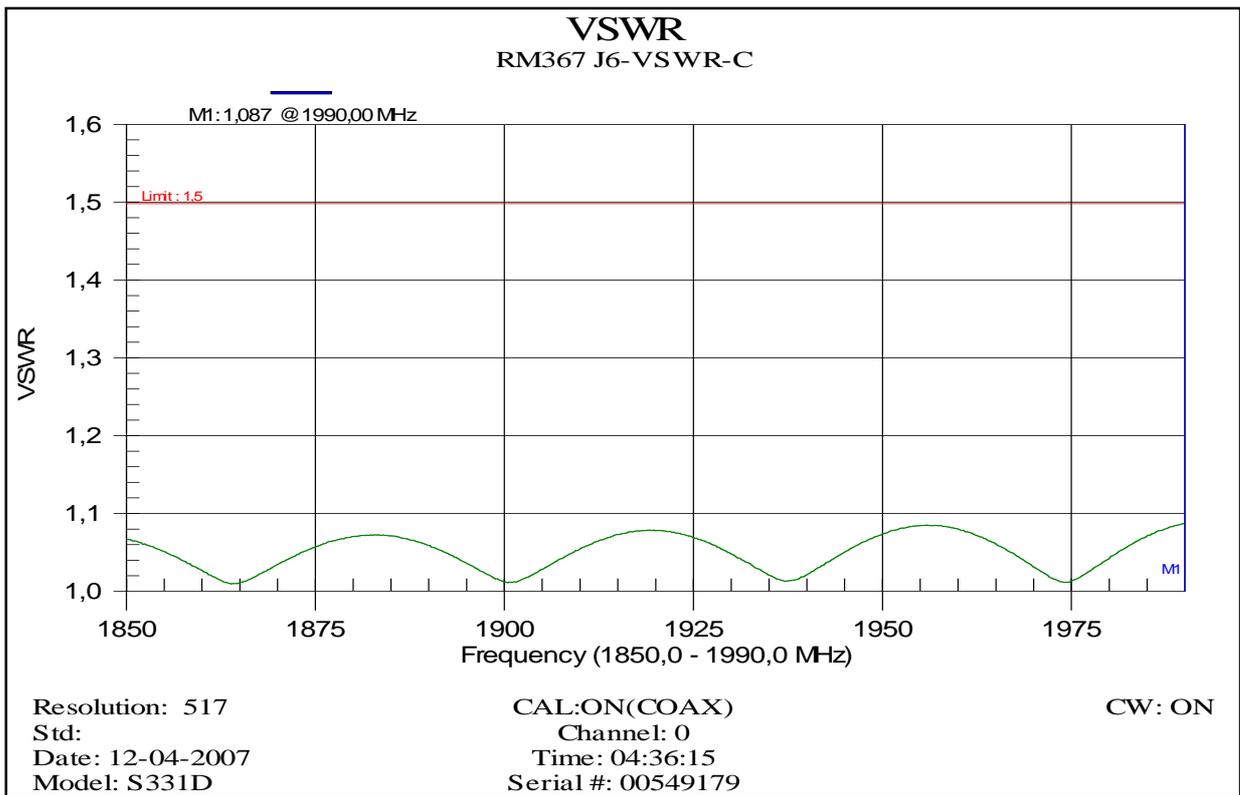


Figura 96. Mediciones VSWR Jumper 6

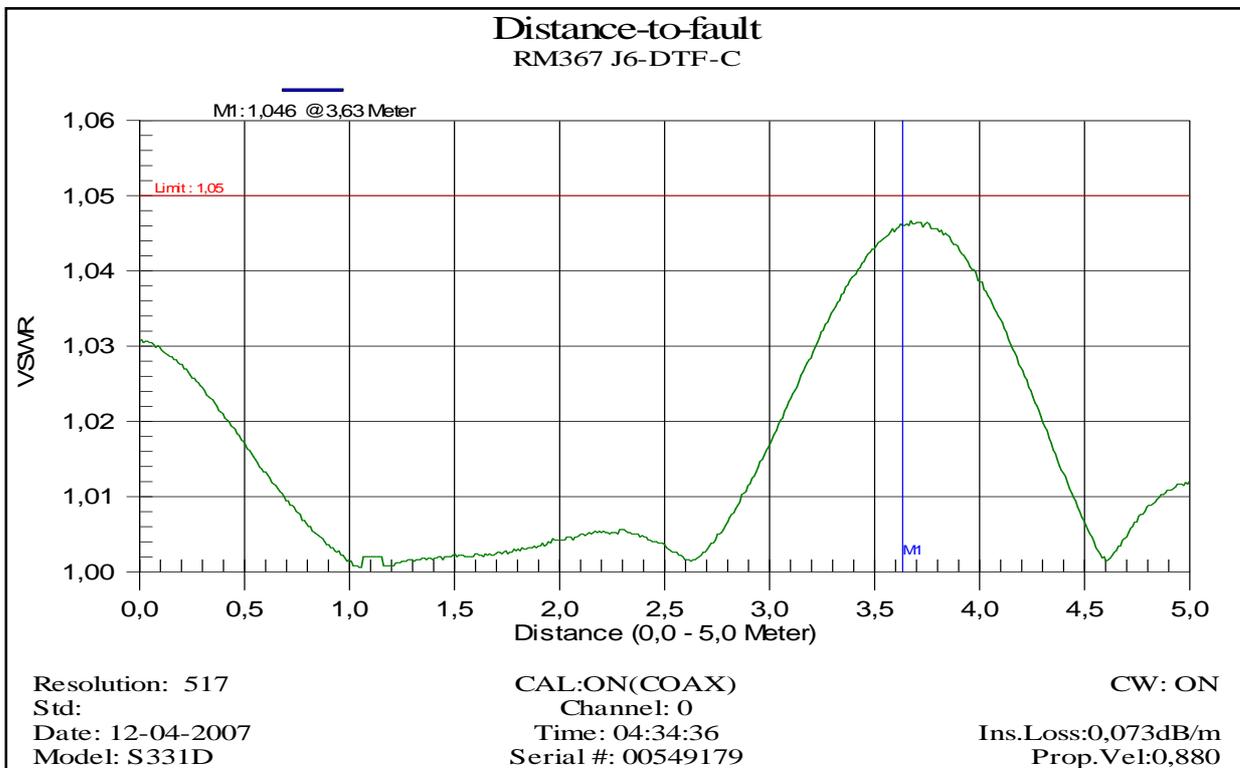


Figura 97. Mediciones Distance to fault Jumper 6

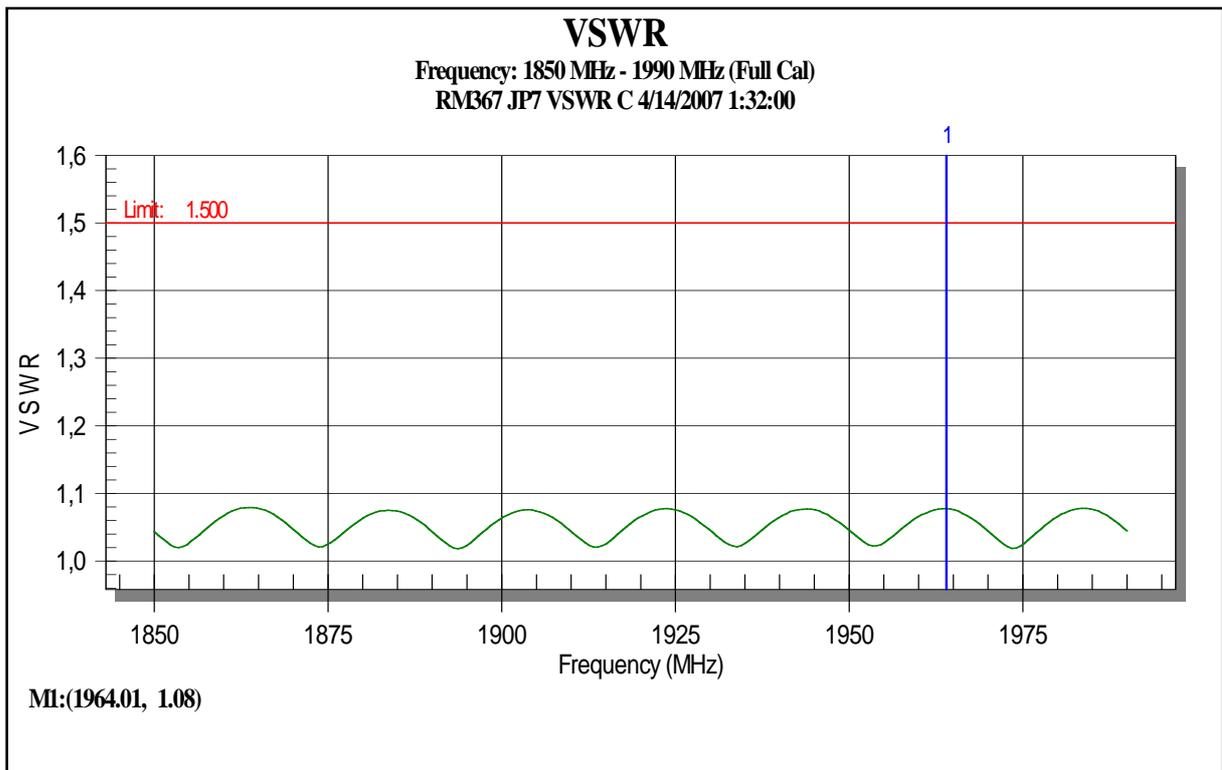


Figura 98. Mediciones VSWR Jumper 7

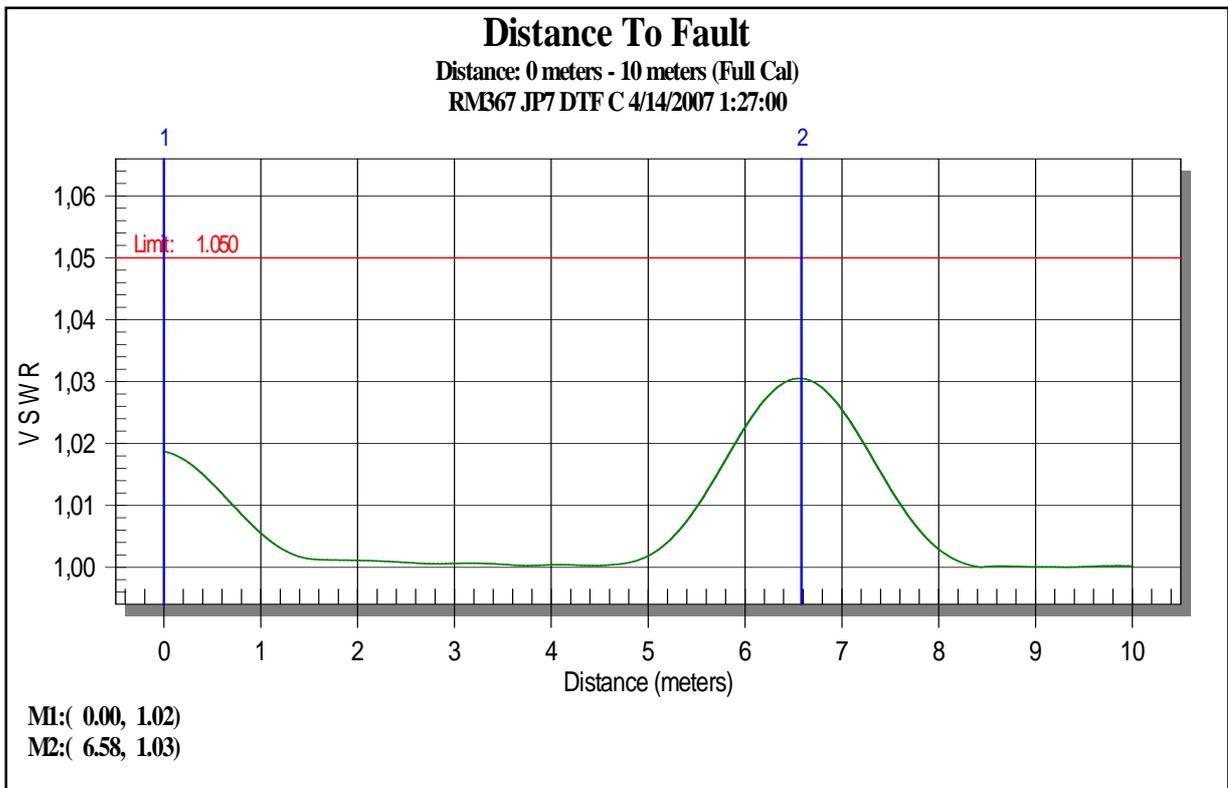


Figura 99. Mediciones Distance to fault Jumper 7

III.5.2. Informe Fotográfico de las antenas y equipos instalados.

En paralelo a la realización de la instalación de las antenas y equipos se toman las fotografías de estos instalados, en los siete pisos del edificio. Esto se hace para que post instalación se verifique que lo que se proyectó en el fotomontaje es similar a lo instalado. Además de que se evaluó el impacto visual que esto produce en el edificio.

A continuación se muestran las fotografías tomadas en este proyecto.



Figura 100. Micro BTS 2308 Ericsson y rectificador de energía.



Figura 101. Antena 1 - piso 15



Figura 102. Antena 2 - piso 15



Figura 103. Antena 3 - piso 14



Figura 104. Antena 4 - piso 13



Figura 105. Antena 5 - piso 13



Figura 106. Antena 6 - piso 12



Figura 107. Antena 7 - piso 12



Figura 108. Antena 8 - piso 4



Figura 109. Antena 9 - piso 4



Figura 110. Antena 10 - piso 3



Figura 111. Antena 11 - piso 3



Figura 112. Antena 12 - piso 2



Figura 113. Antena 13 - piso 2



III.5.3. Mediciones de Cobertura Final. (Walk Test Final)

Luego de haber finalizado el proceso de instalación, se verifico que todos los elementos instalados se encuentran en perfectas condiciones, comienza el proceso de comisionamiento del equipo, donde se configuran los parámetros básicos de funcionamiento de la micro celda, y los otros parámetros se configuran del switch (BSC) del operador, en este proceso se trabajan en conjunto el ingeniero de terreno con el ingeniero que se encuentre en el switch (BSC).

En el comisionamiento se configura el tipo de equipo, modelo, tipo de ventilación, energía de funcionamiento, baterías, cantidad de TRX, Alarmas, tipo de codificación. De esta manera se integra el nuevo sitio a la red y la micro celda comienza a transmitir nuevos canales dentro del edificio, a la micro celda se le asigno los siguientes parámetros:

CELL_ID: 53671

BCCH: 521

TCH1: 746

TCH2: 752

TCH3: 754

TCH4: 758

Al momento que comienza a funcionar la micro celda se realizan las pruebas de cobertura final (walk test final), estas pruebas son similares a las realizadas inicialmente. La diferencia es que ahora se realiza la medición recolectando mas parámetros además del scan, canales, se registran los parámetros de C/I (Carrier/Interferencia). Estos se miden con valores que van desde 0 a 30, el nivel de señal a ruido, los valores de C/I deben situarse entre 15 y 20 para ser considerados aceptables. Adicionalmente con esta medición se corrobora que no existan DROP CALLS y que se produzcan los HANDOVER entre los canales asignados en la micro celda.

A continuación se muestran los planos con los niveles de cobertura obtenidos con la solución In-Building en funcionamiento, en este caso cada piso posee 3 plots, uno con los niveles de potencia, el segundo con los canales y el tercero con los niveles de C/I (carrier/Interferencia).



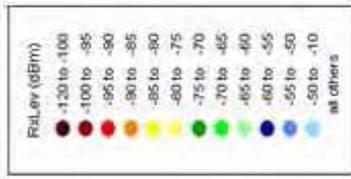
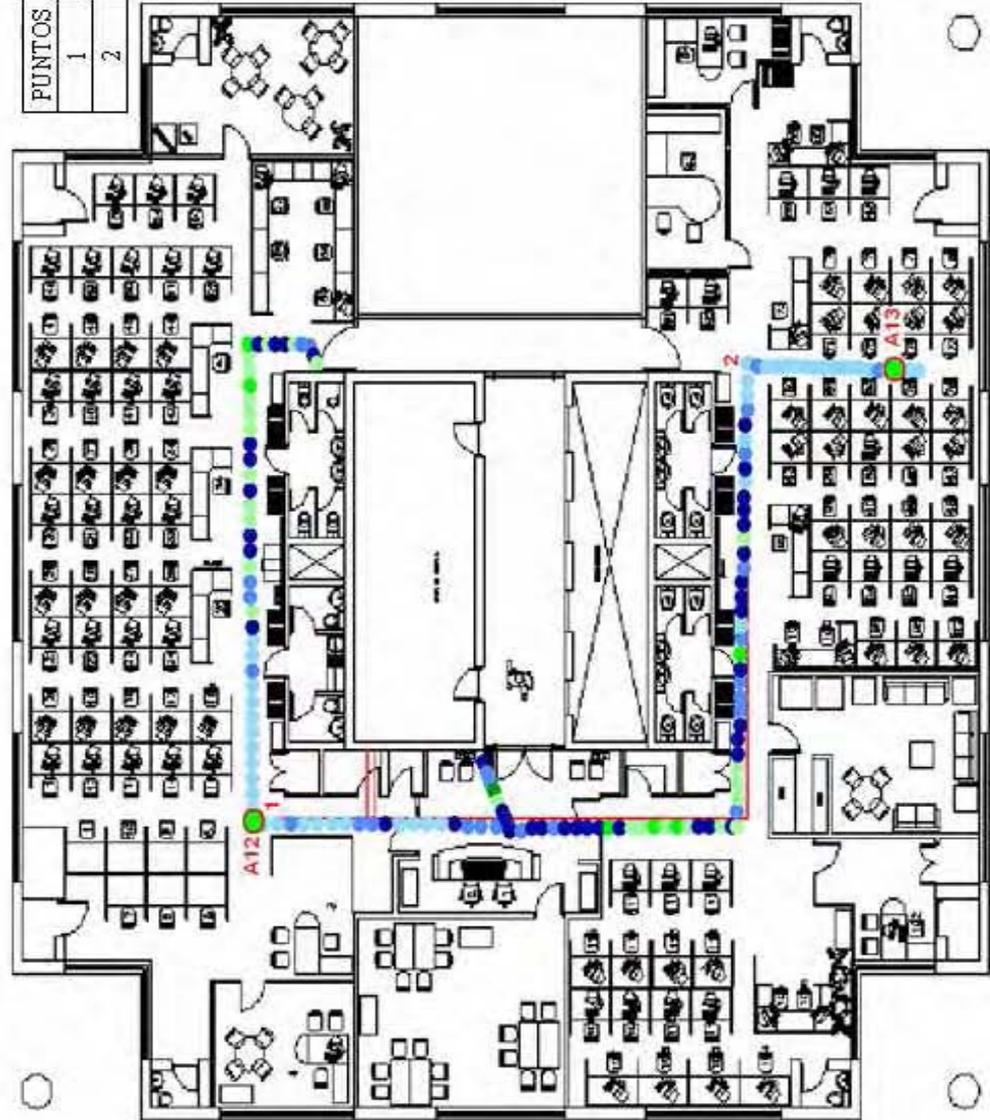
PROYECTO DE COBERTURA INDOOR AS BUILT

OFICINAS VTR **Walk Test Final RxLevel (dBm)** **PISO 2**

SITE ID : RM 367 NOMBRE: OFICINAS VTR DIRECCIÓN: TEATINOS # 960 COMUNA: SANTIAGO REGION : 13

LATITUD: 33°25'57,42" LONGITUD: 70°39'21,98" ALTURA: 564 MTS. FECHA: REVISIÓN: 0

PUNTOS	CANALES	RXLEVEL	C/I
1	521	-43	25
2	521	-51	20





PROYECTO DE COBERTURA INDOOR AS BUILT

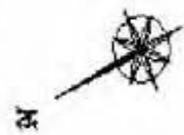
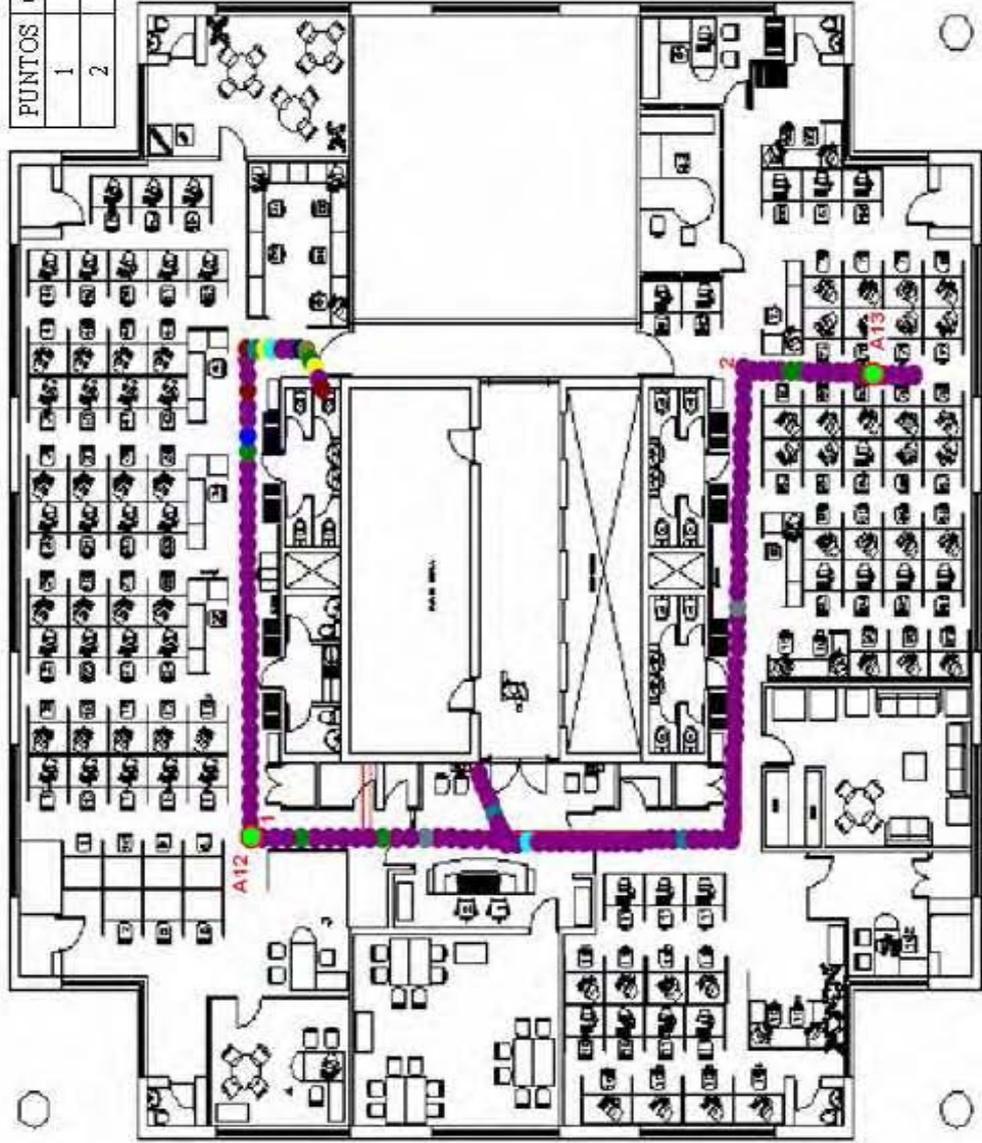
PISO 2

Walk Test Final Canales

OFICINAS VTR

SITE ID :	RM 367	OFICINAS VTR	DIRECCIÓN :	TEATINOS # 560	COMUNA:	SANTIAGO	REGIÓN :	13	
LATITUD:	33°25'57,42"	LONGITUD:	70°39'21,98"	ALTAURA:	564	MTS.	FECHA:	REVISIÓN:	0

PUNTOS	CANALES	RXLEVEL	C/I
1	521	-43	25
2	521	-51	20



CANALES
521



PROYECTO DE COBERTURA INDOOR

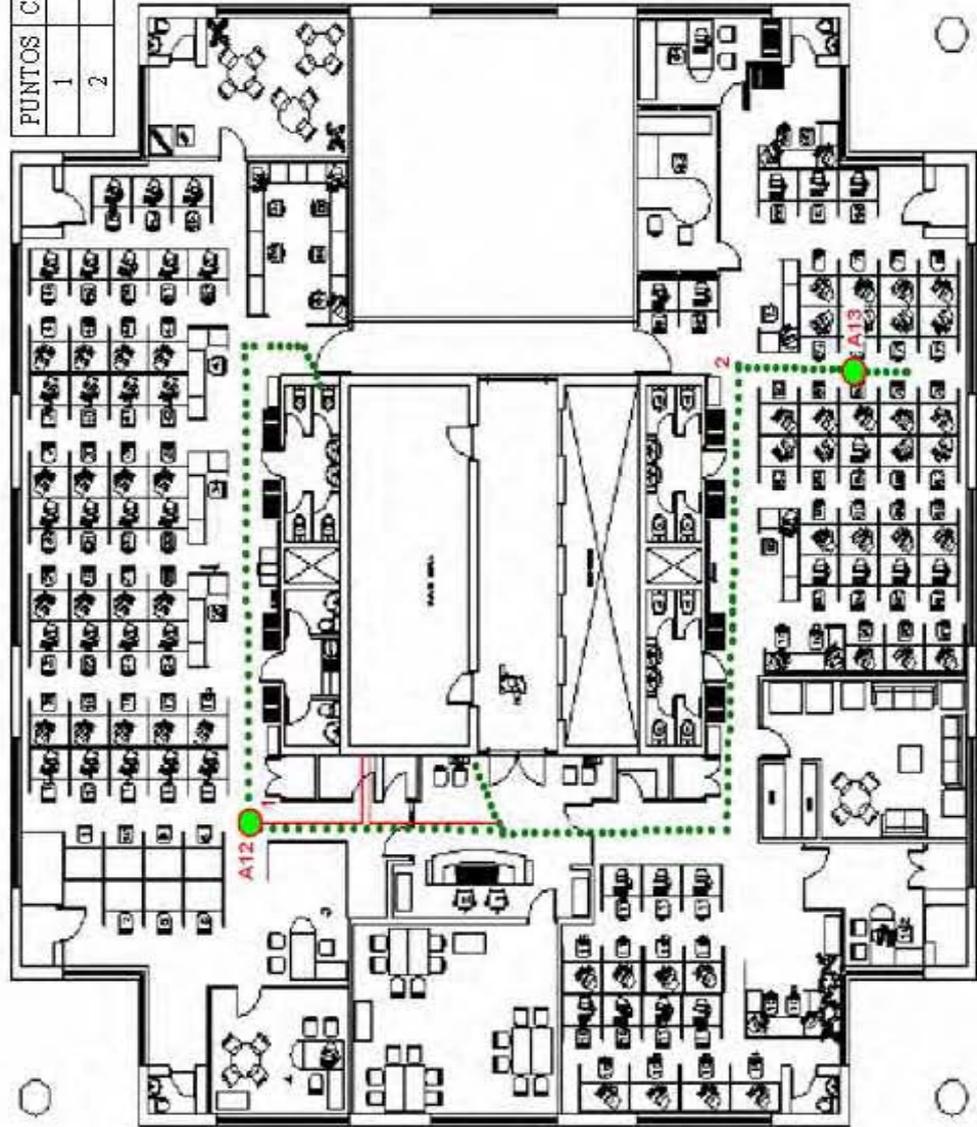
OFICINAS VTR

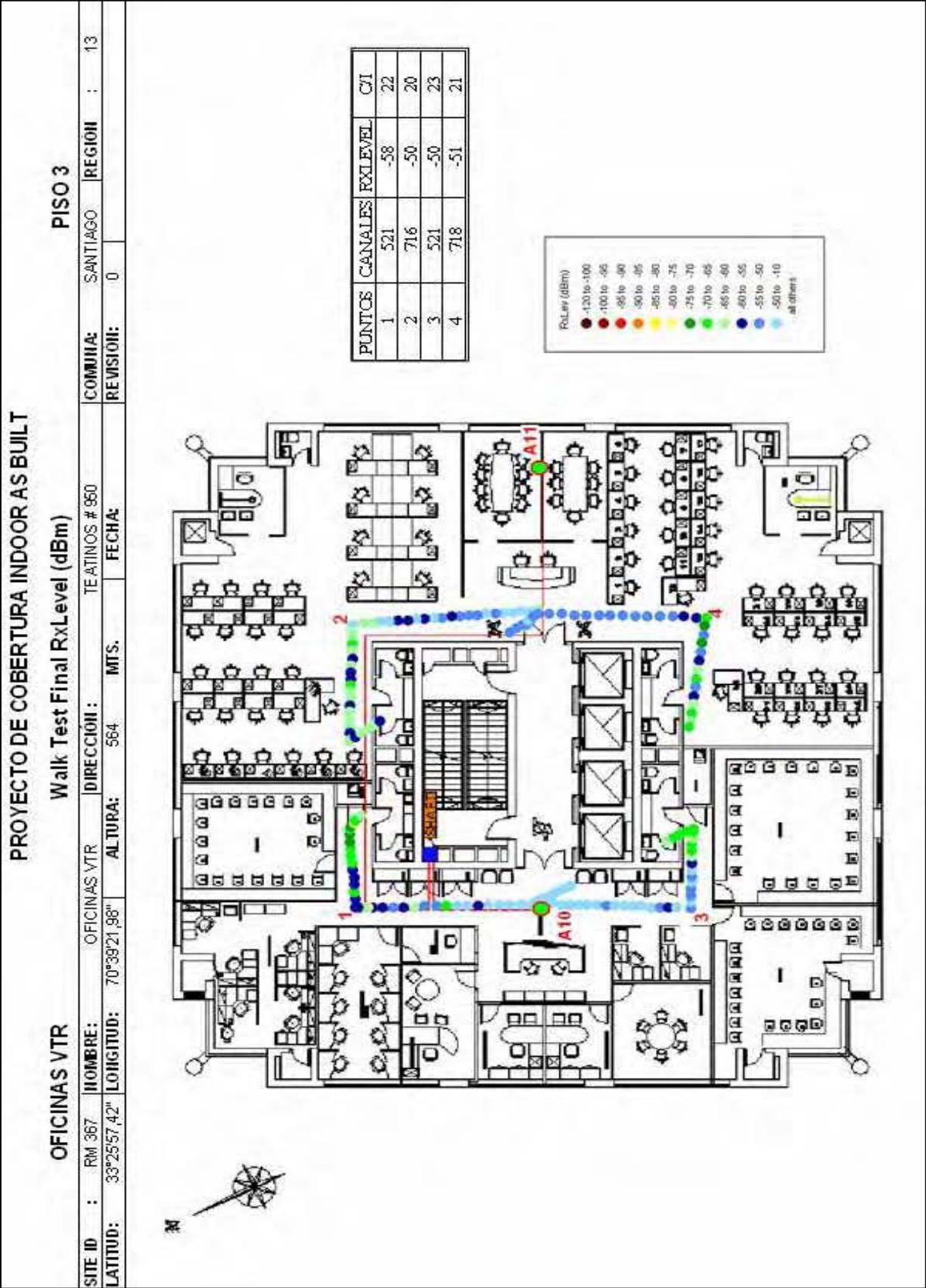
Walk Test Final C/I

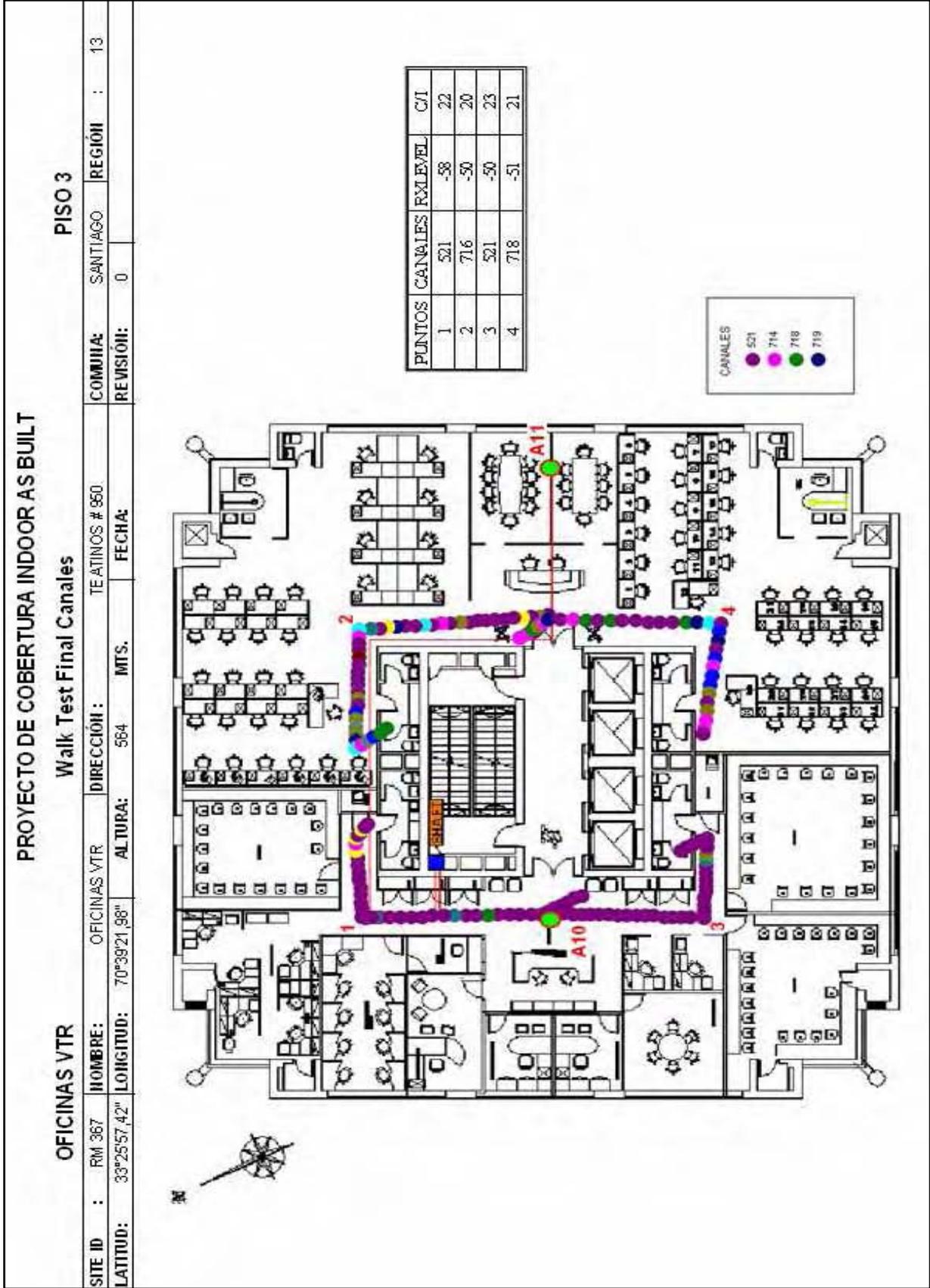
PISO 2

SITE ID : RM 367	OFICINAS VTR	DIRECCIÓN: TEATINOS #950	COMUNA: SANTIAGO	REGIÓN : 13
LATITUD: 33°25'57,42"	LONGITUD: 70°39'21,98"	ALTIMETRIA: 564 MTS.	REVISIÓN: 1	

PUNTOS	CANALES	RXLEVEL	C/I
1	521	-43	25
2	521	-51	20









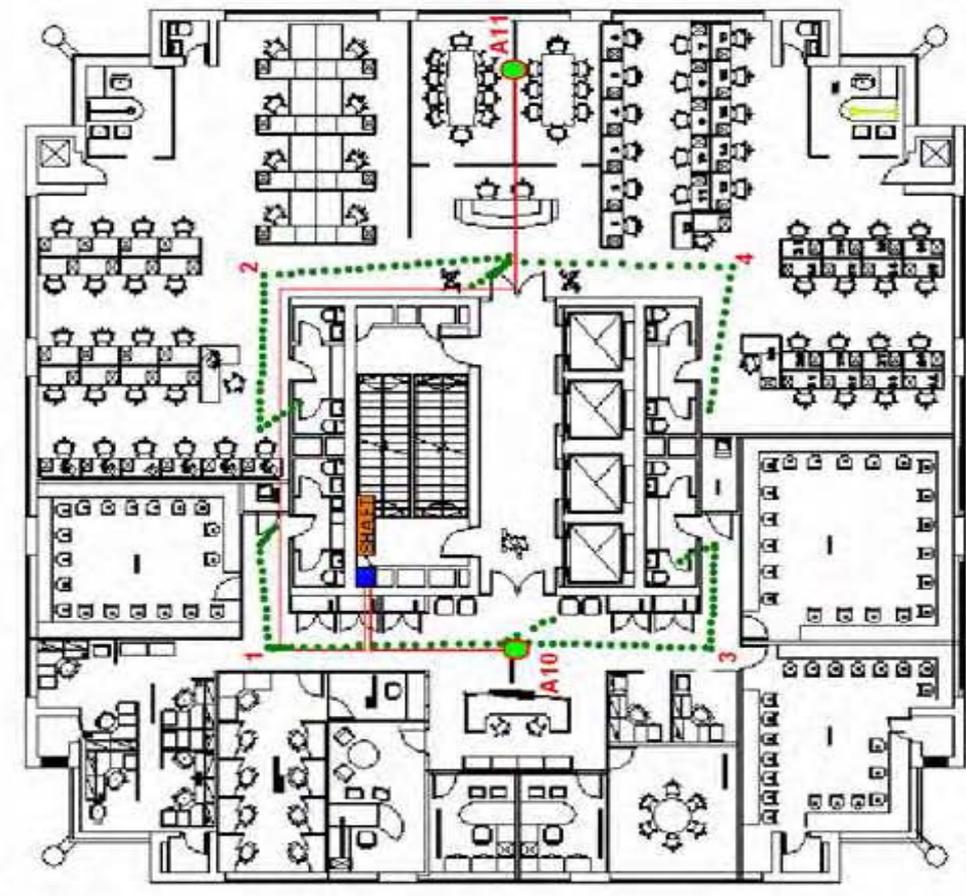
PROYECTO DE COBERTURA INDOOR

PISO 3

Walk Test Final CI

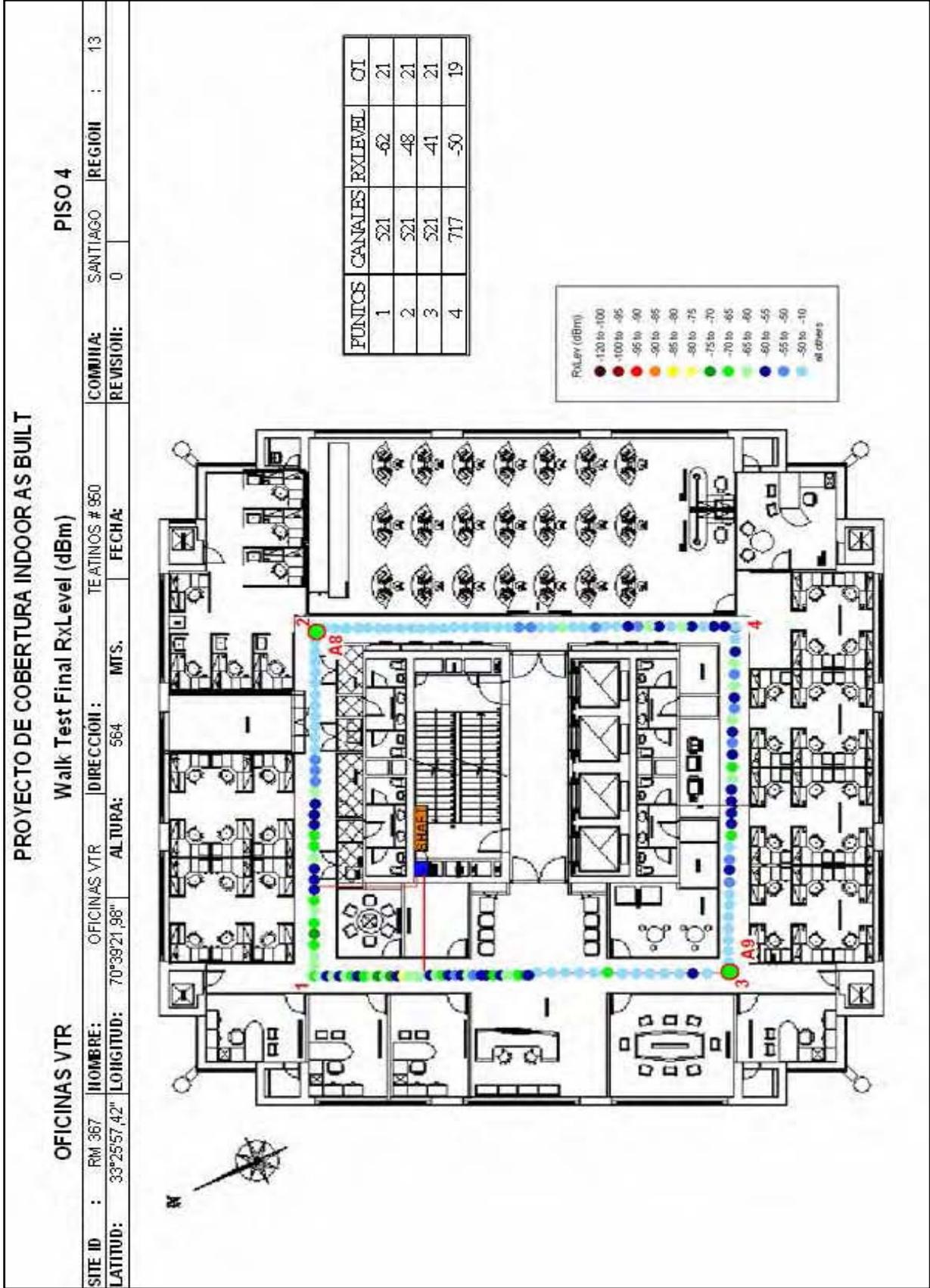
OFICINAS VTR

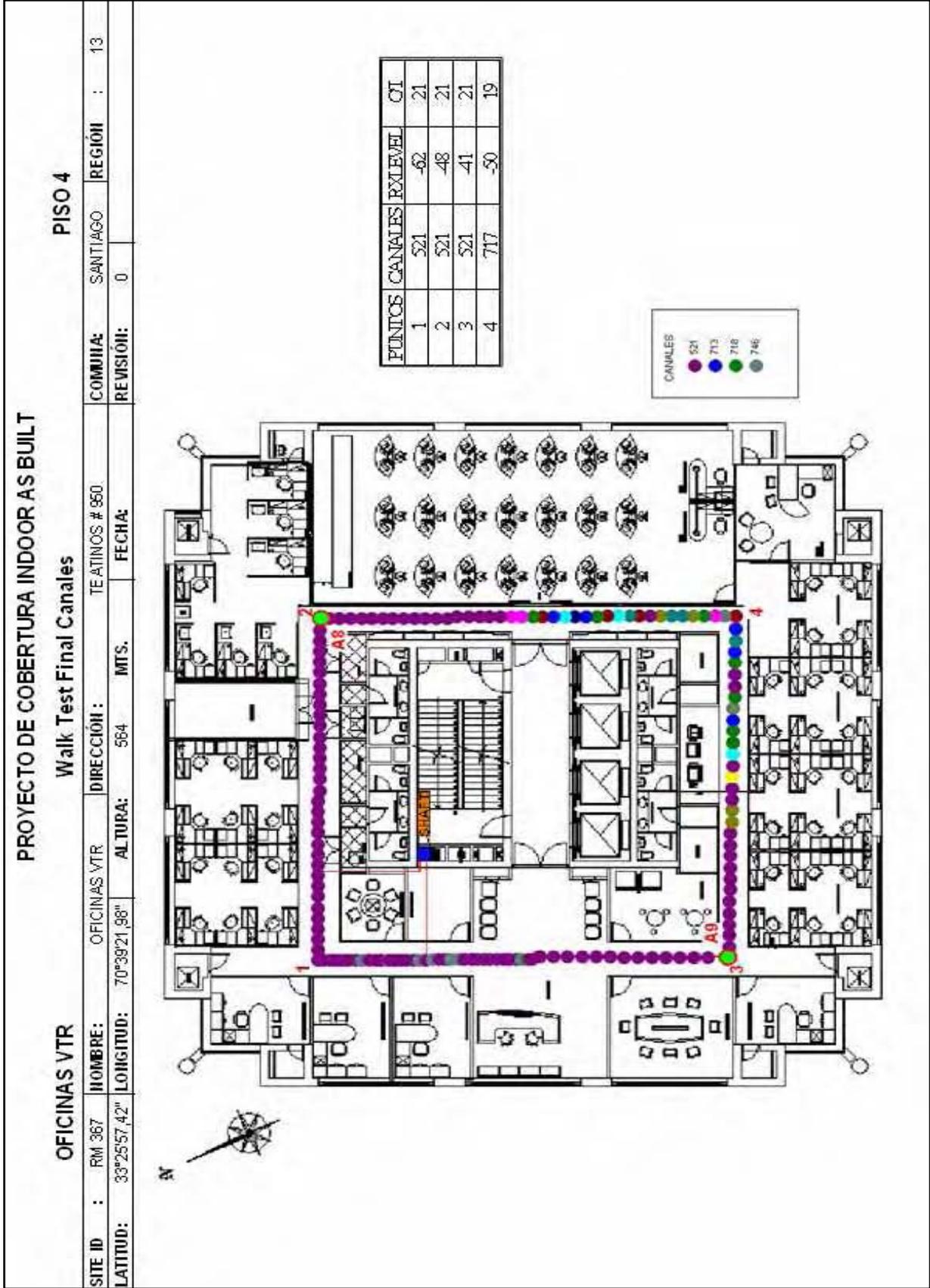
SITE ID :	RM 367	OFICINAS VTR	DIRECCIÓN :	TEATINOS #950	COMUNA:	SANTIAGO	REGIÓN :	13
LATITUD:	33°25'57,42"	LONGITUD:	70°39'21,98"	ALTIMETRIA:	564	MTS.	FECHA:	1
							REVISIÓN:	

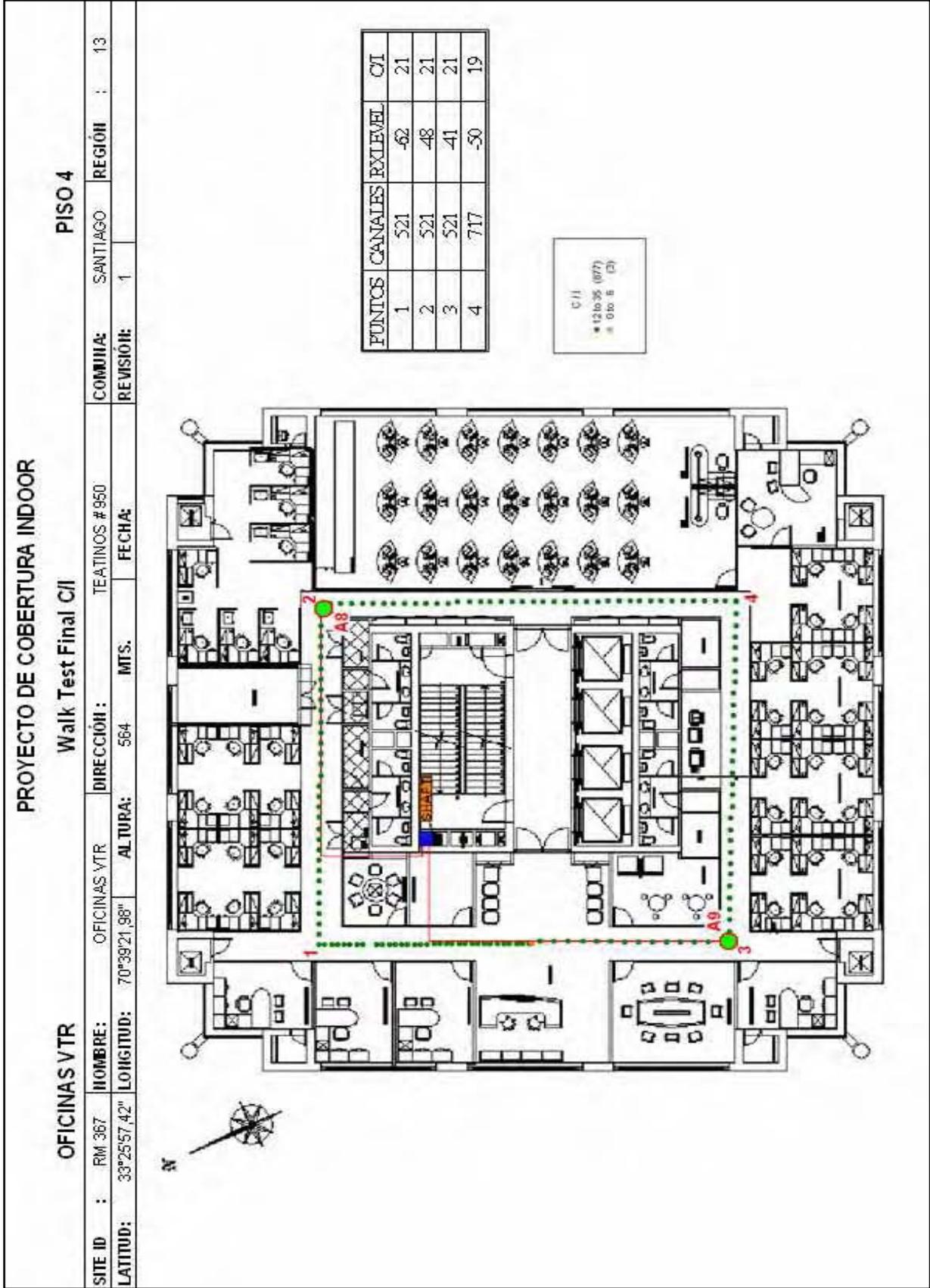


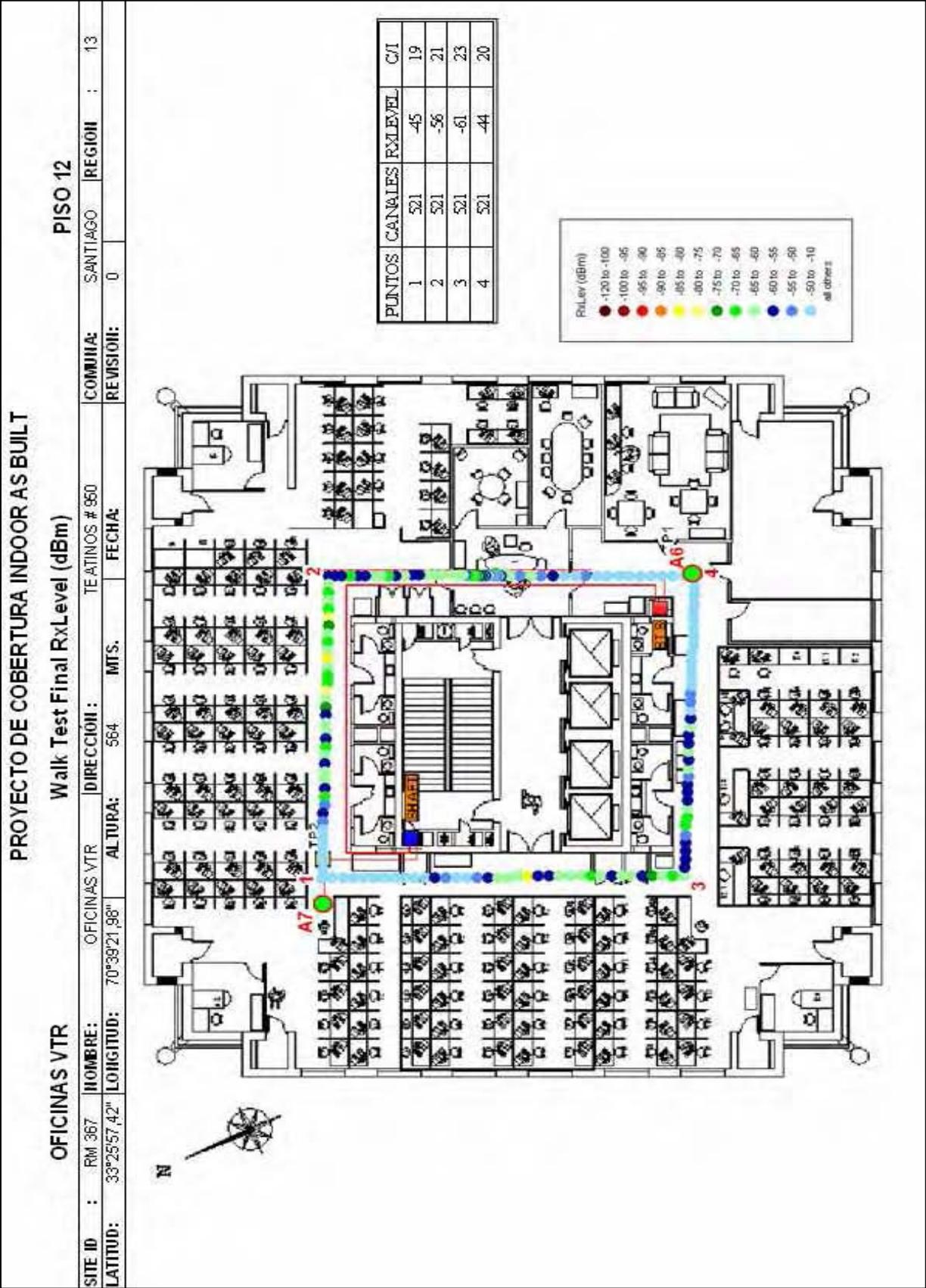
FUNTOS	CANALES	EXLEVEL	OT
1	521	-58	22
2	716	-50	20
3	521	-50	23
4	718	-51	21

C / I
 *121635 (800)











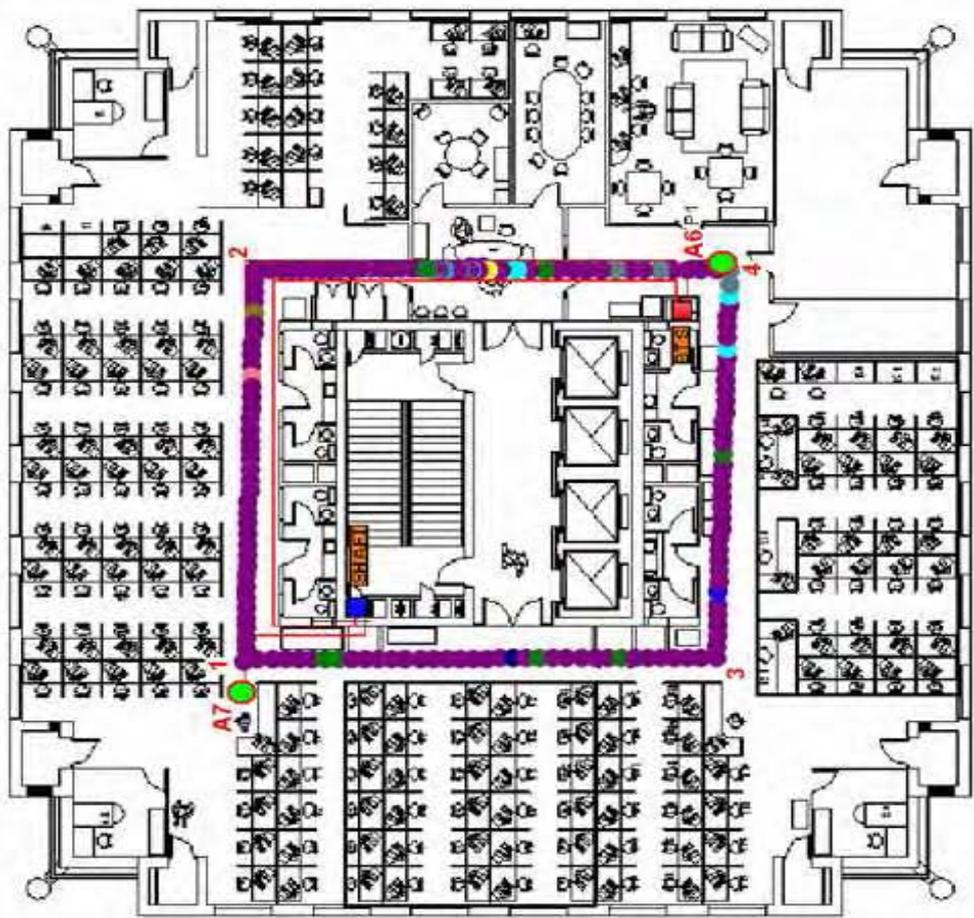
PROYECTO DE COBERTURA INDOOR AS BUILT

OFICINAS VTR

Walk Test Final Canales

PISO 12

SITE ID : RM 367	NOMBRE: OFICINAS VTR	DIRECCIÓN: TEATINOS # 960	COMUNA: SANTIAGO	REGIÓN : 13
LATITUD: 33°25'57,42"	LONGITUD: 70°39'21,98"	ALtura: 564 MTS.	FECHA:	REVISIÓN: 0



PUNTO	CANALES	EXLEVEL	OTI
1	521	-45	19
2	521	-56	21
3	521	-61	23
4	521	-44	20

CANALES

- 521
- 746
- 752
- 754



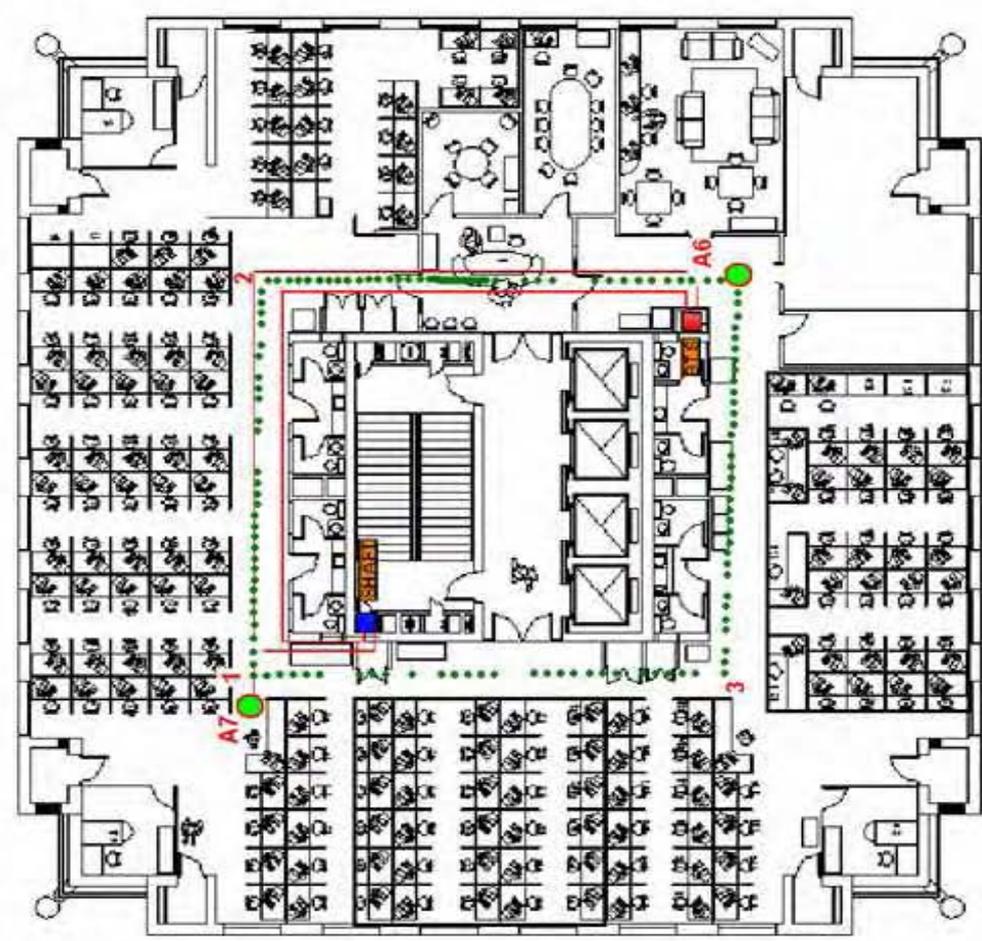
PROYECTO DE COBERTURA INDOOR

OFICINAS VTR

Walk Test Final C/I

PISO 12

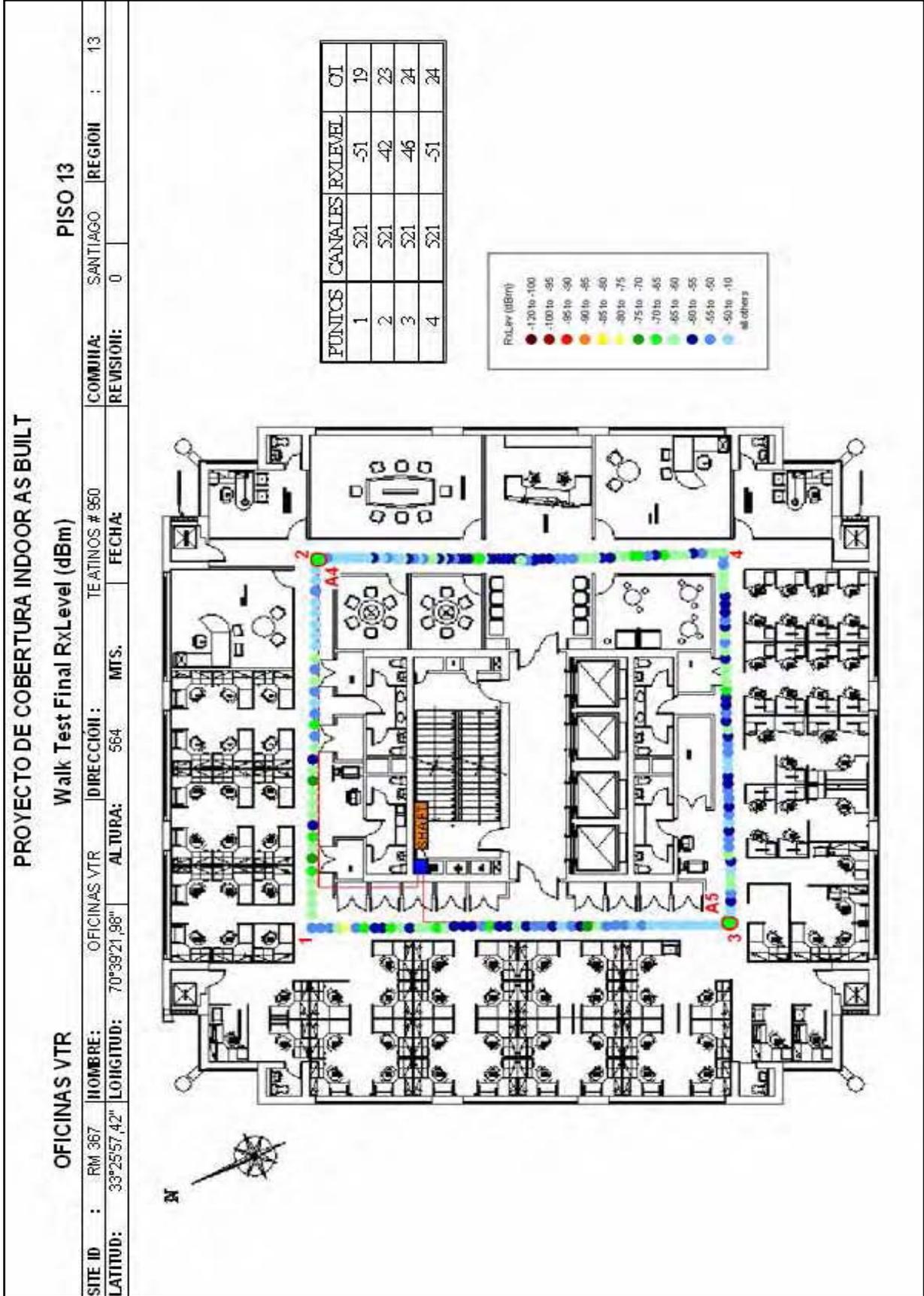
SITE ID : RM 367	HOMBRE: OFICINAS VTR	DIRECCIÓN: TEATINOS #850	COMUNIA: SANTIAGO	REGION : 13
LATITUD: 33°25'57,42"	LONGITUD: 70°39'21,98"	ALTIMURA: 564 MTS.	FECHA:	REVISIÓN: 1

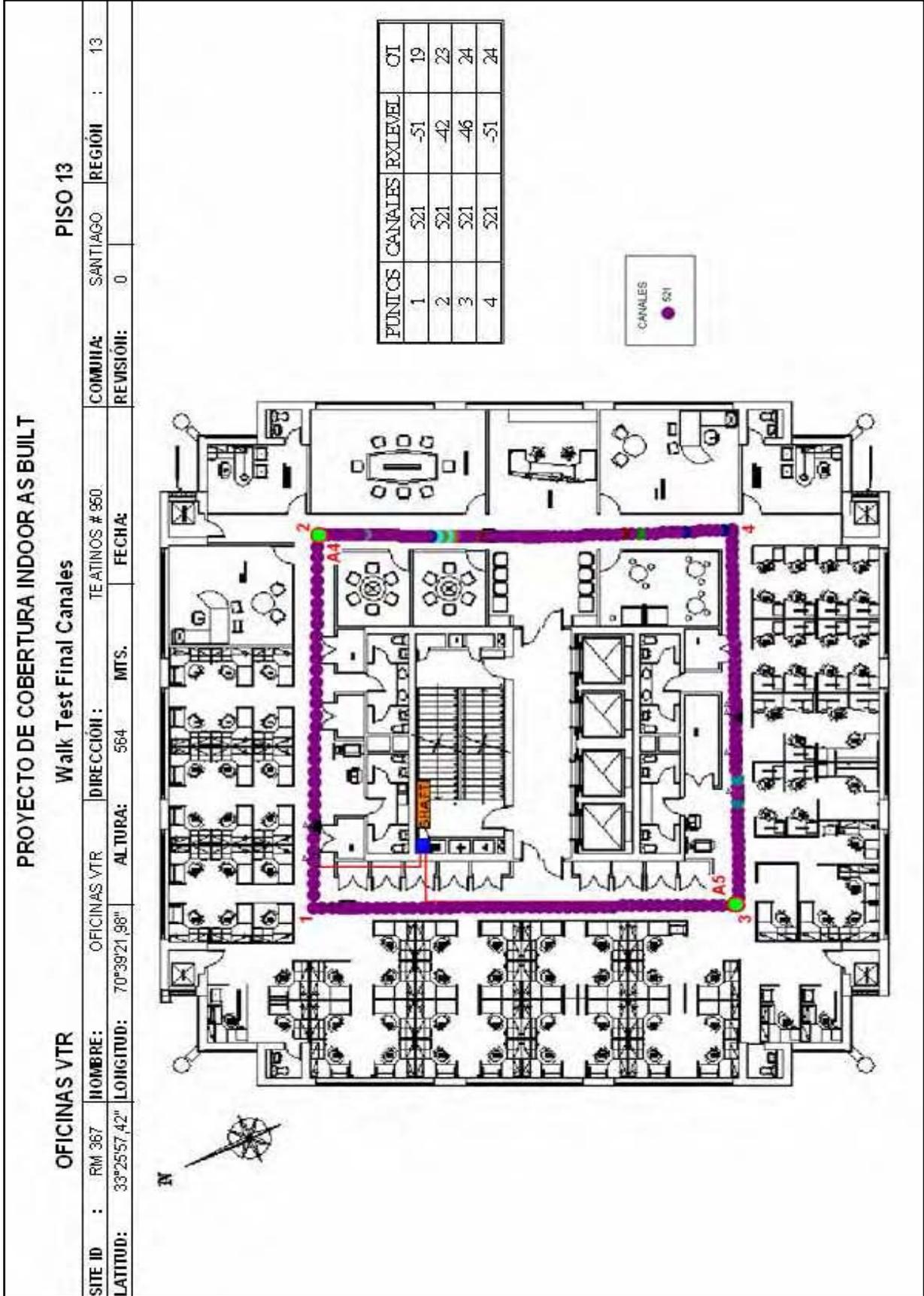


FUNTOS	CANALES	EXLEVEL	OT
1	521	-45	19
2	521	-56	21
3	521	-61	23
4	521	-44	20

C/I

- 12 to 35 (281)
- 0 to 6 (2)







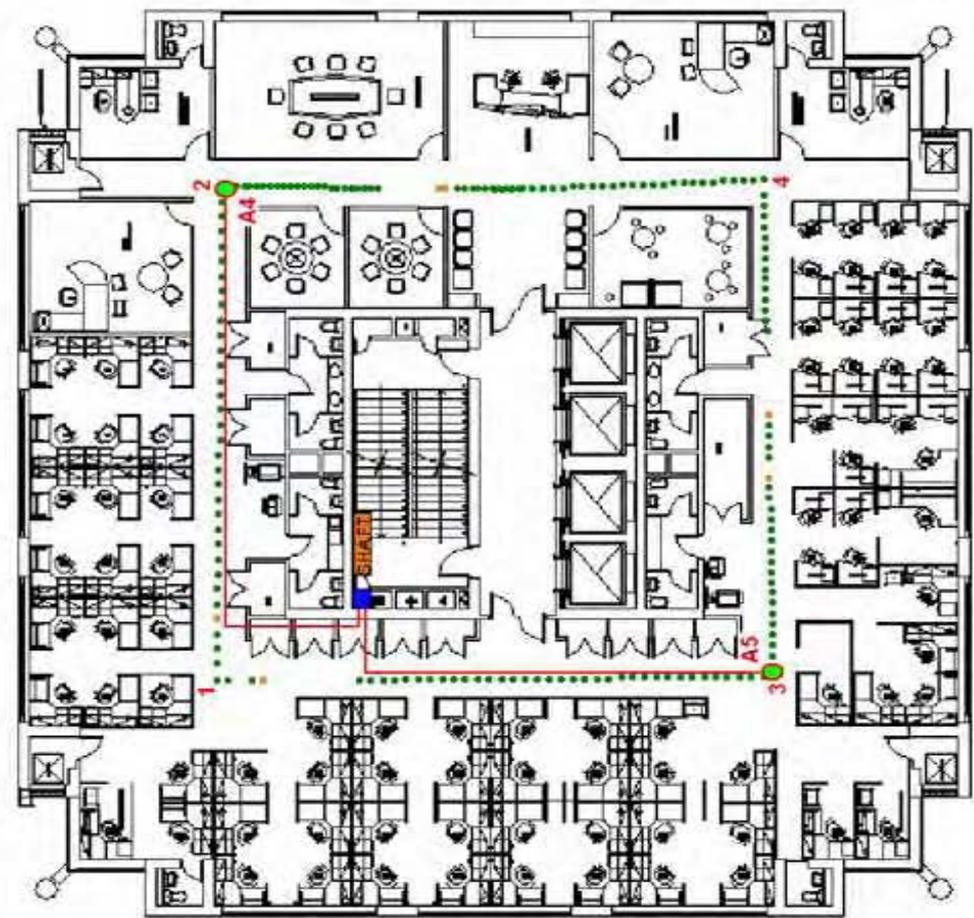
PROYECTO DE COBERTURA INDOOR

PISO 13

Walk Test Final CI

OFICINAS VTR

SITE ID : RM 367	NOMBRE: OFICINAS VTR	DIRECCIÓN : TEATINOS #950	COMUNIA: SANTIAGO	REGIÓN : 13
LATITUD: 33°25'57,42"	LONGITUD: 70°39'21,98"	ALTURA: 564 MTS.	FECHA:	REVISIÓN: 1



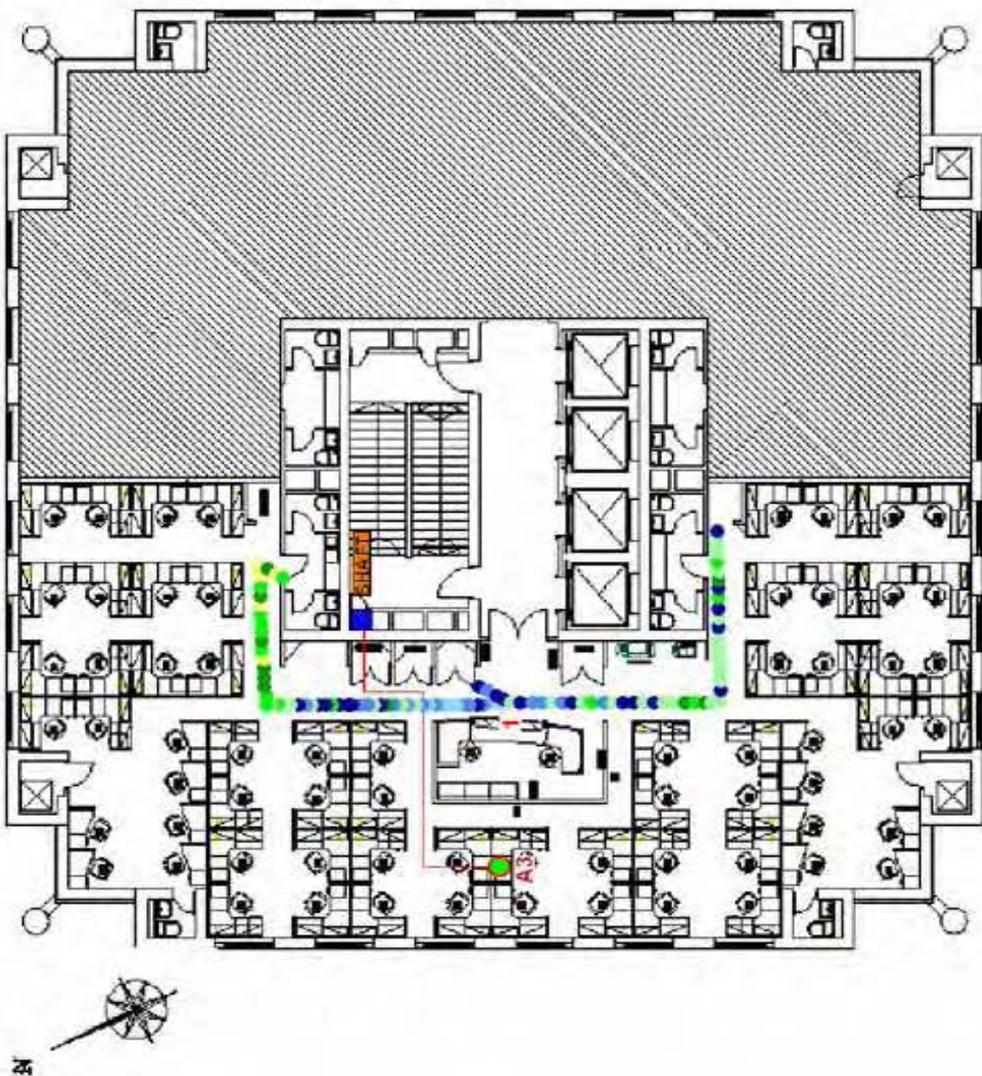
FUNTO	CANALES	EXEVEL	OTI
1	521	-51	19
2	521	-42	23
3	521	-46	24
4	521	-51	24

CI
 #121635 (006)
 # 016 B (15)

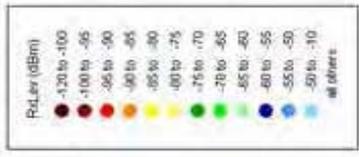


OFICINAS VTR		PROYECTO DE COBERTURA INDOOR AS BUILT		PISO 14	
SITE ID :	RM 367	NOMBRE:	OFICINAS VTR	DIRECCIÓN:	TEATINOS # 960
LATITUD:	33°25'57,42"	LONGITUD:	70°39'21,98"	ALTURA:	564 MTS.
				FECHA:	
				COMUNIA:	SANTIAGO
				REVISIÓN:	0
				REGION:	13

Walk Test Final RxLevel (dBm)



PUNTOS	CANALES	RXLEVEL	OTI
1	521	-48	24





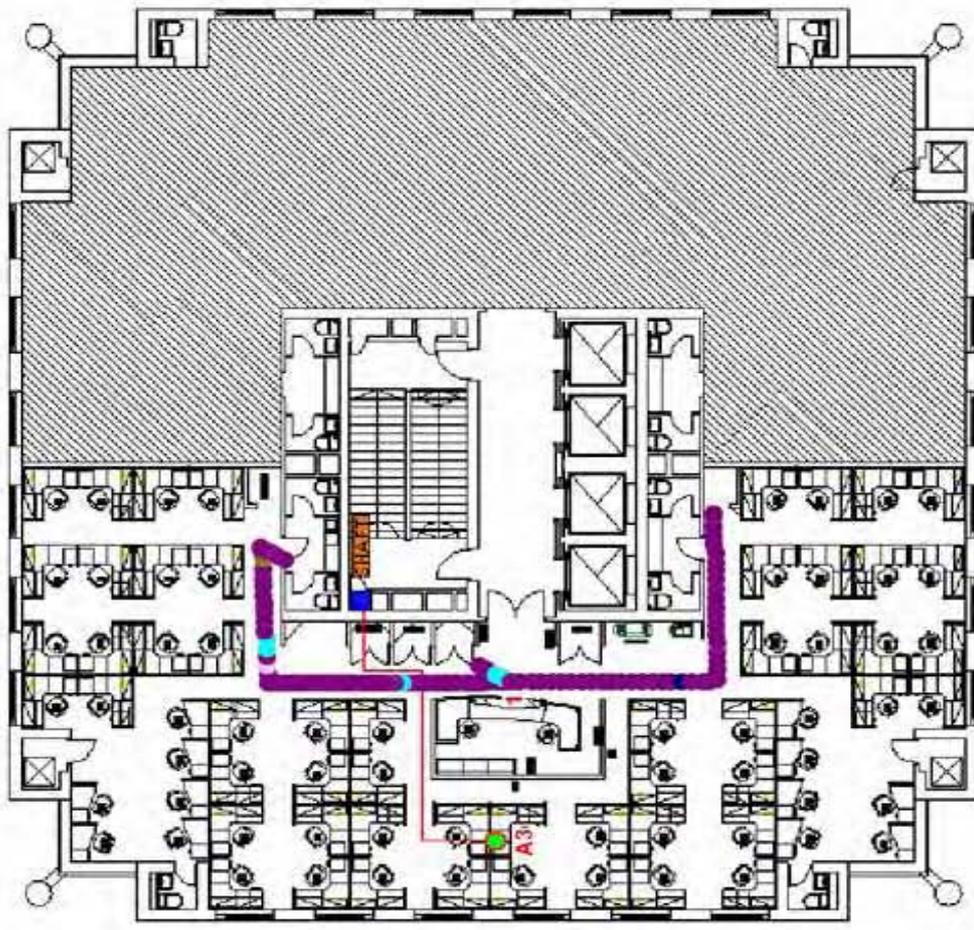
PROYECTO DE COBERTURA INDOOR AS BUILT

OFICINAS VTR

Walk Test Final Canales

PISO 14

SITE ID : RM 367	HOMBRE: OFICINAS VTR	DIRECCION: TE ATINOS # 960	COMUNA: SANTIAGO	REGION: 13
LATITUD: 33°25'57,42"	LONGITUD: 70°39'21,98"	ALTIMETRIA: 564 MTS.	REVISION: 0	



PUNTOS	CANALES	RXLEVEL	C/I
1	521	48	24



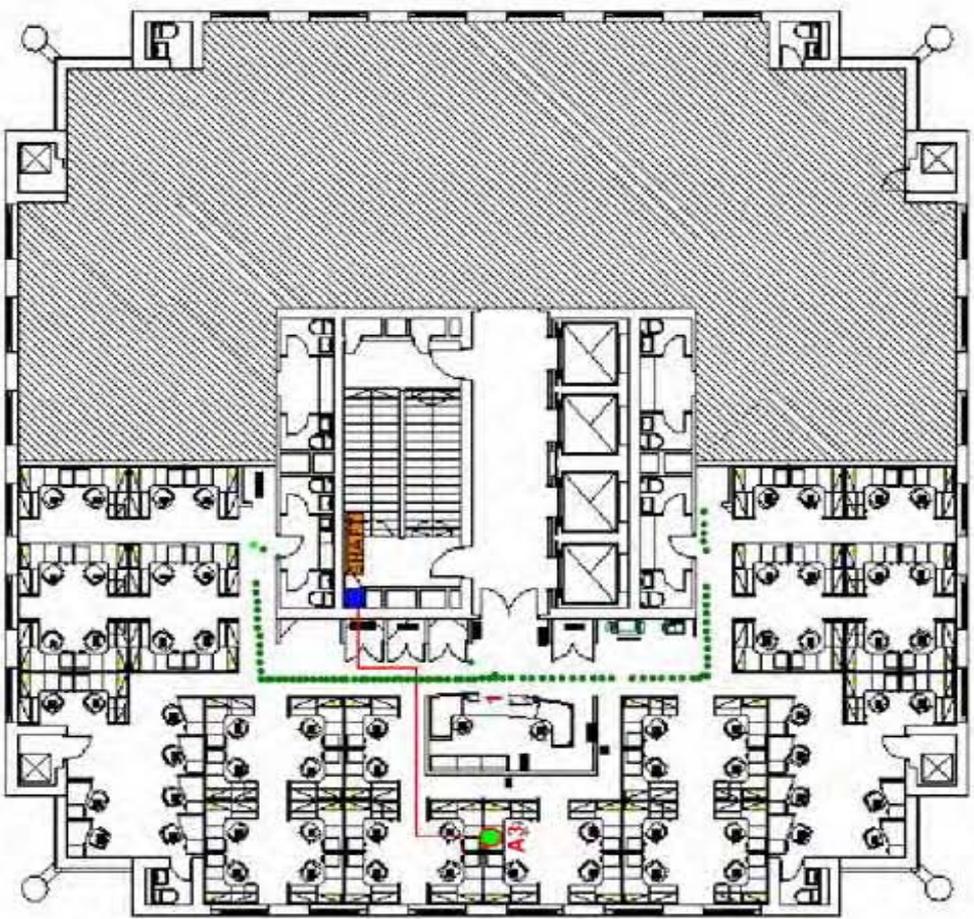
PROYECTO DE COBERTURA INDOOR

PISO 14

Walk Test Final CI

OFICINAS VTR

SITE ID :	RM 367	NOMBRE:	OFICINAS VTR	DIRECCIÓN:	TEATINOS # 950	COMUNA:	SANTIAGO	REGIÓN :	13
LATITUD:	33°25'57,42"	LONGITUD:	70°39'21,98"	ALTIMETRIA:	564 MTS.	FECHA:	1	REVISIÓN:	1



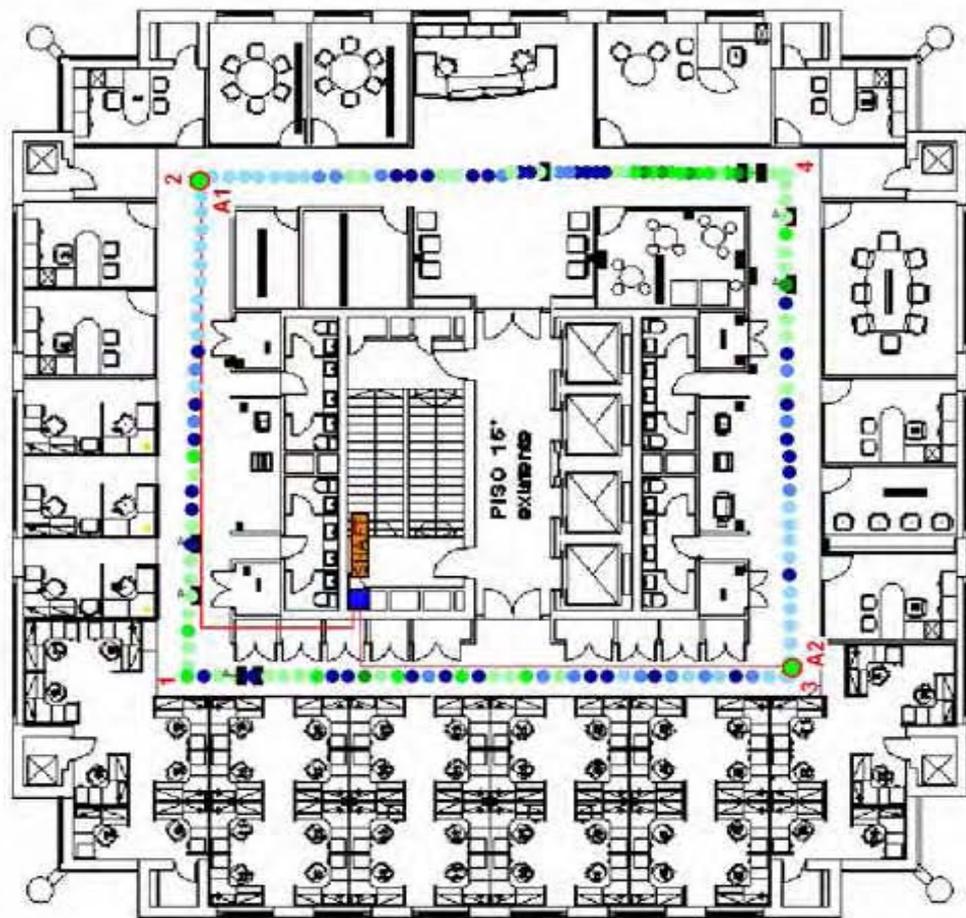
PUNTOS	CANALES	FXLEVEL	CI
1	521	-48	24

C/I
 • 12 to 35 (400)
 • 9 to 12 (4)



OFICINAS VTR		PROYECTO DE COBERTURA INDOOR AS BUILT		PISO 15				
SITE ID :	RM 367	OFICINAS VTR	DIRECCIÓN:	TE ATINOS # 960	COMUNA:	SANTIAGO	REGION :	13
LATITUD:	33°25'57.42"	LONGITUD:	70°39'21.98"	ALTURA:	564	M.TS.	FECHA:	
					REVISIÓN:	0		

Walk Test Final RxLevel (dBm)



PUNTOS	CANALES	RxLEVEL	CI
1	Σ21	-57	21
2	Σ21	-41	25
3	Σ21	-44	23
4	Σ21	-62	22





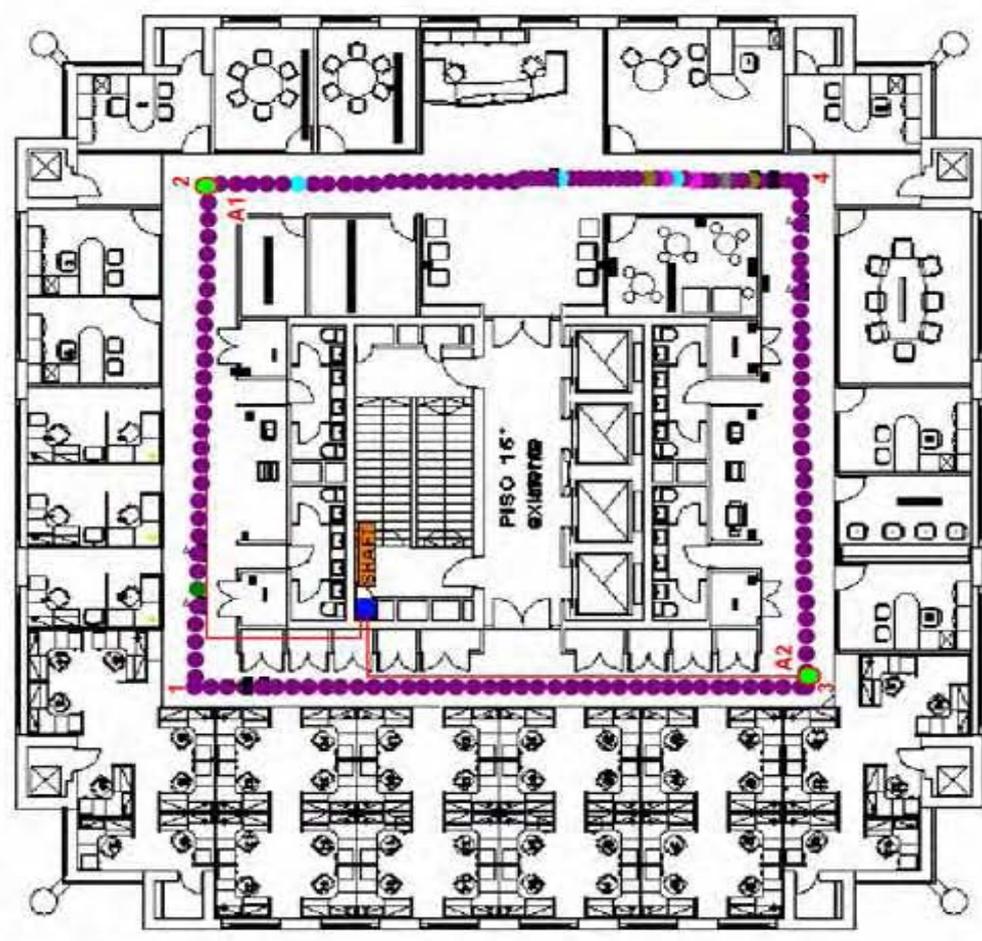
PROYECTO DE COBERTURA INDOOR AS BUILT

OFICINAS VTR

Walk Test Final Canales

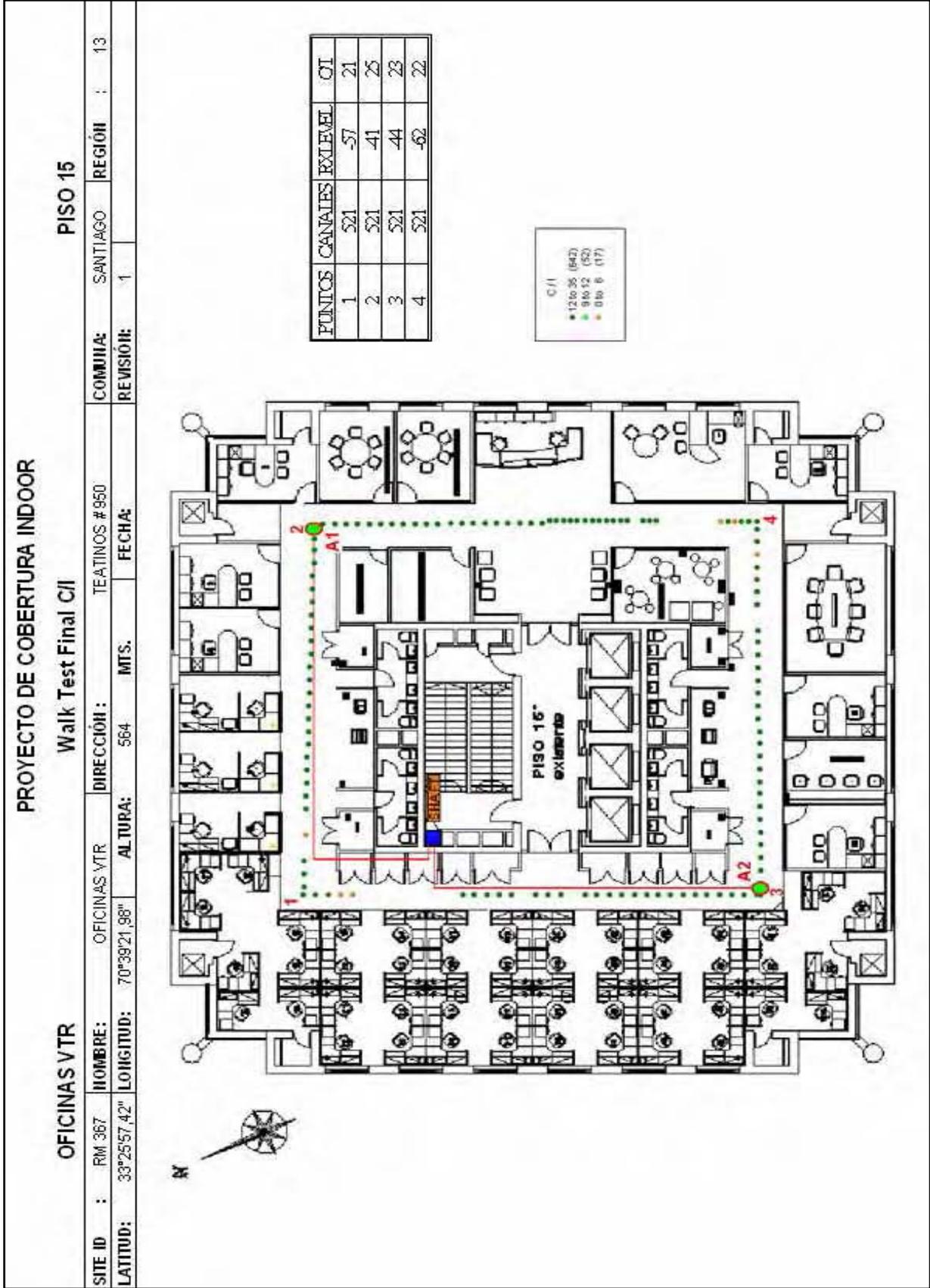
PISO 15

SITE ID :	RM 367	HOMBRE:	OFICINAS VTR	DIRECCIÓN:	TE ATINOS # 960	COMUNA:	SANTIAGO	REGIÓN :	13
LATITUD:	33°25'57,42"	LONGITUD:	70°39'21,98"	ALTIMETRIA:	564 MTS.	FECHA:		REVISIÓN:	0



PUNTO	CANALES	EXLEVEL	OT
1	521	57	21
2	521	41	25
3	521	44	23
4	521	62	22

CANALES
● 50'

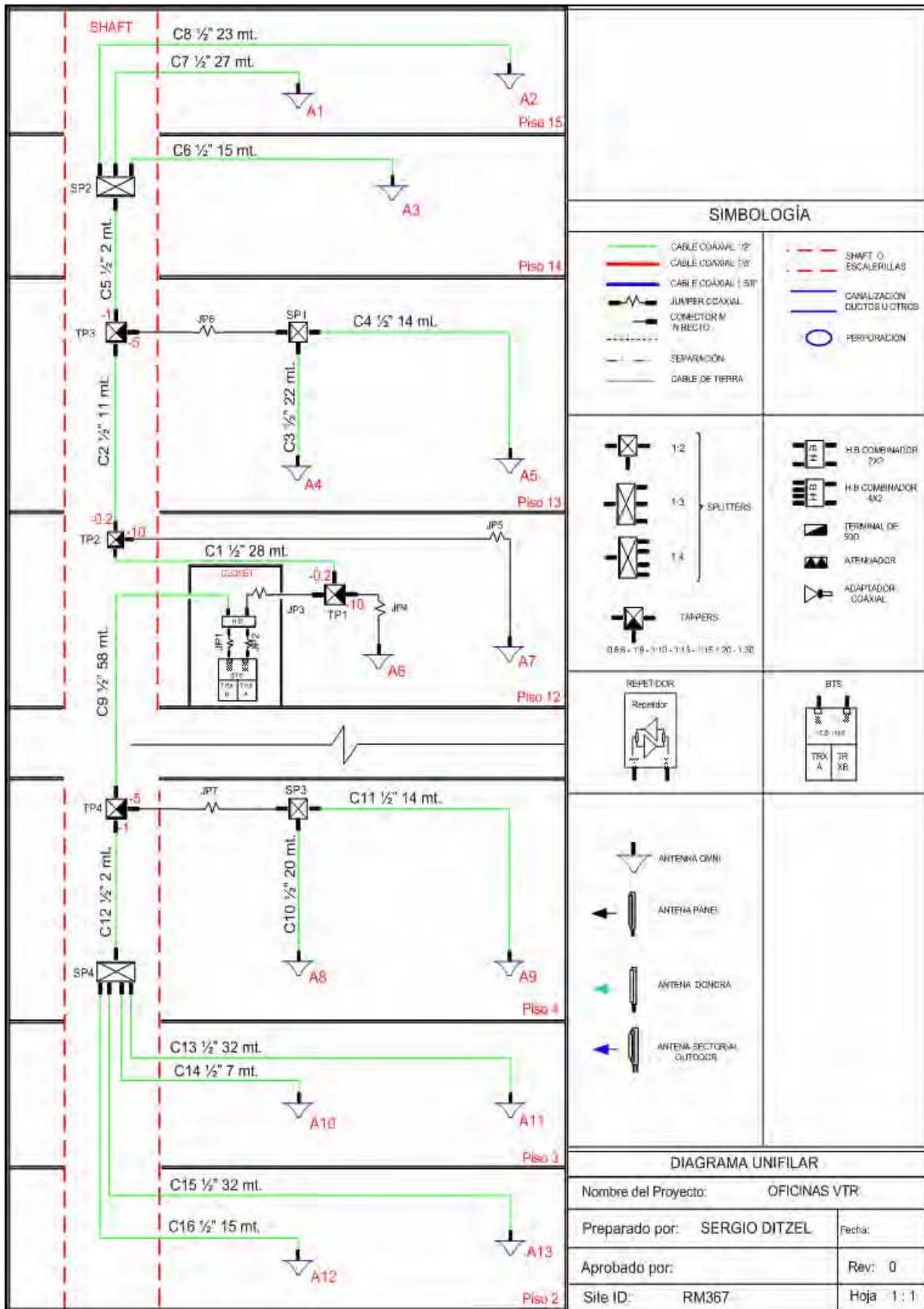




III.5.4. Diagrama Unifica RF Final.

El Diagrama Unifilar RF final se realiza de acuerdo a las Mediciones de Línea tomadas con el instrumento Site Master Anrritsu en el proceso de instalación, ya que estas consideran las modificaciones de los largos de los feeder, ya que en los documentos de Negociación y Proyecto de Cobertura Indoor (PCI) se proponen largos estimativos.

A continuación se muestra el diagrama unifilar RF final.





III.5.5. Cálculo de Ingeniería Final.

El cálculo de ingeniería final se realiza con el diagrama unifilar RF final, ya que en este se aprecian los largos reales de los feeder, la cantidad y tipos de splitter, tapper, combinadores, conectores, ganancia de las antenas y potencia final entregada por la micro celda.

A continuación se muestra el cálculo de ingeniería final.



PROYECTO DE COBERTURA INDOOR AS BUILT OFICINAS VTR

SITE ID :	RM387	NOMBRE:	OFICINAS VTR	DIRECCIÓN :	TEATINOS 360	COMUNA:	SANTIAGO	REGIÓN :	13	FECHA:	
LATITUD:	33°25'57,42"	LONGITUD:	70°39'21,38"	ALTURA :	564 MTS.	PREPARADO POR :	SERGIO DITZEL	REV:	0		

CÁLCULO DE INGENIERÍA

BTS	
Modelo	2308
Cantidad de TRX	2
Potencia TRX BCCH (dBm)	33,0

PWR SPLITTER	TIPO	LOSS dB
KPD0825-N	1	3,0
KPD0330-N	2	4,5
KPD0425-N	3	6,0

ANTENA	TIPO	GAIN
TRMT1-0,3-0,8(2,5)	1	3
TRMT1-0,3-0,8(2,5)	2	8
TRMT1-0,3-1,8(1)	3	12

TAPPER	TIPO	LOSS dB
Chamber & Micro-Strip	1	20 0,1
Chamber & Micro-Strip	2	15 0,2
Chamber & Micro-Strip	3	10 0,2
Chamber & Micro-Strip	4	7 1
Chamber & Micro-Strip	5	5 2

CABLE	TIPO	LOSS (m) dB
V45466-B21-C26 1/2"	1	0,03
V45466-B23-C26 7/8"	2	0,0581

DUAMCO	LOSS dB
DUAMCO 2,2	2,5
DUAMCO 4,2	5,1
FDUAMCO 2,2	2,2
FDUAMCO 4,2	5,4

COMBINADOR	LOSS dB
Chamber & Micro-Strip	3,1

JUMPERS	LOSS dB
JUMPER	0,5

ANT.	TIPO	PISO	SPLITTERS			ATT dB	TAPPERS				ATT dB	TOTAL ATT dB	W COMEC.	W JUMP.	LOSS COAXIAL dB	COAXIAL 7/8"	COAXIAL 1/2"	CABLE LOSS dB	ANTENA GAIN dB	RPT PWR Dir dBm	PT-ERP (dBm)		
			2V	3V	4V		1	Y	2	3												4	5
1	OMNI	15	1			4,5	TP1	0,2	TP2	0,2	TP3	1	1,4	5,9	8	2	3,4		68	7,0	3,0	33,0	19,7
2	OMNI	15	1			4,5	TP1	0,2	TP2	0,2	TP3	1	1,4	5,9	8	2	3,4		64	6,6	3,0	33,0	20,1
3	OMNI	14	1			4,5	TP1	0,2	TP2	0,2	TP3	1	1,4	5,9	8	2	3,4		56	5,8	3,0	33,0	20,9
4	OMNI	13	1			3	TP1	0,2	TP2	0,2	TP3	5	5,4	8,4	6	3	3,3		61	6,3	3,0	33,0	18,0
5	OMNI	13	1			3	TP1	0,2	TP2	0,2	TP3	5	5,4	8,4	6	3	3,3		53	5,5	3,0	33,0	18,8
6	OMNI	12				0	TP1	10					10	10	0	3	1,5		0	0,0	3,0	33,0	24,5
7	OMNI	12				0	TP1	0,2	TP2	10			10,2	10,2	2	3	2,1		28	2,9	3,0	33,0	20,8
8	OMNI	4	1			3	TP4	5					5	8	4	2	2,2		78	8,0	3,0	33,0	17,8
9	OMNI	4	1			3	TP4	5					5	8	4	2	2,2		72	7,4	3,0	33,0	18,4
10	OMNI	3		1		6	TP4	1					1	7	6	1	2,3		67	6,9	3,0	33,0	19,8
11	OMNI	3		1		6	TP4	1					1	7	6	1	2,3		92	9,5	3,0	33,0	17,2
12	OMNI	2		1		6	TP4	1					1	7	6	1	2,3		70	7,2	3,0	33,0	19,5
13	OMNI	2		1		6	TP4	1					1	7	6	1	2,3		97	10,0	3,0	33,0	16,7



III.5.6. Diagrama Unifilar Eléctrico.

El diagrama unifilar eléctrico, consta de las protecciones eléctricas que realmente se instalaron, y se muestra la ubicación de estas dentro del edificio.

A continuación se muestra el diagrama unifilar eléctrico final.

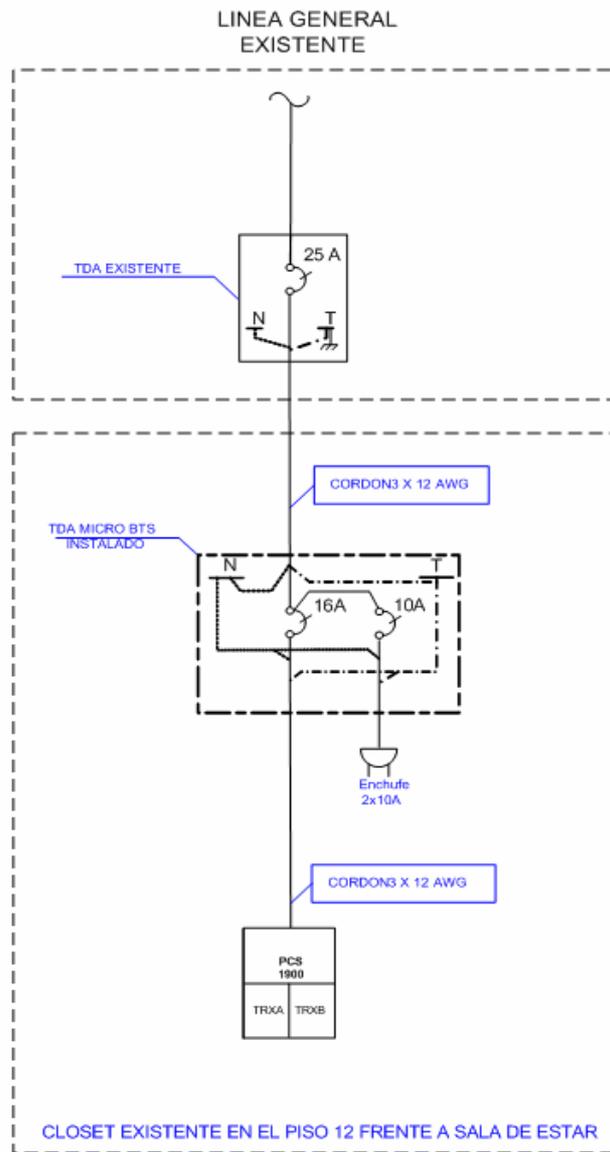


DIAGRAMA DEL EMPALME ELÉCTRICO		
Preparado por: SERGIO DITZEL		
Aprobado por:	Fecha :	REV : 0
Nombre del Proyecto: OFICINAS VTR		
Site ID: RM367	Hoja 1 de 1	



III.5.7. Conclusiones de cobertura.

En este punto lo que se hace es comparar algunos puntos elegidos por piso donde se tomaron muestras de potencia (Rx_Level dBm), canales (Frecuencia), la comparación se hace entre el walk test inicial con el walk test final.

CONCLUSIÓN PISO 2				
WALK TEST INICIAL			WALK TEST FINAL	
PUNTOS	BEST SERVER	RX LEVEL	BEST SERVER	RX LEVEL
1	565	-80	521	-43
2	585	-89	521	-51

Tabla 11. Conclusión piso 2.

CONCLUSIÓN PISO 3				
WALK TEST INICIAL			WALK TEST FINAL	
PUNTOS	BEST SERVER	RX LEVEL	BEST SERVER	RX LEVEL
1	767	-89	521	-58
2	767	-79	716	-50
3	565	-87	521	-50
4	767	-82	718	-51

Tabla 12. Conclusión piso 3.

CONCLUSIÓN PISO 4				
WALK TEST INICIAL			WALK TEST FINAL	
PUNTOS	BEST SERVER	RX LEVEL	BEST SERVER	RX LEVEL
1	525	-85	521	-62
2	565	-83	521	-48
3	534	-80	521	-41
4	714	-90	717	-50

Tabla 13. Conclusión piso 4.

CONCLUSIÓN PISO 12				
WALK TEST INICIAL			WALK TEST FINAL	
PUNTOS	BEST SERVER	RX LEVEL	BEST SERVER	RX LEVEL
1	576	-82	521	-45
2	530	-76	521	-56
3	523	-79	521	-61
4	576	-72	521	-44

Tabla 14. Conclusión piso 12.

CONCLUSIÓN PISO 13				
WALK TEST INICIAL			WALK TEST FINAL	
PUNTOS	BEST SERVER	RX LEVEL	BEST SERVER	RX LEVEL
1	565	-88	521	-51
2	525	-79	521	-42
3	734	-81	521	-46
4	734	-89	521	-51

Tabla 15. Conclusión piso 13.



CONCLUSIÓN PISO 14				
WALK TEST INICIAL			WALK TEST FINAL	
PUNTOS	BEST SERVER	RX LEVEL	BEST SERVER	RX LEVEL
1	544	-81	521	-48

Tabla 16. Conclusión piso 14.

CONCLUSIÓN PISO 15				
WALK TEST INICIAL			WALK TEST FINAL	
PUNTOS	BEST SERVER	RX LEVEL	BEST SERVER	RX LEVEL
1	568	-79	521	-57
2	514	-79	521	-41
3	746	-79	521	-44
4	551	-80	521	-62

Tabla 17. Conclusión piso 15.

Con toda esta información se construye el documento As Built, el que contiene toda la información final de la solución In-Building implementada.



CAPITULO IV. CONCLUSIONES

- Al momento de decidir que utilizar entre un Repetidor o una Micro BTS para un ingeniero de diseño de RF, este tiene que evaluar el tráfico que se efectuará en un futuro por el lugar. Adicionalmente se debe tener información de los sitios outdoor adyacentes al sitio, para evaluar si se encuentran congestionados, o también hay que verificar si la señal que llegar al lugar es muy pobre como para amplificarla con Repetidor, se tiene que instalar una micro BTS.
- En el momento de realizar el Survey (visita inicial de ingeniería), se debe evaluar la factibilidad de instalar los equipos y antenas donde realmente se necesitan instalar. Para esto se deben verificar todas las pasadas de los cables y espacio existente en los shaft y escalerillas.
- Al momento de poner en servicio un sitio con repetidor de debe calcular la potencia de salida de este, para evitar producir interferencias en el sitio donoro. Y afecta a las estadísticas de funcionamiento del sitio al momento de evaluarlo.
- Se debe mantener una distancia considerable de 30 metros aproximadamente entre una antena donora y las antenas servidoras al momento de proponer una solución con repetidor. Esta distancia es para evitar que el repetidor se alarme por realimentación.
- En el proceso de instalación de la solución se debe tratar de instalar las antenas y equipos donde se proyectaron en el survey, para evitar tener problemas con el cliente debido a la negociación previa antes del proceso de instalación de la solución. Esto se debe tener presente sobre todo cuando el survey fue realizado en algún edificio en construcción o sin terminaciones, como tabiques, vidrios, cielos falsos, etc.
- Adicionalmente en el momento de instalar los elementos pasivos como los tappers, se debe tener mucho cuidado y conocimientos para evitar errores, ya que si se instala de una manera no correcta el sistema no funcionará de manera correcta o simplemente no funcionará.
- El tipo de antena a utilizar Omnidireccional o Panel, va a depender de la morfología del lugar, como también la extensión de área que se quiere mejorar (nivel de señal).



- El walk test es una prueba sumamente importante al momento de verificar el funcionamiento de la solución implementada, ya que de esta medición se pueden ver los niveles de señal, los canales por donde se están cursando las llamadas, los niveles de interferencia, la calidad de la llamada, como también se pueden ver todos los eventos que ocurren mientras se realiza la llamada como: Handover, Call Attempt failures, Dropped Call, Handover failures, etc.
- Las mediciones de línea tienen que cumplir con varios requisitos para demostrar que el feeder (cable RF) instalado se encuentra en buenas condiciones, al igual que los conectores. También estas son normas que exige la Subsecretaría de Telecomunicaciones.
- El cálculo de potencias realizado en el documento de anteproyecto es de suma importancia, ya que en este se verifica la factibilidad de la futura realización del proyecto. La idea principal de este cálculo es un equilibrio en las potencias de todas las antenas del sistema, para que la solución sea homogénea en todos los niveles del lugar.
- Se puede ver claramente que en las conclusiones de cobertura los niveles de señal mejoraron considerablemente y adicionalmente se ve que predomina el canal de nuestra micro BTS instalada en el interior del edificio.
- Un punto importante al momento de proyectar una solución es realizar una pequeña evaluación comercial del cliente o estimar la cantidad de clientes que transitarán por el sitio, ya que si en este lugar no se realizan muchas llamadas desde donde se pretende realizar la solución In Building, no va a justificar proyectar una cantidad muy elevada de antenas, ya que esto de alguna manera se tiene que cancelar mediante tráfico de llamadas.
- Es importante mencionar que mientras realice este trabajo de titulación se presentaron bastantes problemas que aquí no se aprecian, pero fueron de gran utilidad para el futuro debido a la experiencia que me dejó para realizar un proyecto con todas las etapas que implica, desde la proyección de la solución hasta la activación del sitio, quedando operativo sin ningún problema ni reclamos del cliente.



CAPITULO V. BIBLIOGRAFÍA

- Frank R. Dungan, Sistemas Electrónicos de Telecomunicaciones, Editorial. Paraninfo.
- Heinz G. Pfaender. "Schott Guide to Glass". Chapman & Hall.
- GSM, GPRS AND EDGE PERFORMANCE, Evolution towards 3G/UMTS.
- www.ericsson.com
- www.nokia.com
- www.leadcom-is.com
- www.fiplex.com.ar
- www.comba.com
- www.allgon.com
- www.kathrein.com
- Eduard L. Safford, Introducción a la Fibra Óptica y el Laser, Ed. Paraninfo, 1988, Capítulo 1.
- Hilberto Jardon Aguilar, Roberto Linares y Miranda, Sistemas de Comunicaciones.
- Jose Martín Sanz, Comunicaciones Indoor.
- Midwinter, J. E., Fibers for Transmission, Ed. John Wiley & Sons, 1979..M. Schwartz, Cableado de Redes.