

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DISEÑO DE INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA
INTERCONEXIÓN A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE RADIO
ENLACE PARA CLIENTES DE VTE TELECOMUNICACIONES
C.A.**

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Jahaziel Menegatti
para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2009

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DISEÑO DE INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA
INTERCONEXIÓN A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE RADIO
ENLACE PARA CLIENTES DE VTE TELECOMUNICACIONES
C.A.**

Profesor Guía: Ing. Carolina Regoli
Tutor Académico: Ing. Pietro Prestigiacomio

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Jahaziel Menegatti
para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2009



CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 30 de enero de 2009

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Jahaziel A. Menegatti M., titulado:

**“DISEÑO DE INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA INTERCONEXIÓN
A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE RADIO ENLACE PARA CLIENTES DE
VTE TELECOMUNICACIONES C.A.”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. Luis Fernández
Jurado

Prof. William Jota
Jurado

Prof. Carolina Regoli
Prof. Guig



DEDICATORIA

En primer lugar a la persona más humilde y luchadora que conozco y que la vida me dio el regalo de tenerla como abuela, Escolástica (Cola). A mi madre Soliria, constante cazadora de sueños y metas, siempre solidaria y acompañando desde el inicio mis ideas y metas. A Yosmar, amiga por sobre todas las cosas que siempre esta allí y que esta desde el inicio de esta ardua travesía. A mis hermanos. A mi padre. A mi familia.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre por darme todo su amor, apoyo y sabiduría, a mi padre por enseñarme a no conformarme con lo básico y buscar siempre la perfección. A Yosmar gracias por acompañarme y entenderme.

A mis amigos que convirtieron a la escuela en un lugar ameno, así que a Carmenluisa, Gaby, Claudio, Alexis (peque), Miguel (lacho), José (fafu), Tina, Dionel (niño), Polo, Johnny (23), Juan (jerh), Feliz, David (gocho), Fariña, GRACIAS y nos vemos en los banquitos azules!!. También a mis otros amigos con quienes quizás no compartí tanto en materia académica pero siempre estuvieron allí, Carolina, Krupscaya, Eduardo (edu), Victor (chivas) y Perú.

A Carolina Regoli por prestar su valiosa colaboración y empeño en la elaboración de este trabajo.

Quisiera expresar mis agradecimientos a todos mis compañeros en VTE Telecomunicaciones quienes desde el inicio me trataron como uno más del grupo, en especial a Orlando López por abrirme las puertas de VTE y permitirme realizar aquí mi trabajo, a Pietro Prestigiacomio por prestar su colaboración y conocimientos para la realización de este trabajo, a todos mis compañeros del departamento de operaciones Alejandro, Gabriel, Eira, Rodolfo, Mariela, Eloy, Anibal y Shearly.

Jahaziel A. Menegatti M.

**DISEÑO DE INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA
INTERCONEXIÓN A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE RADIO
ENLACE PARA CLIENTES DE VTE TELECOMUNICACIONES C.A.**

Profesor Guía: Carolina Régoli. Tutor Industrial: Pietro Prestigiacomio. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: VTE Telecomunicaciones. 2008. 80h. +anexos.

Palabras Claves: Ingeniería de detalle, Radio Enlace, Site Survey.

Resumen. Se plantea un modelo de ingeniería de detalle para la interconexión de dos sitios a través de un radio enlace. El modelo se basa en un documento que expresa todos los pasos a seguir para la instalación de un radio enlace, desde la adquisición de los datos en sitio hasta los nuevos materiales y equipos necesarios para la puesta en servicio. El modelo plantea unificar todas las exigencias expuestas por los distintos clientes de VTE Telecomunicaciones. Se realiza un instrumento de evaluación con la finalidad de medir el nivel del modelo propuesto. El modelo propuesto es aplicado para la interconexión de dos estaciones de una importante empresa petrolera en el estado Barinas.

ÍNDICE

LISTA DE ACRÓNIMOS	4
INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES	7
Planteamiento del problema	7
Justificación.....	8
Objetivo General	8
Metodología	9
CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL	10
Proyecto.....	10
Inspección en campo (Site Survey).....	12
Levantamiento físico del sitio	13
Barrido de Frecuencias.....	14
Cálculo del enlace	18
Factores climáticos.....	18
Pérdidas de espacio libre.....	20
Zonas de Fresnel	21
Margen de Desvanecimiento.....	28
Confiabilidad del Enlace.....	29
Aplicaciones utilizadas en el cálculo de enlaces.....	37
Ingeniería de Detalle	42
CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL DISEÑO	44
Desarrollo del modelo de ingeniería de detalle.....	44
Diseño de instrumento de evaluación para el modelo propuesto.....	62
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS	65
Aplicación del modelo de ingeniería de detalle propuesto	70
CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	78

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ANALIZADOR DE ESPECTRO HANDHELD O PORTÁTIL	14
FIGURA 2. AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO	15
FIGURA 3. ANTENA DE BOCINA.....	16
FIGURA 4. PLAN DE FRECUENCIAS.....	17
FIGURA 5. ZONA DE FRESNEL.....	22
FIGURA 6. DIVERSIDAD ANGULAR.....	34
FIGURA 7. AMBIENTE DE TRABAJO DE PATHLOSS.....	38
FIGURA 8. AMBIENTE DE TRABAJO DE TAP.....	41
FIGURA 9. PORTADA.....	51
FIGURA 10. TABLA DE CONTENIDO.....	51
FIGURA 11. INTRODUCCIÓN Y DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA ÚLTIMA MILLA.....	52
FIGURA 12. DATOS GENERALES LADO PROVEEDOR DE SERVICIOS.....	52
FIGURA 13. DESCRIPCIÓN DEL LADO PROVEEDOR DE SERVICIOS.....	53
FIGURA 14. REPORTE FOTOGRÁFICO LADO PROVEEDOR DE SERVICIOS.....	53
FIGURA 15. REPORTE FOTOGRÁFICO LADO PROVEEDOR DE SERVICIOS (CONT.).....	54
FIGURA 16. REPORTE FOTOGRÁFICO LADO PROVEEDOR DE SERVICIOS (CONT.).....	54
FIGURA 17. RESUMEN DE INSTALACIÓN PROVEEDOR DE SERVICIOS.....	55
FIGURA 18. DATOS GENERALES LADO CLIENTE.....	55
FIGURA 19. DESCRIPCIÓN DEL LADO CLIENTE.....	56
FIGURA 20. REPORTE FOTOGRÁFICO LADO CLIENTE.....	56
FIGURA 21. REPORTE FOTOGRÁFICO LADO CLIENTE (CONT.).....	57
FIGURA 22. REPORTE FOTOGRÁFICO LADO CLIENTE (CONT.).....	57
FIGURA 23. RESUMEN DE INSTALACIÓN CLIENTE.....	58
FIGURA 24. PLANOS.....	58
FIGURA 25. PERFILES Y CÁLCULOS.....	59
FIGURA 26. DIAGRAMA DE TRAZADO Y ANGULADO.....	59
FIGURA 27. BARRIDO DE FRECUENCIAS.....	60
FIGURA 28. SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES.....	60
FIGURA 29. HERRAMIENTAS, MATERIALES Y EQUIPOS NECESARIOS	61
FIGURA 30. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS.....	61

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. RESULTADOS DE LA PREGUNTA “A” DE LA EVALUACIÓN.....	66
GRÁFICO 2. RESULTADOS DE LA PREGUNTA “B” DE LA EVALUACIÓN.....	67
GRÁFICO 3. RESULTADOS DE LA PREGUNTA “C” DE LA EVALUACIÓN.....	68
GRÁFICO 4. RESULTADOS DE LA PREGUNTA “D” DE LA EVALUACIÓN.....	68
GRÁFICO 5. RESULTADOS DE LA PREGUNTA “E” DE LA EVALUACIÓN.....	69
GRÁFICO 6. RESULTADOS DE LA PREGUNTA “F” DE LA EVALUACIÓN.....	70

LISTA DE ACRÓNIMOS

- AC:** Alternating Current
- ASCII:** American Standard Code for Information Interchange
- AWG:** American Wire Gauge
- BER:** Bit Error Rate
- DC:** Direct Current
- F1:** Primera zona de Fresnel
- GPS:** Global Positioning System
- IDU:** Indoor Unit
- LNA:** Low Noise Amplifier
- MMDS:** Multichannel Multipoint Distribution Service
- NED:** National Elevation Dataset
- NGDC:** National Geophysical Data Center
- PDH:** Plesiochronous Digital Hierarchy
- PSAD56:** Provisory South American Datum revisión del año 56
- RF:** Radio Frecuencia
- S/I:** Relación señal Deseada a señal Interferente
- SDH:** Synchronous Digital Hierarchy
- SRTM:** Shuttle Radar Topography Mission
- UIT-R:** Unión Internacional de Telecomunicaciones Sector de Radiocomunicaciones
- UIT-T:** Unión Internacional de Telecomunicaciones estándares Telecomunicaciones
- UPS:** Uninterruptible Power Supply
- USGS:** United Status Geological Survey
- WGS84:** World Geodetic System revisión año 84
- WiMax:** Worldwide Interoperability Microwave Access

INTRODUCCIÓN

En el trabajo a continuación se presentan todos los elementos relacionados con el diseño de un modelo de ingeniería de detalle para VTE Telecomunicaciones. El trabajo está estructurado en cuatro capítulos los cuales abarcan desde la información teórica relacionada con el tema hasta los resultados obtenidos en el diseño del modelo.

El capítulo I contiene toda la información relacionada con planteamiento del problema, justificación, objetivos generales y específicos y la metodología aplicada en la ejecución del proyecto.

En el capítulo II se podrá encontrar el Marco Referencial en donde se definen todos los términos envueltos en todo el trabajo. Para empezar se define que es un proyecto de ingeniería y todas las implicaciones que conlleva la ejecución del mismo. En el marco referencial también se definen todos los términos relacionados al cálculo del enlace y los programas computacionales que ofrecen estos cálculos. Los programas computacionales mostrados no son todos los existentes en el mercado sino los que se consideran que cubren un mayor rango de cálculos y además están abalados por los principales clientes de VTE Telecomunicaciones.

En el capítulo III se encuentra en detalle todo el desarrollo del modelo de ingeniería de detalle y el planteamiento del instrumento de evaluación que va a ser utilizado para medir el nivel de aceptación del modelo de ingeniería de detalle propuesto. El modelo se realiza tomando como referencia dos importantes fuentes las cuales son ingenierías de detalles realizadas anteriormente y entrevistas con los principales clientes de VTE Telecomunicaciones. Los resultados obtenidos del instrumento de evaluación son mostrados gráficamente en el capítulo IV. Finalmente se encuentran

las conclusiones y recomendaciones, así como también la bibliografía revisada para llevar a cabo el proyecto.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

Planteamiento del problema

Debido a la gran demanda de clientes que VTE Telecomunicaciones posee se hace necesaria la creación de un modelo donde se pueda tener acceso a todos los datos referentes a un radio enlace. Debido a esto se hace imperioso el “Diseño de ingeniería de detalle para la interconexión a través de un sistema de radio enlace para clientes de VTE Telecomunicaciones C.A.” con el fin de satisfacer todas las necesidades de los clientes de VTE Telecomunicaciones en las diferentes tecnologías seleccionadas, todo esto con el fin de cumplir con los tiempos de instalación establecidos.

Este proyecto consiste inicialmente en la recolección de datos técnicos necesarios para la interconexión de dos puntos a través de un radio enlace. Dichos datos deben ser recolectados en el lugar donde se realizará el radio enlace, a su vez estos datos deben ser expresados en un documento para su posterior interpretación e implementación, creando así un documento de ingeniería de detalle.

Justificación

VTE Telecomunicaciones ofrece servicios de ingeniería e instalación de radio enlaces de última milla; estos servicios se enmarcan en las necesidades de cada cliente donde es considerado todo el proceso, desde su inspección hasta la puesta en servicio. Debido a la diversidad de clientes cada proyecto significa una propuesta distinta, por lo que se hace necesaria la implementación de un “Diseño de ingeniería de detalle para la interconexión a través de un sistema de radio enlace para clientes de VTE Telecomunicaciones C.A.”, el cual tendrá como objeto describir las pautas técnicas, logística e instalación; a su vez se creará un modelo para facilitar la creación del informe de ingeniería de detalle, con el fin de minimizar los tiempos y que el proyecto pueda ser llevado a cabo dentro de los límites de tiempo establecidos.

Objetivo General

Diseñar la ingeniería de detalle para la interconexión a través de un sistema de radio enlace (microondas, SDH, PDH, y/o IP) para clientes de VTE telecomunicaciones C.A.

Objetivos Específicos

- Realizar un estudio de la ingeniería preliminar del proyecto.
- Realizar una investigación bibliográfica sobre las tecnologías de transmisión involucradas en el proyecto.
- Estudiar el proceso para la elaboración de la ingeniería de detalle.
- Elaborar un modelo para la aplicación de la ingeniería de detalle al proyecto.
- Diseñar un instrumento de evaluación del modelo de ingeniería de detalle propuesto.
- Aplicar el modelo de ingeniería de detalle propuesto.

Metodología

Con el fin de tener una mayor organización el proyecto fue realizado en cinco etapas las cuales fueron distribuidas de la siguiente manera:

Etapa 1. Se realizó el estudio de la ingeniería preliminar del proyecto, conocida también como *alcance para la negociación*; a su vez se dio inicio a la investigación bibliográfica de todas las tecnologías involucradas en el proyecto haciendo uso de manuales y bibliografía especializada. A pesar de ser establecida como la etapa inicial, la investigación bibliográfica se extendió a lo largo del proyecto.

Etapa 2. Se realizó la inspección en campo en los lugares seleccionados por la empresa, realizando las respectivas actividades que comprende: levantamiento físico del sitio y barrido de frecuencias. Para ello se contó con los instrumentos y materiales nombrados en el marco referencial. Para realizar el barrido de frecuencia se utilizaron un Analizador de espectro HP 8593E, amplificador de bajo ruido HP 8449A y una antena de bocina ETS EMCO 3115.

Etapa 3. Se elaboró el modelo de ingeniería de detalle. La elaboración del modelo se basó en investigaciones bibliográficas y entrevistas con varios clientes de VTE Telecomunicaciones.

Etapa 4. Se realizó un instrumento de evaluación el cual consistió de un documento que contenía seis preguntas que abarcaban todos los puntos planteados en el modelo de ingeniería propuesto.

Etapa 5. Fue aplicado el modelo de ingeniería de detalle propuesto y aprobado mediante el instrumento de medición. Para la aplicación del modelo fue utilizada la información recolectada en la inspección en campo realizada en la tercera etapa del proyecto. Por último en esta etapa se generó el informe final del proyecto.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

Proyecto

Un proyecto es una serie de actividades que son planificadas y coordinadas para cumplir con determinados objetivos dentro de un tiempo establecido, ya sea la creación de un producto, la construcción de un edificio, etc. Dichas actividades además de ser planificadas cumplen con un determinado orden, de esta manera se tiene un mayor control sobre el proyecto y se asegura que el mismo se llevará cabo dentro de los límites de tiempo establecidos.

Un proyecto implica la búsqueda de nuevas tecnologías y alternativas para un desempeño más eficiente de los sistemas. Además de las nuevas tecnologías y alternativas el proyecto requiere muchas veces del diseño de productos, piezas, programas, que, sumados a la tecnología incrementen aún más la eficiencia de los sistemas o la calidad de los productos en cuestión.

En el caso específico de las telecomunicaciones son consideradas como actividades todos los pasos necesarios para la instalación o puesta en marcha de algún sistema o servicio, ya sea un enlace microondas, la interconexión de una red de datos, etc. En tal caso el objetivo principal es la correcta instalación o puesta en marcha de los servicios.

Un proyecto de ingeniería puede ser dividido en cinco etapas o actividades a realizar, las cuales harán más práctica la realización de las labores y proporcionarán un mayor control y conocimiento sobre el estatus del proyecto.

Las etapas del proyecto son:

- 1. Negociación**
- 2. Inspección en campo (Site Survey)**
- 3. Ingeniería de Detalle**
- 4. Instalación**
- 5. Ingeniería Final (As-Built)**

Estas etapas deben llevarse a cabo en el orden que ha sido establecido, el cumplimiento indebido de este orden puede acarrear inconvenientes y contratiempos en los tiempos preestablecidos para la culminación del proyecto. El proyecto no puede considerarse como finalizado hasta que hayan sido concluidas todas las etapas.

Cada etapa posee determinadas funciones que las caracterizan. En el marco referencial se ampliará la información sobre los aspectos previos a la ingeniería de detalle.

Negociación

En la negociación de un proyecto de microondas la empresa contratista y la empresa contratante definen todos los parámetros referentes a la puesta en marcha del proyecto y las condiciones que deben cumplirse previo al inicio del proyecto.

En primera instancia se describe detalladamente el servicio requerido. Seguidamente se establecen los requisitos de la empresa contratista, en este caso VTE Telecomunicaciones C.A. La empresa contratista debe cumplir con todos los requisitos exigidos por la empresa contratante para que el proyecto se lleve a cabo.

Una vez que ya fueron revisados los requisitos se establece el procedimiento necesario para la adjudicación del proyecto.

Luego se establecen las garantías que la empresa contratista debe ofrecer en relación a la realización del trabajo. Finalmente la empresa contratante establece su normativa y estándares con respecto a todas las instalaciones que serán llevadas a cabo, por ejemplo sistema radiante, energía, aterramiento, etc.

Inspección en campo (Site Survey)

Una inspección en campo en radio frecuencias es un proceso usado para determinar el número y ubicación de las antenas necesarias para establecer un enlace confiable, a través de un minucioso estudio de diversos factores. En los sistemas de radio enlace es prácticamente imposible determinar las señales interferentes sin el uso de equipos de medición, además es necesario el conocimiento de la topología del terreno y las condiciones de la infraestructura donde se va a desarrollar el proyecto, lo que hace necesario la elaboración de una inspección en campo.

En la inspección en campo se requiere de la recaudación de toda la información posible, ya que de este documento se generarán todos los estudios y cálculos de los enlaces, iniciando posteriormente el documento de ingeniería de detalle necesario para la instalación de los equipos y materiales.

Una inspección en campo de RF debe poseer como datos fundamentales los siguientes:

- Levantamiento físico del sitio
- Barrido de frecuencias

Levantamiento físico del sitio

El levantamiento físico del sitio debe enfocarse en recaudar todos los datos correspondientes a infraestructura, energía, equipamiento, sistemas de puesta a tierra, entre otros. La información correspondiente al espectro electromagnético será tomada en cuenta en el Barrido de Frecuencias. Los datos necesarios para el levantamiento del sitio pueden ser clasificados como sigue:

1. Identificación del sitio
2. Persona de Contacto.
3. Características de acceso al sitio
4. Coordenadas y características del sitio
5. Topografía del trayecto
6. Altura del edificio/torre
7. Localización y montaje de la antena
8. Distribución del cuarto de equipos
9. Disponibilidad de energía
10. Sistemas de puesta a tierra
11. Fotografías
12. Diagramas de edificio y torre
13. Herramientas de trabajo

En el anexo 1 puede apreciarse un modelo del documento que es utilizado en la recolección de datos en la inspección en campo. Los datos que son recopilados por este modelo son los necesarios para la posterior aplicación en una ingeniería de detalle.

Barrido de Frecuencias

Es un método que se utiliza para conocer las frecuencias que están siendo ocupadas en la banda de interés, para así determinar la más apropiada para el establecimiento del radio enlace.

Para la realización del barrido en frecuencia es necesario que se cuente con varios instrumentos de medición y equipos como lo son:

- Analizador de espectro
- Amplificador de bajo ruido
- Antena de bocina

Analizador de espectro

El analizador de espectro es un instrumento que muestra la variación de la amplitud de la señal versus la variación de la frecuencia. La frecuencia aparece en el eje horizontal y la amplitud aparece en el eje vertical. Físicamente el analizador de espectro tiene cierto parecido con el osciloscopio. Es usado para determinar las frecuencias que están siendo utilizadas en determinado rango, así como también para determinar el ancho de banda de una señal digital o analógica. En La figura 1 puede observarse un analizador de espectro portátil o Handheld que cubre las frecuencias desde 800 MHz a 7 GHz.



Figura 1. Analizador de espectro Handheld o Portátil

Amplificador de bajo ruido

El amplificador de bajo ruido LNA (*Low Noise Amplifier*) es un amplificador especial usado para capturar señales débiles que son recibidas por una antena. Por lo general van dispuestos justo después de las antenas. Cuando se coloca al lado de la antena las pérdidas en las líneas de transmisión se vuelven menos críticas. El arreglo Antena – LNA es frecuentemente usado en sistemas de microondas, debido a que el cable coaxial sufre una gran cantidad de pérdidas en frecuencias microondas. La figura 2 muestra un amplificador de bajo ruido portátil que opera en frecuencias hasta los 18 GHz.



Figura 2. Amplificador de bajo ruido

Antena de bocina

La antena de bocina es comúnmente usada en la transmisión y recepción de señales microondas, la antena lleva su nombre por el parecido que tiene con la propia bocina.

Para que la antena funcione correctamente debe tener cierto tamaño mínimo relativo a la longitud de onda del campo entrante o saliente. Si la antena es muy pequeña o la longitud de onda es muy grande, la antena no trabajará eficientemente. La figura 3 muestra un ejemplo de antena de bocina utilizado en las mediciones de barrido en frecuencias.



Figura 3. Antena de Bocina

Métodos de barrido de frecuencias

Para la correcta realización del barrido de frecuencias deben considerarse los tipos de enlaces a realizar, para así poder reconocer el método de barrido a utilizar.

Los tipos de enlace a considerar son:

- Barrido para enlaces punto – punto
- Barrido para enlaces punto – multipunto y radiodifusión

Barrido para enlaces punto – punto

Para los enlaces punto – punto se utilizan antenas con alta directividad y con ángulos de media potencia muy pequeños, por lo que se requiere de una medición dirigida hacia el azimut del enlace.

Medición dirigida hacia al azimut del enlace

Para la realización de esta medición se deben tomar en cuenta ciertos parámetros.

- Indicar el norte de referencia con el que se van hacer las mediciones (Norte Magnético o Norte Verdadero)
- Medición en la Banda Baja del plan de canales
- Medición en la Banda Alta del plan de canales

Inicialmente se debe fijar el analizador de espectros de manera que se cubra toda la Banda Baja del plan de frecuencias, según la UIT, en la que se realizará el barrido. Esto quiere decir que además de considerar el ancho de banda del canal, se debe fijar un factor de seguridad para poder asegurar que se toma en cuenta la señal de interés.

Frecuencia de Inicio: $f_l - AB$

Frecuencia de Parada: f_o

En la figura 4 se puede observar la distribución de los canales en el plan de frecuencias.

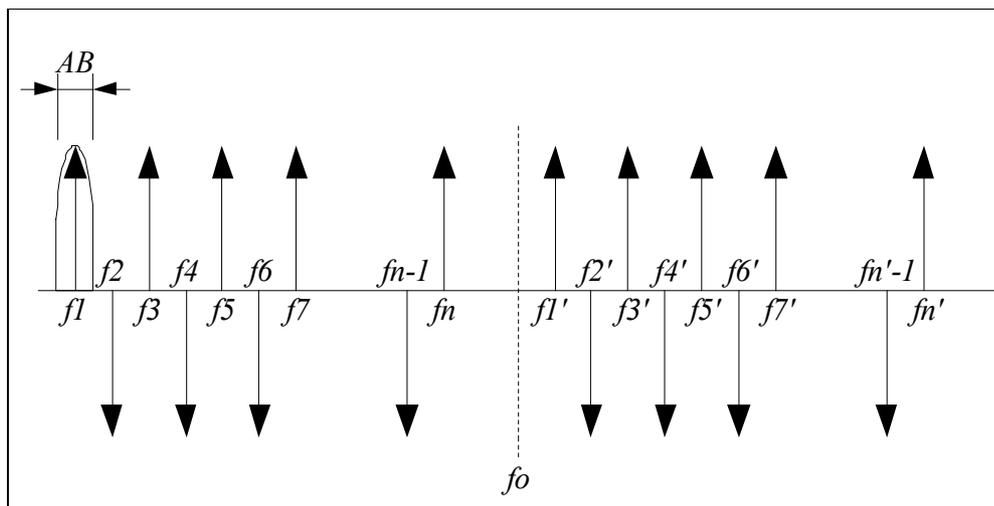


Figura 4. Plan de frecuencias

Para la medición de la Banda Alta del plan de frecuencias sólo se procede del mismo modo pero cambiando las respectivas frecuencias de inicio y parada.

Frecuencia de Inicio: f_o

Frecuencia de Parada: $f_n + AB$

La antena debe dirigirse hacia el azimut del enlace a fin de garantizar que en la trayectoria del enlace no existen otras señales de microondas que puedan interferir

con la señal con que se desea establecer el enlace. En los enlaces microondas se utilizan antenas altamente directivas y con un ángulo de potencia media realmente bajo, donde el máximo puede alcanzar los 15°. También deben tomarse en cuenta las polarizaciones horizontal y vertical y generar una medición para cada una de ellas.

Barrido para enlaces punto – multipunto y radiodifusión

En los enlaces punto – multipunto se utilizan antenas sectoriales u omnidireccionales, dependiendo del tipo de enlace. De tal manera que deben especificarse el tipo de antenas que pretenden ser instaladas antes de realizar el barrido correspondiente. Las mediciones a realizar en estos casos son mediciones en los 360° o mediciones en el ángulo de operación, en el caso que la antena sea sectorial.

Cálculo del enlace

Factores climáticos

Es importante investigar si existe algún clima inusual en la zona de interés. Estas condiciones pueden incluir cantidades excesivas de lluvia o niebla, altas velocidades del viento o altas temperaturas. Se debe tomar en cuenta que si las condiciones extremas existen éstas pueden afectar la integridad del radio enlace.

Lluvia y Niebla

Excepto en condiciones extremas la atenuación por lluvia no requiere consideraciones serias para frecuencias en el rango entre 6 y 8GHz. Cuando las frecuencias de microondas están alrededor de los 10 o 12GHz, la atenuación debido a la lluvia se vuelve un parámetro importante, especialmente en áreas donde hay alta densidad de lluvia y larga duración. En casos como este se requiere de enlaces más

cortos. A estas frecuencias, la longitud de onda se vuelve lo suficientemente corta para que las gotas de agua puedan representar una obstrucción en la trayectoria. Esto ocurre cuando el diámetro de las gotas se aproxima a $\frac{1}{4}$ de longitud de onda de la frecuencia que está siendo usada.

Debido a que las tasas de lluvia difieren por ubicación geográfica, se deben obtener las estadísticas para el área de interés particular.

En muchos casos, los efectos de la niebla son considerados muy parecidos a los de la lluvia. Sin embargo, la niebla puede afectar adversamente un radio enlace cuando viene acompañada de condiciones atmosféricas como inversión de la temperatura o estratificación del aire. La inversión de temperatura puede reducir los despejes, y la estratificación del aire puede causar condiciones de reflexión y difracción, con resultados impredecibles. Las inversiones de temperatura y la estratificación también pueden causar ductos, lo cual puede incrementar la interferencia de sistemas que normalmente no interfieren con otros.

Se recomienda que donde existan estas condiciones se utilicen enlaces cortos y un despeje adecuado, con el fin de garantizar la calidad y la integridad del enlace.

Absorción Atmosférica

La absorción atmosférica es un efecto que proviene del oxígeno y el vapor de agua. Usualmente existe sólo en largos trayectos y a determinadas frecuencias. La atenuación en el rango de frecuencias entre 2 y 14GHz es aproximadamente 0.01 dB/milla, lo cual es insignificante. Debido a que las atenuaciones son realmente pequeñas las pérdidas por absorción atmosférica no son tomadas en cuenta.

Viento

Es importante conocer la dirección y velocidad del viento en el sitio. Las antenas y sus estructuras de soporte deben ser capaces de soportar las fuerzas producidas por el viento, a fin de evitar daños a la antena, a sus estructuras de soporte o a los edificios y torres donde los sistemas se encuentran instalados.

Los diseños de antena reaccionan de manera diferente a las fuerzas del viento, dependiendo del área de incidencia del viento. Este fenómeno es conocido como Carga del Viento. La mayoría de los fabricantes de antenas especifican la carga del viento para cada tipo de antena construido.

Rayos

El potencial daño que pueda causar un rayo al equipo de radio debe ser siempre tomado en consideración. Una variedad de protecciones anti-rayos y sistemas de puesta a tierra están disponibles para el uso en edificios, torres, antenas, cables y equipos.

Los requerimientos para protección de rayos están basados en la exposición en el sitio, los costos del radio enlace, las edificaciones locales y códigos eléctricos. Si el enlace es crítico, y el sitio es un área activa de rayos, la protección que se preste debe ser mayor y el sistema de puesta a tierra debe ser minucioso.

Pérdidas de espacio libre

Las pérdidas de espacio libre pueden definirse como la pérdida que podría obtenerse entre dos antenas isotrópicas en el espacio libre, donde no hay influencias de la tierra ni obstrucciones; en otras palabras, donde bloqueos, refracción, difracción y absorción no existen. Las Pérdidas de espacio libre es una función que depende de

la longitud del enlace y de la frecuencia utilizada. Mientras mayor sea la longitud del enlace mayor será la atenuación y mientras mayor sea la frecuencia mayor será la atenuación, lo que quiere decir que la Pérdida de espacio libre es directamente proporcional a la distancia y a la frecuencia, por ello se recomienda utilizar frecuencias más bajas para enlaces de largo alcance y frecuencias más altas para enlaces más cortos.

Las pérdidas por espacio libre vienen dadas por:

$$A_{el} = 20 \cdot \log(f) + 20 \cdot \log(D) + 32.4 \quad (1)$$

donde:

f : frecuencia en MHz.

D : distancia en km.

Cálculo de Energía del Enlace

El cálculo de la energía de un enlace, es una lista de puntos de todas las pérdidas del sistema y las ganancias desde el transmisor hasta el receptor en el otro extremo, y todo lo que se encuentra entre ellos.

En el extremo receptor del enlace las consideraciones son las mismas que con el transmisor, sólo que en orden inverso, (pérdidas del Radome, ganancia de la antena, pérdidas de guías de onda, conectores y acopladores), con el nivel de señal aplicado al receptor.

Zonas de Fresnel

La zona de Fresnel es una zona de despeje adicional que hay que tener en consideración en un enlace microondas punto a punto, además de la línea de vista. Este factor deriva de la teoría de ondas electromagnéticas, respecto de la expansión de las mismas al viajar en el espacio libre. Esta expansión resulta en reflexiones y

cambios de fase al pasar sobre un obstáculo. El resultado es un aumento o disminución en el nivel de intensidad de la señal recibida.

Para establecer las zonas de Fresnel primero se debe determinar la línea de vista, que en términos simples es una línea recta entre la antena transmisora y la antena receptora. De esta manera la zona que rodea a la línea de vista es la zona de Fresnel.

La ecuación que determina los radios de las zonas de Fresnel a cualquier distancia de la trayectoria es:

$$r_n = \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2} \cdot \lambda \cdot n} \quad (2)$$

donde:

d_1 : distancia del sitio 1 hasta la obstrucción en metros.

d_2 : distancia del sitio 2 hasta la obstrucción en metros.

λ : longitud de onda en metros.

n : número de zona de Fresnel.

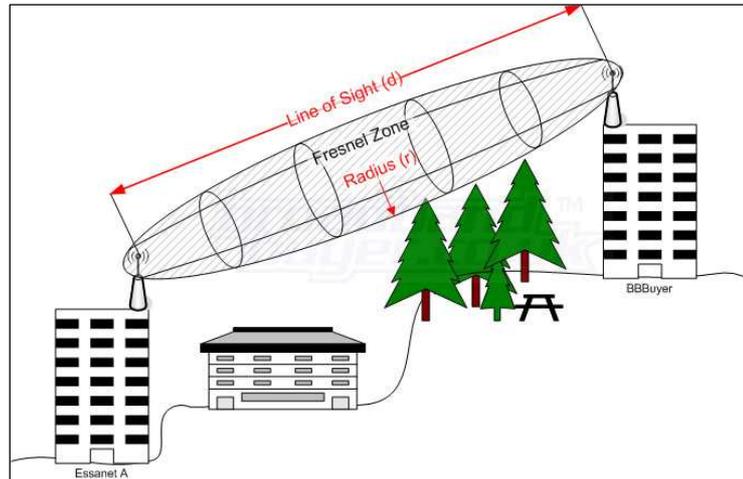


Figura 5. Zona de Fresnel[1]

Las zonas pares ($n = 2, 4, 6, \text{etc.}$) tienen una contribución sustractiva de potencia pues el rayo directo y el difractado se suman con signos opuestos y las zonas

impares tienen una contribución aditiva. La potencia de recepción es la suma de todas las contribuciones; las amplitudes de estas contribuciones disminuyen en la medida que se incrementan el orden N . Las zonas de Fresnel aportan una intensidad de campo proporcional a la superficie de la zona y a un factor de oblicuidad. A causa de este factor el aporte de cada zona disminuye con el orden de la zona. En conjunto el aporte combinado desde la zona 2 en adelante es solo la mitad del aporte de la primera zona.

Radio efectivo de la tierra, el factor k

Es importante conocer que la constante dieléctrica de la atmósfera cambia con la altura respecto a la tierra. Esta variación refractiva causa que la propagación del frente de onda efectivamente se “doble”. Si existe una condición donde la constante dieléctrica de la atmósfera es constante con respecto a la altura sobre el suelo, no ocurrirá ninguna refracción y el frente de onda viajará en línea recta. Sin embargo ésta no es la norma. Como las variaciones del dieléctrico están típicamente presentes, el frente de onda usualmente se refractará siguiendo un recorrido entre la línea recta y la verdadera curvatura de la tierra. La propagación del frente de onda a través del ambiente se verá reducida, y será “doblado” efectivamente. Esto es porque en vez de viajar en línea recta, el frente de onda normalmente se dobla hacia la tierra, lo cual sirve para extender su horizonte.

Con el fin de ahorrar tiempo en los cálculos generalmente se utilizan los tres valores más significativos de K . Dos de los tres valores describen los límites entre los que la refracción pueda ocurrir (aunque con condiciones anómalas, pueden existir valores fuera de ese límite), mientras que el tercer valor describe una condición “normal” o esperada. El valor de $K = \infty$, también conocido como la atmósfera “super normal”, es una condición extrema donde el frente de onda sigue la verdadera curva de tierra. El otro valor extremo es $K = 2/3$ y su término es atmósfera “sub normal”. Esta es una condición referida a veces como abultamiento de la tierra. El

valor medio es $K = 4/3$ y es usado para evaluar la trayectoria bajo condiciones atmosféricas normales.

Inicialmente, estos métodos gráficos permiten medir los despejes en distancias, como metros. Una vez que esta información es obtenida, típicamente se convierte en una significativa medición de diseño.

Criterios de Despeje

Si el despeje de la trayectoria tiene menos del 60% de la primera zona de Fresnel, habrá más pérdida que simplemente la de espacio libre, incluso si la condición de línea de vista existe. Con los despejes de las zonas de Fresnel impares, pueden ocurrir pérdidas un poco menores a las de espacio libre, mientras que con las zonas pares las pérdidas pueden ser algo significativas. Esto se debe a la relación de fase entre la onda directa y reflejada recibida por la antena.

Cuando la señal es reflejada, ésta experimenta un retraso en fase de 180° (equivalente a un retraso de $\frac{1}{2}$ longitud de onda) referenciado al frente de onda incidente. Si la zona de reflexión se encuentra en la primera zona de Fresnel, la señal reflejada llegará al receptor con otro defasaje de $\frac{1}{2}$ longitud, para un total de 1 longitud de onda. Las señales recibidas estarán entonces en fase y serán aditivas.

Si la superficie reflectora se encuentra en los límites de la segunda zona de Fresnel, el frente de onda al reflejarse, alcanza la antena receptora con un retardo total de 1,5 longitudes de onda. Esto significa que estará desfasada con respecto al frente de onda incidente, y las señales que lleguen al extremo receptor se cancelarán.

El levantamiento de una o ambas antenas es un método para alterar los despejes de las zonas de Fresnel. Como los despejes aumentan a órdenes superiores en los números de las zonas de Fresnel, la intensidad de este problema disminuye a

causa de que la magnitud del coeficiente de reflexión con respecto a la superficie reflectora disminuye.

Las trayectorias son usualmente diseñadas para cumplir con un criterio específico de los despejes de la zona de Fresnel para uno o más valores de K . Los requerimientos para “rutas Fuertes” determinan que el despeje debe ser al menos $0.3F1$ (30% la primera zona de Fresnel) cuando se utiliza un $K = 2/3$, y el despeje debe ser igual a $1F1$ (100% de la primera zona de Fresnel) cuando se utiliza $K = 4/3$. Los requerimientos para “rutas ligeras” especifican que el despeje debe ser $0.6F1$ (60% la primera zona de Fresnel) mas 3,05 metros cuando se utiliza una $K = 1$.

Otra consideración importante es el tipo de superficie que se está evaluando. En general, están definidos tres tipos de superficies, cada una con su propio coeficiente de reflexión: $R = 0$ para la superficie tipo “filo de cuchillo”, $R = 0,3$ para rugosidad normal y $R = 1$ para una superficie esférica lisa. Los tipos de superficie hacen una gran diferencia en relación a la atenuación en las zonas pares de Fresnel, porque las obstrucciones con superficies grandes y lisas reflejan mayor energía. Combinando estas ondas reflejadas fuera de fase con la señal incidente en el receptor ocurrirán grandes atenuaciones de la señal recibida.

Ruido

Ruido Térmico

El ruido térmico es causado por variaciones aleatorias de corriente en cada porción del equipo electrónico y está presente independientemente de la aplicación de la señal modulada. Una porción del ruido térmico, a veces llamado ruido intrínseco, es generada en el transmisor y en las últimas etapas del receptor. Esto es independiente del nivel de entrada del receptor, y el nivel de ruido que puede ser medido en los terminales bajo condiciones de no modulación y una señal RF de

entrada muy fuerte. La porción más importante del ruido térmico es generado por la resistencia de la antena.

Ruido de Intermodulación

El ruido de intermodulación es creado cuando la compleja señal de modulación pasa a través de cualquier tipo de no-linealidad de fase o amplitud en el equipo transmisor. Está presente sólo cuando el sistema está siendo modulado, y aumenta con los niveles de señal modulada. Factores como el número total de canales, niveles de señalización, y los niveles individuales de conversación, son los que determinan los niveles de la señal en banda base.

Ruido Atmosférico y producido por el hombre

La contribución al sistema de ruido por parte de ruido atmosférico y ruido hecho por el hombre es muy pequeño en frecuencias de microondas y pueden ser descartados. Sin embargo, las señales interferentes provenientes de otros sistemas de microondas o por radiaciones espurias de radares de alta potencia, pueden producir ruido en los sistemas microondas. Esta forma de ruido debe ser tomada como insignificante para los equipos apropiados, diseños de sistemas y por la coordinación apropiada de frecuencia usada en alguna área geográfica.

Ruido de los equipos de radio

Los equipos de radio también son considerados una fuente de ruido, pero su contribución de ruido no está afectada por el desvanecimiento. La cantidad de ruido agregado por los equipos de radio bajo condiciones de carga, es una característica del equipo, y puede ser determinado tanto en especificaciones del fabricante o por mediciones en los terminales.

Ruido Total

El ruido total de cualquier canal derivado está compuesto por las contribuciones totales de los distintos tipos de ruido presentes: ruido térmico, ruido de intermodulación y ruido de los equipos de radio.

Reflexiones sobre la trayectoria

Un punto de reflexión existirá en cualquier parte a lo largo de la trayectoria donde el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. Si las antenas en los extremos de la trayectoria tienen la misma altura en un plano, la superficie reflectora, el punto de reflexión estará en el medio del camino entre las dos antenas. Sin embargo, si las elevaciones de las antenas son diferentes, el punto de reflexión estará más cerca de la antena más baja, y se moverá a lo largo del camino mientras el valor de K varíe. Si se recibe suficiente señal fuera de fase, pueden ocurrir desvanecimientos catastróficos.

En algunos casos el punto de reflexión puede ser obstruido por características del terreno. La manipulación de las alturas de las antenas es un método utilizado para mover el punto de reflexión y que éste pueda ser bloqueado o pueda reflejarse en una superficie distinta que le permita tener mayor atenuación. Las superficies rugosas no reflejan tanto como lo hacen las superficies lisas tales como: superficies planas o el agua.

La magnitud del coeficiente de reflexión aumenta a medida que el ángulo de incidencia disminuye. A causa de esto, los enlaces cortos con terminales a una altura considerablemente más alta que la superficie de reflexión serán afectados menos que aquellos enlaces cuyas alturas apenas son un poco más altas que la zona reflectora (como por ejemplo un enlace entre dos plataformas petroleras ubicadas en el mar). La magnitud del coeficiente de reflexión puede variar desde 0 hasta 1, la última

corresponde a una reflexión del 100%. El signo negativo se refiere a un cambio de fase de 180° en el punto de reflexión.

Existe una ventaja de usar polarización vertical cuando el ángulo rasante de la superficie reflectora tiene una par de grados o más. La magnitud del coeficiente de reflexión con polarización vertical es mucho menor que con polarización horizontal. De esta manera estará presente menos señal reflejada en el otro extremo del enlace.

Margen de Desvanecimiento

El margen de desvanecimiento es la diferencia en decibeles entre el nivel de umbral práctico y el nivel de la señal normal. La mayoría de los sistemas con línea de vista están desarrollados con margen de desvanecimiento de 35 a 40 dB. Muchas veces a fin de garantizar los niveles del margen de desvanecimiento se utilizan altos niveles de potencia en las señales. El margen de desvanecimiento se expresa como:

$$Md = P_{Rx} - U_{Rx} \quad (3)$$

donde:

P_{Rx} : Potencia recibida en dB.

U_{Rx} : Umbral de recepción en dB.

Los fabricantes ofrecen una especificación de umbral de recepción de ruido, que simplemente es la sensibilidad del receptor. Es considerada como el nivel de señal recibida más bajo que puede ser considerada como utilizable por el receptor. La especificación del umbral de recepción en receptores microondas digitales hace referencia al BER (Bit-Error Rate) de los datos recuperados.

Los receptores microondas tienen un rango especificado para el nivel de entrada RF sobre el cual ellos deberían detectar y decodificar correctamente la información. Esto significa que no sólo hay una señal mínima que puede ser recibida

sino también una señal máxima que puede ser aplicada en la entrada del receptor sin que se espere distorsión y errores de datos en la señal recuperada. Esto restringe a los diseñadores de enlaces a crear un enorme margen de desvanecimiento con la aplicación de altos niveles de RF al receptor bajo condiciones normales de la trayectoria. Adicionalmente, puede ocurrir un fenómeno llamado “up-fading” (desvanecimiento hacia arriba) (particularmente en el final de periodos de severa actividad de multitrayectoria) donde el receptor del enlace microondas realiza un incremento extremo del nivel de señal RF. Se piensa que el Up-Fading es el resultado de un efecto “lente” anómalo en la atmósfera.

Confiabilidad del Enlace

Usualmente, los enlaces microondas están diseñados para cumplir con un determinado factor de confiabilidad. La confiabilidad también puede ser llamada “disponibilidad” y viene expresada como un porcentaje. Esto representa el porcentaje del tiempo que se espera que un enlace opere sin una interrupción causada por condiciones de propagación. La “Indisponibilidad” o la probabilidad de una interrupción (debida a condiciones de propagación), son referidas y expresada con un valor porcentual resultante de la sustracción de la disponibilidad de 100. Por ejemplo la disponibilidad de un enlace corto es de 99.995%, también se puede expresar como un factor de indisponibilidad de 0.005%.

$$I = (100 - D)\% \quad (4)$$

donde :

D: Disponibilidad del enlace

I: Indisponibilidad del enlace

La disponibilidad e indisponibilidad son referenciadas a un año. En otras palabras, si la indisponibilidad es 0.001%, también puede ser establecido como: $365.25 \text{ (días/año)} * 24 \text{ (horas/día)} * 60 \text{ (minutos/hora)} = 5.26 \text{ minutos de indisponibilidad por año.}$

La indisponibilidad relacionada con la propagación se deriva de la ecuación número 5 mostrada abajo. Esta ecuación es usada como una aproximación para los efectos en una dirección de desvanecimiento por trayectorias múltiples para varias condiciones de terreno y atmosféricas.

Indisponibilidad para el peor mes del año:

$$Undp = a \cdot b \cdot 2.5 \cdot 10^{-6} \cdot f \cdot (1.6 * D)^3 \cdot 10^{\frac{F}{10}} \quad (5)$$

donde:

$$a: \begin{cases} 4: \text{terreno muy liso incluyendo agua} \\ 1: \text{terreno promedio, algo rugoso} \\ 1/4: \text{montañas, terreno muy rugoso o muy seco} \end{cases}$$

$$b: \begin{cases} 1/2: \text{golfo, costa o calor similar, áreas húmedas} \\ 1/4: \text{temperatura interior normal o norteña} \\ 1/8: \text{montañosa o muy seca} \end{cases}$$

D : distancia de la trayectoria en Km.

f : frecuencia en GHz.

F : margen de desvanecimiento en dB.

Métodos de Diversidad

Después de que el enlace microondas propuesto ha sido evaluado con respecto a la confiabilidad, los cálculos pueden mostrar que no cumple con los estándares requeridos. En tales situaciones se pueden utilizar técnicas adicionales conocidas como métodos de diversidad.

El método que se usará para los cálculos de la indisponibilidad para un sistema con diversidad será el cálculo por separado de la indisponibilidad sin diversidad entre un factor de mejora de diversidad.

La indisponibilidad con diversidad vendrá dado por:

$$U_{div} = \frac{U_{ndp}}{I} \quad (6)$$

I: factor de mejora correspondiente a cada método de diversidad.

Diversidad en Espacio

Una de estas técnicas es la diversidad en espacio, la cual involucra la incorporación de otra antena receptora, separada una distancia desde la primera. Además se necesitarán una antena adicional y su equipo combinador. La antena adicional de diversidad es normalmente montada en la misma torre, separada verticalmente del sitio original de la primera antena. Esta antena de diversidad es conectada a un receptor de diversidad. Este equipo adicional esencialmente crea otro recorrido de microondas entre los dos sitios.

Una desventaja de la diversidad en espacio es que incrementa los costos. Las alturas de las torres deben ser lo suficientemente altas para poder ubicar las dos antenas. En algunos casos, la torre existente necesita ser rearmada para que pueda soportar las cargas de viento adicionales creadas por la antena de diversidad. Sin embargo, la diversidad en espacio provee un eficiente uso del espectro, y es una protección en diversidad extremadamente buena, en muchos casos substancialmente mayor que la obtenible con la diversidad de frecuencia, particularmente cuando el último está limitado a intervalos de espaciamiento en frecuencia pequeños.

Vigants ha definido un factor de mejoramiento de diversidad en espacio el cual es función de la distancia, de la frecuencia, del espaciamiento vertical y del margen de desvanecimiento. Este factor puede ser definido como:

$$Isd = \frac{7.0 \cdot 10^{-5} \cdot f \cdot (0.3 * s)^2 \cdot 10^{\frac{\Gamma}{10}}}{1.6 * D} \quad (7)$$

donde:

f : frecuencia en GHz.

s : espaciamiento vertical de las antenas en metros.

D : longitud de la trayectoria en Km.

Γ : margen de desvanecimiento asociado a la segunda antena en dB.

Los aumentos de la confiabilidad vienen de la probabilidad reducida de que ambas trayectorias sean adversamente afectadas por el desvanecimiento al mismo tiempo. Debido a la creciente congestión en las bandas de microondas, el uso de la diversidad en espacio ha tenido un gran crecimiento en años recientes. Este cambio ha venido gracias a numerosas demostraciones de efectividad. La diversidad en espacio es particularmente efectiva contra el desvanecimiento por reflexión en la tierra o en el agua.

Diversidad en Frecuencia

Diversidad en frecuencia es otro método usado para incrementar la confiabilidad del enlace. Los transmisores microondas operan en dos frecuencias (con una diversidad de espaciamiento en banda de alrededor de 2%), y a veces en dos bandas de frecuencias (llamada diversidad en banda cruzada).

El aumento de la confiabilidad viene de la probabilidad reducida que hay de que ocurra un desvanecimiento para ambas frecuencias al mismo tiempo.

La diversidad en frecuencia no requiere del espaciamento entre antenas usado en la diversidad en espacio, y por lo tanto los costos se reducen. Sin embargo, requiere el uso de más espectro debido a que usa dos conjuntos de frecuencia.

Las pruebas de comparación entre la diversidad en espacio y diversidad en frecuencia indican que las mejoras realizadas con la diversidad en espacio son generalmente mejores que aquellas alcanzadas con la diversidad en frecuencia. El factor de mejoramiento de la diversidad en frecuencia viene dado por:

$$Ifd = B \cdot \left[\frac{\Delta f}{f} \right] \cdot 10^{\frac{F}{10}} \quad (8)$$

donde:

$$B: \begin{cases} 1/2: \text{Banda de 4 GHz} \\ 1/4: \text{Banda de 6 GHz} \\ 1/8: \text{Banda de 7 y 8 GHz} \\ 1/12: \text{Banda de 11 y 12 GHz} \end{cases}$$

Δf : espaciamento de frecuencia en MHz.

f : frecuencia en MHz.

F: margen de desvanecimiento en dB.

Ninguna diversidad en espacio ni la diversidad de frecuencia en banda pueden proveer ninguna mejora contra la atenuación de la lluvia, aunque la diversidad en frecuencia fuera de banda (tales como 6 GHz/ 12GHz) sí lo hace.

El arreglo de diversidad en frecuencia provee una redundancia de equipo completa y sencilla, y tiene la gran ventaja operacional de dos trayectorias eléctricas. Su desventaja es que duplica la cantidad de espectro requerido.

Diversidad Angular

El desvanecimiento por multitrayecto en enlaces de microondas de visibilidad directa, es el factor que afecta predominantemente al funcionamiento de los sistemas de transmisión digital. La diversidad angular ha sido introducida como una técnica de diversidad eficiente que puede discriminar señales multitrayecto. Los dos alimentadores están ligeramente inclinados respecto al eje, proporcionando un rayo doble en la antena parabólica.

Las técnicas de diversidad de ángulo están basadas en ángulos diferentes en las señales de radio que llegan a la antena receptora, cuando las señales son resultado de una propagación multitrayecto. La forma más sencilla utilizada para la técnica de diversidad de ángulo consiste en una antena receptora con su vertical inclinado a propósito respecto de su eje, de tal forma que la señal directa es recibida a un nivel aproximado de 2 a 3 dB por debajo de su máxima ganancia. De esta manera, es posible una forma de recepción con diversidad, como quiera que la antena fuera de eje pueda obtener una señal de radio mejor que la antena alineada con el eje. La técnica es aplicable tanto a un sistema de radio utilizando una señal combinada en IF como a una recepción seleccionada por conmutación. En la figura 6 se muestran los dos alimentadores que acompañan a la antena transmisora y los diferentes ángulos de llegada en la antena receptora.

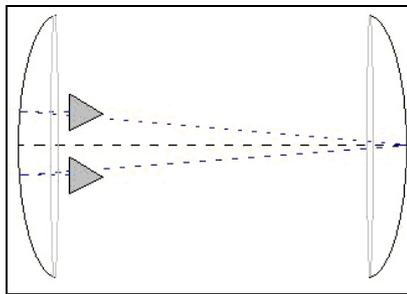


Figura 6. Diversidad angular

Debido a los diferentes ángulos de llegada, los componentes multitrayecto se suman de diferentes formas para las distintas trayectorias, resultando un desvanecimiento sin correlación. Generalmente, las trayectorias que apuntan hacia el suelo experimentan desvanecimientos más profundos a una única frecuencia en un porcentaje de tiempo dado, que los que apuntan hacia arriba.

Diversidad Híbrida

La diversidad híbrida básicamente combina la diversidad en frecuencia y la diversidad en espacio. Las experiencias indican que el mejoramiento en la diversidad híbrida se debe básicamente a la diversidad en espacio, por lo tanto el factor de mejoramiento en este método de diversidad es igual al factor de mejoramiento de la diversidad en espacio.

Modulaciones Digitales

La mayoría de los equipos de radio que son fabricados en la actualidad aprovechan las posibles multitrayectorias que podrían existir en el enlace. Dichos radios utilizan modulaciones digitales que consisten en enviar un conjunto de portadoras con diferentes frecuencias donde cada portadora posee una información distinta y son moduladas en QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) o PSK (*Phase Shift Keying*), estas modulaciones son llamadas OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) y COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) que no es más que la misma OFDM sólo que es pasada a través de un codificador de canal con el fin de corregir errores.

Interferencia

En los sistemas digitales, la presencia de señales interferentes aumenta el nivel de umbral de recepción para una relación de error de bit dada (BER). Cuando

está presente una señal interferente, la relación S/I se reduce, dando una degradación del umbral del receptor. Para mantener el rendimiento del sistema (para un margen de desvanecimiento inalterado) debería incrementarse el nivel de recepción, durante el tiempo sin desvanecimiento.

Manteniendo la entrada del receptor inalterable se degradaría el BER. Durante el tiempo sin desvanecimiento, la relación S/I está lejos del límite crítico. La influencia de la señal interferente en este caso, no es detectable durante la mayor parte del tiempo.

La influencia de la señal interferente es lo primero que se aprecia durante las condiciones de desvanecimiento, provocando un deterioro en el nivel del umbral de recepción, lo que deriva en una disminución del margen de desvanecimiento de la trayectoria. Las señales generalmente no están correlacionadas cuando la señal principal y la interferente siguen diferentes caminos.

Interferencia Co-Canal

La presencia de señales en la misma frecuencia causará una interferencia Co-Canal. Cuando no se minimiza la interferencia Co-Canal la relación potencia portadora a potencia interferente se verá disminuida, lo que provocará la disminución de la intensidad de la señal deseada o hasta su total atenuación haciendo imposible la recuperación de la señal en la recepción.

El efecto dañino de la interferencia Co-Canal es minimizado haciendo una reasignación de las frecuencias de la radio base.

Interferencia por Canal Adyacente

La interferencia por canal adyacente es la interferencia causada por la energía procedente de una señal en un canal adyacente. La interferencia por canal adyacente puede ser causada por un filtrado inadecuado de una modulación indeseada.

Aplicaciones utilizadas en el cálculo de enlaces

A continuación se presenta una breve descripción de las aplicaciones utilizadas para realizar los cálculos de los enlaces. Aunque existe una gran diversidad de aplicaciones para el cálculo de radio enlaces, no todos disponen de las características y especificaciones con las cuales puedan ser considerados como confiables en sus resultados, características tales como la obtención de los mapas, por ejemplo. Por esta razón los programas que se describirán a continuación fueron los que se estudiaron, ya que cumplían con las características más fiables tales como alta resolución en los mapas, mayor cobertura a nivel mundial con respecto a los factores como lluvia, vegetación, etc. de tal manera que se consideraron como confiables y una amplia trayectoria en el cálculo de los enlaces, además de no limitar sus funciones sólo al cálculo de enlaces punto-punto, sino que también ofrecen otras opciones como cálculo de enlaces punto-multipunto usando varios métodos de propagación que son mundialmente reconocidos. También se consideró como criterio importante la necesidad y los requerimientos de los clientes.

PATHLOSS

Pathloss es un programa producido por Contract Telecommunication Engineering. Es un programa para el diseño de enlaces de microondas en un rango de frecuencias entre 30MHz Y 100GHz. El programa está organizado en 8 módulos de diseño, un modulo de señal de cobertura y modulo de red que integra los enlaces de

microondas con las áreas de cobertura. En la figura 7 puede apreciarse el ambiente de trabajo de Pathloss.

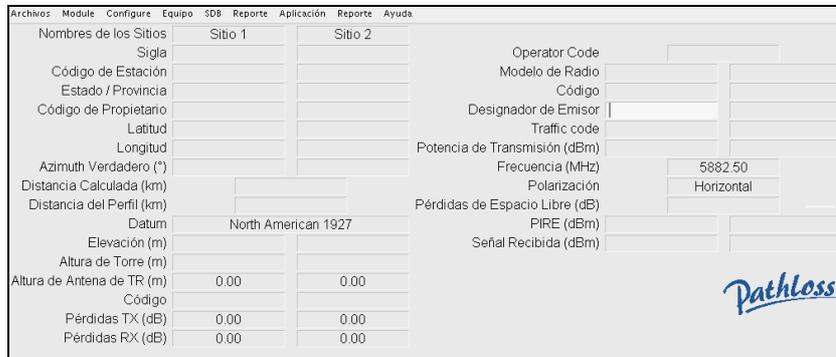


Figura 7. Ambiente de trabajo de Pathloss.

Los perfiles del terreno son creados a partir de:

- Entrada manual de los datos de distancias y elevaciones.
- Entrada directa de los datos de elevación y distancia desde mapas topográficos utilizando una tabla digitalizada.
- Conversión de los datos de distancia y elevación en archivos de textos desde otras fuentes.
- Los datos de elevación y distancia son leídos desde una base de datos del terreno.

El programa Pathloss soporta una base de datos primaria y una secundaria. Esto permite una base de datos de alta resolución con una cobertura parcial a ser suplementada con una segunda base de datos de menos resolución, pero con cobertura completa.

Como conveniencia para los usuarios de Pathloss, el programa es entregado con USGS GTOPO30 para la cobertura del terreno global.

Para el cálculo de la Confiabilidad del Enlace Pathloss utiliza:

- Factor de Vigants-Barnett

- UIT-R P.530-6 (inclinación del trayecto, ángulo rasante y factor geoclimático)
- UIT-R P.530-7 (inclinación del trayecto y factor geoclimático)
- Factor KQ
- Factor KQ incluyendo la rugosidad del terreno. Los exponentes de distancia y frecuencia pueden ser establecidos para una región en específico.

La confiabilidad del enlace puede ser representada en Disponibilidad o Indisponibilidad de las siguientes maneras:

- Tiempo total por debajo del nivel para el peor mes y la base anual.
- Indisponibilidad del peor mes y Severely Errored
- SES (*Severe Error Seconds*). Se considera el enlace como no disponible si este perdura por más de 10 segundos consecutivos por debajo del nivel de desvanecimiento.

Los siguientes cálculos para el mejoramiento de la diversidad de proveen por los sistemas de conmutación en banda base y combinadores en IF:

- Diversidad de Espacio
- Diversidad de Ángulo
- Diversidad de frecuencia para 1 x 1 y para 1 x N
- Diversidad Híbrida

Las interrupciones por lluvia pueden calcularse usando los métodos Crane o UIT-R P.530 usando los siguientes datos estadísticos:

- Regiones de lluvia de Crane
- Regiones de lluvia de Crane Modificado
- Regiones de lluvia de la UIT

Para el cálculo de trayectoria múltiple existen dos métodos:

1. Gradiente Constante: Es usada una representación curvada de la tierra y los rayos son dibujados como líneas rectas. La trayectoria de los rayos reflejados muestra la susceptibilidad de la trayectoria para una reflexión especulada y ayuda a identificar las extensiones del plano reflectivo. En este modo, se puede mostrar la variación de la señal como una función de la altura de la antena.
2. Gradiente Variable: El usuario define el gradiente de refractividad o K en función de la altura. El display usa una representación de tierra plana y los rayos son dibujados como líneas curvas.

El módulo de reflexión calcula la señal recibida como una función de alguna de las siguientes variables:

- Altura de la antena del Sitio 1
- Altura de la antena del sitio 2
- Frecuencia
- Factor del radio de la tierra K
- Nivel del mar

Las pérdidas para las trayectorias con línea de vista con menos del 60% de la primera zona de Fresnel son determinadas usando los siguientes métodos:

- Una serie de obstáculos aislados definidos por la intersección del 60% de la zona de Fresnel con el terreno.
- Longley-Rice
- Longley-Reasoner

Para el momento, el programa incluye aproximadamente 120 modelos de radios digitales de los fabricantes más reconocidos.

TAP (TERRAIN ANALYSIS PACKAGE)

Programa desarrollado por SoftWright, evalúa el desempeño de sitios, propuestos o existentes, para la transmisión de microondas, MMDS, TV, WiFi, WiMax, Cellular, entre otros, además de predicciones de cobertura, estudios de intermodulación. La versión 6.0 está compuesta por 25 módulos que, cuando se encuentran combinados, brindan una gran capacidad de diseño para sistemas de radio frecuencias.

El programa provee acceso a modelos de elevación digital (DEM, *Digital Elevation Models*), derivados de USGS 3-seconds, NGDC 30-second data, USGS 30meter data y el nuevo NED 1second & 1/3second data, así como también Defense Mapping Agency (DMA), Digital Terrain Elevation Data (DTED). Los archivos de datos SRTM son soportados alrededor del mundo. También se puede exportar un archivo ASCII de elevación de área geográfica. En la figura 8 se muestra el ambiente de trabajo de TAP.

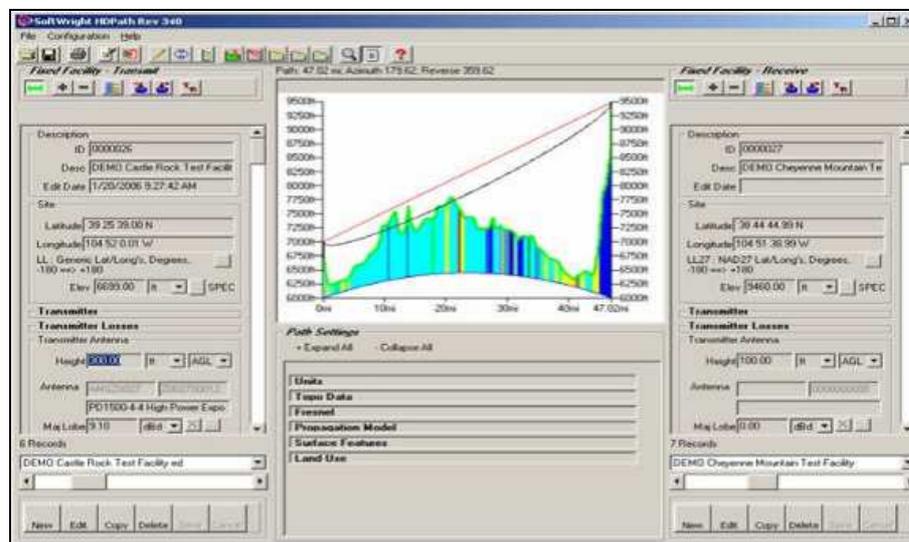


Figura 8. Ambiente de trabajo de TAP [2]

El módulo RF Facilities posee una gran librería de más de 3000 patrones de radiación de los mayores fabricantes entre los cuales destacan: Cellwave, Scala, Decibel, Sinclair, y otros muchos fabricantes. Si el programa no posee un determinado patrón de radiación el usuario puede ingresarlo de manera manual y ser guardado en la librería. El programa permite imprimir el azimut y la elevación de la antena.

También posee una amplia librería de tipos de líneas de transmisión de varios fabricantes incluidos Andrew y Times Microwave. Para un cable o guía de onda seleccionado, longitud y frecuencia, puede computar el porcentaje de eficiencia, las pérdidas en dB y el rango de potencia de la línea.

El programa también posee módulos con los principales modelos de propagación: Longley-Rice, Bullington, Okumura, Rounded Obstacle, Broadcast/SMR (parte 73), Carey, Hata/Davidson, Egli.

El módulo de Confiabilidad provee cálculos de varios modelos de atenuación por lluvia hasta 100GHz, absorción por aire, clima de la trayectoria y factores del terreno, margen de desvanecimiento, confiabilidad, indisponibilidad, diversidad en frecuencia y en espacio.

Ingeniería de Detalle

La ingeniería de detalle puede ser catalogada como la división de la ingeniería en donde se considera como importante cada detalle del proyecto, detalles que pueden llegar a ser considerados muchas veces insignificantes, como el tipo de cintas adhesivas que deben usarse en la conexión de los cables en la intemperie. La ingeniería de detalle ve la elaboración del proyecto desde un punto de vista minucioso, resaltando todos los detalles en la instalación de un determinado sistema. Así, la ingeniería de detalle debe describir cantidades y ubicación de los elementos de cada proyecto.

Cada proyecto requiere de un minucioso levantamiento de campo, en donde se recauda toda la información necesaria para determinar cómo se va a realizar cada detalle que forma parte de un sistema a implementar.

La ingeniería de detalle debe generar un documento que puede ser desglosado en varias etapas o niveles, los cuales a su vez, pueden ser divididos en tópicos más específicos. Dichas etapas o niveles serán especificados y desarrollados en el modelo de ingeniería de detalle propuesto.

Los planos son de suma importancia ya que, ellos serán la guía para el personal que se ocupe de la instalación, operación y mantenimiento de los sistemas. Además estos podrán ser utilizados como guías para futuras modificaciones o ampliaciones.

La ingeniería de detalle para un enlace microondas debe contener los cálculos realizados para la obtención del enlace. Las aplicaciones que realizan los cálculos de los enlaces microondas generan un reporte donde se especifican en más detalle los resultados obtenidos. Es conveniente que el documento de ingeniería de detalle posea dicho reporte, de tal manera que la empresa contratante y los lectores del documento tengan conocimiento. Esto ayudará a comprender las razones de las decisiones tomadas a la hora de generar la ingeniería.

Finalmente la ingeniería de detalle debe incluir un listado de todos los materiales involucrados en las instalaciones de los equipos. En esta lista se detallan los materiales requeridos especificándolos brevemente y de manera precisa, resulta útil que la lista sea separada de acuerdo a los tipos de materiales. Esta lista también debe incluir las cantidades de material.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL DISEÑO

Desarrollo del modelo de ingeniería de detalle

El modelo de ingeniería de detalle propuesto busca generar un documento que en primera instancia cumpla con los requerimientos de los clientes y además tenga un esquema de presentación amigable con el lector para que pueda ser comprendido fácilmente.

Los puntos que conforman el modelo han sido determinados mediante la consulta de fuentes principales como lo son ingenierías de detalles realizadas anteriormente y entrevistas con clientes de VTE Telecomunicaciones. Con las entrevistas se busca conocer de fuente directa cuáles son los puntos que realmente interesan y sobre los cuales debe estar enfocada la mayor carga de información del documento. El objetivo de la consulta a documentos previos de ingeniería es mejorar y unificar estos viejos documentos y aplicar las nuevas exigencias del mercado, ya que cuando éstos fueron realizados los objetivos se enfocaban sobre otras áreas. De esta manera se ha logrado conformar un nuevo modelo de ingeniería de detalle para la interconexión a través de un radio enlace. Éste esta estructurado en 16 puntos los cuales serán ampliados a continuación.

1. Portada

En la Portada del documento deben ser incluidos: el título con los nombres de los sitios en donde se realiza la interconexión, mostrando ciudad y estado donde se encuentra ubicado. Adicionalmente en la portada se encuentra un cuadro que contiene

los siguientes datos de interés: número de revisión del documento, nombre de la persona que elabora el documento, nombre de la persona que revisa el documento por parte de VTE, nombre de la persona que aprueba el documento en el lado proveedor de servicios y la fecha en la cual se realiza el documento.

2. Tabla de contenido

Seguido a la portada debe ser incluida una tabla de contenido donde se muestren los puntos resaltantes dentro del documento.

3. Introducción

En la introducción del documento se realiza la descripción del documento y son mencionados los objetivos del mismo. En la misma página de la introducción se encuentra el Diagrama de bloques de la última milla que busca explicar de una manera ilustrativa lo mencionado en la introducción, mostrando también los elementos principales que intervienen en el radio enlace.

4. Datos generales del lado Proveedor de Servicios

En los datos generales del lado proveedor de servicios se suministra toda la información relacionada con el Proveedor de Servicios, de manera tal que el lector podrá tener un cuadro resumen de aspectos como ubicación, personal encargado, etc. La sección incluye los siguientes datos: Nombre del sitio, dirección, ciudad/población, estado, persona contacto con su número de teléfono, horario de acceso, persona que autoriza el acceso con su número de teléfono, localización de las llaves de acceso, tipo de acceso al sitio, servicio requerido, frecuencia de transmisión y recepción, observaciones del sitio y un mapa de ubicación.

5. Descripción del lado Proveedor de Servicios

En este punto se muestra toda la información técnica del lado Proveedor de Servicios como los equipos, coordenadas geográficas para la instalación de la antena. El punto está conformado por 6 cuadros donde se muestra la siguiente información: Información geográfica, características de la torre, ubicación de la antena, características de la antena a instalar, características del radio a instalar y los cables a utilizar.

6. Reporte fotográfico del lado Proveedor de Servicios

Este punto denota gran importancia en una Ingeniería de detalles. En esta sección se soporta toda la información registrada en el punto anterior y en donde se verifican los datos suministrados por la inspección en campo (Site Survey). En el reporte fotográfico se propone la inclusión de 18 fotografías que se distribuyen de la siguiente manera: dos fotografías del exterior del sitio, dos fotografías de la línea de vista, dos del lugar de colocación de la antena, cuatro fotografías del recorrido del cable RF, dos fotografías del lugar de ubicación de los equipos, dos del panel de breakers, dos fotos del recorrido del cableado de energía, una fotografía de la barra de tierra y una fotografía del aire acondicionado. Las fotografías serán editadas para mostrar de manera ficticia el recorrido de los cables, lugar de colocación de la antena. Los campos para fotografías contienen en su parte inferior un campo para comentarios, donde se realizarán comentarios que complementen la información mostrada por las fotografías. Las fotografías debe ser colocadas en el documento en el orden secuencial que se muestra, de esta manera el personal que ejecute la instalación podrá tener una mejor apreciación del sitio y llevar a cabo el trabajo en un orden determinado. Luego de todas las fotografías se encuentra un campo llamado **Resumen de instalación**, dentro de este campo se colocará toda la información correspondiente al proceso de instalación, como por ejemplo, espaciamiento entre hangers kits o grapas. La información que se incluye dentro del **Resumen de**

instalación se fundamenta en cada uno de los estándares y normas que cada proveedor de servicios posee.

7. Datos generales del lado Cliente

En este punto se suministra toda la información relacionada con el Cliente, así que al igual que en el caso lado Proveedor de Servicios el lector podrá tener un cuadro resumen de aspectos como ubicación, personal encargado, etc. La sección incluye los siguientes datos: Nombre del sitio, dirección, ciudad/población, estado, persona contacto con su número de teléfono, horario de acceso, persona que autoriza el acceso con su número de teléfono, localización de las llaves de acceso, tipo de acceso al sitio, servicio requerido, frecuencia de transmisión y recepción, observaciones del sitio y un mapa de ubicación.

8. Descripción del lado Cliente

Al igual que en el caso lado Proveedor de Servicios en el punto lado Cliente se suministra toda la información técnica relacionada con el cliente. El punto está conformado por 6 cuadros donde se muestra la siguiente información: Información geográfica, características de la torre, ubicación de la antena, características de la antena a instalar, características del radio a instalar y los cables a utilizar.

9. Reporte fotográfico del lado Cliente

Los objetivos fotográficos en el Reporte fotográfico del lado Cliente son los mismos que en el lado Proveedor. Es importante señalar que en la mayoría de las situaciones los clientes no disponen de las mismas facilidades que los proveedores de servicios, en tal caso los campos en donde el cliente no posea dichas facilidades serán dejados en blanco y serán comentados en la sección Resumen de la instalación del lado Cliente.

10. Planos

En este punto se podrán encontrar los planos detallados en los sitios correspondientes (proveedor de servicios y cliente). Los planos deben realizarse para cada extremo del enlace. Para cubrir con toda la información posible los planos a incluir serán los siguientes:

Plano de Azotea o lugar de colocación del mástil.

Este plano debe incluir:

- Ubicación de torre o mástil.
- Recorrido de escalerillas y cables.
- Ubicación de otras torres o mástiles.
- Ubicación de otros equipos. Aires acondicionados, moto generadores y otros elementos que se encuentren en los exteriores y sean de tamaño considerable.

Plano de Sala de equipos

Este plano debe incluir:

- Recorrido de escalerillas y cables.
- Ubicación propuesta para colocación del equipo.
- Ubicación de otros equipos en la sala.

Con estos planos se busca dar una aproximación real de la ubicación de los elementos en los sitios. Los planos complementan la información suministrada por los reportes fotográficos.

11. Perfiles y cálculos

La información mostrada en este punto son los perfiles y cálculos referentes al enlace, estos cálculos y perfiles fueron realizados para las frecuencias que fueron tomadas en cuenta a la hora del barrido de frecuencia. La inclusión de los perfiles

busca demostrar que el enlace no tiene posibles obstrucciones y además se verifican que las zonas de Fresnel cumplan al menos con el 60%. Por otra parte los cálculos de enlace buscan verificar que el enlace puede llevarse a cabo utilizando los equipos propuestos.

12. Diagrama de trazado y angulado

El diagrama de trazado y angulado es sumamente importante a la hora de la instalación ya que con estos datos se llevará a cabo el proceso de alineación de antenas. Debe tenerse especial cuidado con esta sección, ya que un mal cálculo puede generar una mala alineación lo cual derivaría en un uso ineficiente del enlace trayendo consigo posibles fallas en la transmisión.

13. Barrido de frecuencias

El Barrido de frecuencias se incluye con la finalidad de demostrar la ocupación del espectro radioeléctrico y de esta manera soportar gráficamente la razón de la selección de las frecuencias de transmisión y recepción. En el barrido de frecuencias se incluyen los gráficos de los barridos realizados en polarización horizontal y polarización vertical, para cada banda de frecuencia en cada sitio.

14. Selección y cuantificación de materiales

La información suministrada por los puntos anteriores se complementa con el punto de selección y cuantificación de materiales. En esta tabla de materiales se especifican con todo detalle los materiales que serán necesarios para la ejecución de la instalación. La tabla incluye tres campos: Descripción del material, unidad de medida y cantidad. En el campo “descripción del material” se especifican datos del material como: nombre del material, tamaño, diámetro, marca (en caso de necesitarse una marca específica); el campo “unidad de medida” indica que unidad de medida es

la empleada para los materiales seleccionados por ejemplo, metros cuadrados, metros lineales, etc. En el campo “cantidad” se coloca la cantidad necesaria del material correspondiente de acuerdo a la unidad de medida.

15. Herramientas y equipos necesarios

Como un recordatorio de las herramientas y equipos que deben ser llevadas para realizar el trabajo se incluye el punto de Herramientas y equipos necesarios. El punto se divide en “Herramientas y materiales de trabajo” y “Equipos de seguridad personal”.

16. Especificaciones técnicas de los elementos a instalar

Las especificaciones sirven para que el personal tenga un conocimiento más profundo de los elementos que se van a instalar en los sitios.

Con estos dieciséis puntos se busca abarcar toda la información correspondiente a la interconexión a través de un radio enlace, teniendo siempre como finalidad no dejar “*cabos sueltos*” que puedan generar dudas a posteriori.

Si bien el modelo habla del enlace como “Proveedor de servicios – cliente” esto no restringe su uso en enlaces punto a punto entre dos sucursales de una empresa, por ejemplo. El modelo fue caracterizado de esa manera ya que en la mayoría de las situaciones estos documentos son realizados para enlaces de última milla entre un proveedor de servicios y su cliente.

A continuación se representa gráficamente la estructura propuesta para el modelo.

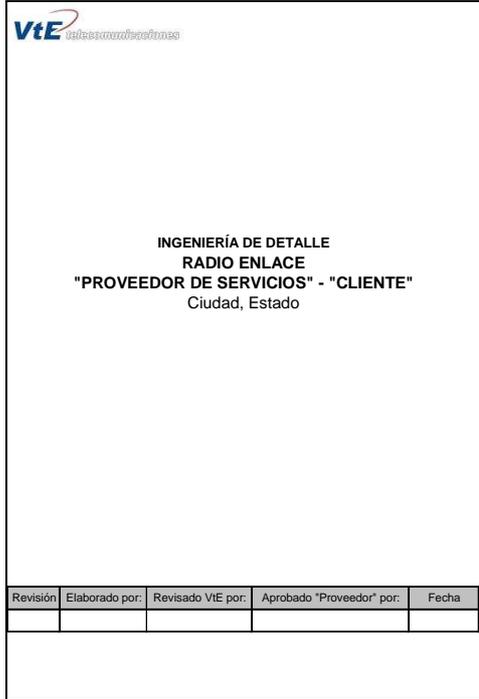


Figura 9. Portada

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	3
Diagrama de bloques de la última milla	3
Datos generales lado "Proveedor de servicios"	4
Descripción del lado "Proveedor de servicios"	5
Reporte fotográfico lado "Proveedor de servicios"	6
Datos generales lado "Cliente"	10
Descripción del lado "Cliente"	11
Reporte fotográfico lado "Cliente"	12
Planos	13
Perfiles y cálculos	14
Diagrama de trazado y angulado	15
Barrido de frecuencias	16
Selección y cuantificación de materiales	17
Herramientas y materiales necesarios	18
Especificaciones de los equipos	19

Figura 10. Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN
DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA ÚLTIMA MILLA

Figura 11. Introducción y diagrama de bloques de la última milla.

DATOS GENERALES LADO PROVEEDOR DE SERVICIOS	
Nombre del Sitio	
Dirección	
Ciudad/Población	Estado
Persona Contacto	
Cargo	Teléfono
Horario de acceso	Requiere autorización externa
Persona que autoriza el acceso	
Teléfono	
Localización de las llaves de acceso	
Tipo de acceso al sitio	
Servicio requerido	
Frecuencia de Transmisión	
Frecuencia de Recepción	
Observaciones	
Mapa de ubicación de Proveedor de servicios	

Figura 12. Datos generales lado PROVEEDOR DE SERVICIOS.

DESCRIPCIÓN DEL LADO PROVEEDOR DE SERVICIOS			
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA			
DATUM WGS 84		DATUM PSAD56	
LAT	LON	LAT	LON
Elevación nivel del suelo		Altura ubicación de la antena	
CARACTERÍSTICAS DE LA TORRE			
Tipo de torre		Sección	
Tipo de miembro		Altura	
Existen soportes disponibles en torre			
UBICACIÓN DE LA ANTENA			
Arista	Altura	Inclinación	Azímüt
CARACTERÍSTICAS DE LA ANTENA A INSTALAR			
Marca		Modelo	
Ganancia	XPD	F/B	VSWR
Diametro	Peso		
CARACTERÍSTICAS DEL RADIO A INSTALAR			
Marca		Modelo	
Configuración		Tensión de alimentación	
Potencia de Transmisión		Umbral de recepción	
CABLES A INSTALAR			
RF	Alimentación de equipos		Puesta a tierra

Figura 13. Descripción del lado PROVEEDOR DE SERVICIOS.

REPORTE FOTOGRÁFICO LADO PROVEEDOR DE SERVICIOS	
EXTERIORES DEL SITIO	
FOTO 1 (PERIMETRO)	FOTO 2 (RUTA DE ACCESO)
Comentarios de las fotografías 1 y 2.	
LÍNEA DE VISTA	
FOTO 3 (PANORÁMICA)	FOTO 4 (DETALLE)
Comentarios de las fotografías 3 y 4.	
LUGAR DE COLOCACIÓN DE LA ANTENA	
FOTO 5 (TORRE COMPLETA)	FOTO 6 (TORRE EN DETALLE)
Comentarios de las fotografías 5 y 6.	

Figura 14. Reporte fotográfico lado PROVEEDOR DE SERVICIOS.

RECORRIDO DEL CABLE	
FOTO 7	FOTO 8
Comentarios de las fotografías 7 Y 8.	
FOTO 9	FOTO 10
Comentarios de las fotografías 9 Y 10.	
UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS	
FOTO 11 (PANORÁMICA)	FOTO 12 (DETALLE)
Comentarios de las fotografías 11 y 12.	

Figura 15. Reporte fotográfico lado PROVEEDOR DE SERVICIOS (cont.).

PANEL DE BREAKERS	
FOTO 13 (PANEL DE BREAKERS)	FOTO 14 (BREAKER ASIGNADO)
Comentarios de las fotografías 13 y 14.	
RECORRIDO DEL CABLEADO DE ENERGÍA	
FOTO 15	FOTO 16
Comentarios de las fotografías 15 y 16.	
OTROS ELEMENTOS	
FOTO 17 (BARRA DE TIERRA)	FOTO 18 (AIRE ACONDICIONADO)
Comentarios de las fotografías 17 y 18.	

Figura 16. Reporte fotográfico lado PROVEEDOR DE SERVICIOS (cont.).

RESUMEN DE INSTALACIÓN
<p>ESCRIBA INFORMACIÓN ADICIONAL CORRESPONDIENTE AL REPORTE FOTOGRÁFICO.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ¿Cómo serán conectados los equipos entre si, IDU, ODU, antenas? ○ ¿Cómo serán conectados los cables de energía y aterramiento a los equipos? ○ Tipos de cables necesarios para el cableado de RF, tierra, energía. ○ Tipos de dispositivos necesarios para la instalación del cableado dependiendo de la superficie que recorra el cable, por ejemplo, escalerillas, ductería, paredes, etc. ○ Recomendaciones de reparaciones, ampliaciones y otras adecuaciones para el sitio.

Figura 17. Resumen de instalación PROVEEDOR DE SERVICIOS.

DATOS GENERALES LADO CLIENTE	
Nombre del Sitio	
Dirección	
Ciudad/Población	Estado
Persona Contacto	
Cargo	Teléfono
Horario de acceso	Requiere autorización externa
Persona que autoriza el acceso	
Teléfono	
Localización de las llaves de acceso	
Tipo de acceso al sitio	
Servicio requerido	
Frecuencia de Transmisión	
Frecuencia de Recepción	
Observaciones	
Mapa de ubicación de Proveedor de servicios	

Figura 18. Datos generales lado CLIENTE.

DESCRIPCIÓN DEL LADO CLIENTE			
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA			
DATUM WGS 84		DATUM PSAD56	
LAT	LON	LAT	LON
Elevación nivel del suelo		Altura ubicación de la antena	
CARACTERÍSTICAS DE LA TORRE			
Tipo de torre		Sección	
Tipo de miembro		Altura	
Existen soportes disponibles en torre			
UBICACIÓN DE LA ANTENA			
Arista	Altura	Inclinación	Azímüt
CARACTERÍSTICAS DE LA ANTENA A INSTALAR			
Marca		Modelo	
Ganancia	XPD	F/B	VSWR
Diametro	Peso		
CARACTERÍSTICAS DEL RADIO A INSTALAR			
Marca		Modelo	
Configuración		Tensión de alimentación	
Potencia de Transmisión		Umbral de recepción	
CABLES A INSTALAR			
RF	Alimentación de equipos	Puesta a tierra	

Figura 19. Descripción del lado CLIENTE.

REPORTE FOTOGRÁFICO LADO CLIENTE	
EXTERIORES DEL SITIO	
FOTO 1 (PERIMETRO)	FOTO 2 (RUTA DE ACCESO)
Comentarios de las fotografías 1 y 2.	
LÍNEA DE VISTA	
FOTO 3 (PANORÁMICA)	FOTO 4 (DETALLE)
Comentarios de las fotografías 3 y 4.	
LUGAR DE COLOCACIÓN DE LA ANTENA	
FOTO 5 (TORRE COMPLETA)	FOTO 6 (TORRE EN DETALLE)
Comentarios de las fotografías 5 y 6.	

Figura 20. Reporte fotográfico lado CLIENTE.

RECORRIDO DEL CABLE	
FOTO 7	FOTO 8
Comentarios de las fotografías 7 Y 8.	
FOTO 9	FOTO 10
Comentarios de las fotografías 9 Y 10.	
UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS	
FOTO 11 (PANORÁMICA)	FOTO 12 (DETALLE)
Comentarios de las fotografías 11 y 12.	

Figura 21. Reporte fotográfico lado CLIENTE (cont.).

PANEL DE BREAKERS	
FOTO 13 (PANEL DE BREAKERS)	FOTO 14 (BREAKER ASIGNADO)
Comentarios de las fotografías 13 y 14.	
RECORRIDO DEL CABLEADO DE ENERGÍA	
FOTO 15	FOTO 16
Comentarios de las fotografías 15 y 16.	
OTROS ELEMENTOS	
FOTO 17 (BARRA DE TIERRA)	FOTO 18 (AIRE ACONDICIONADO)
Comentarios de las fotografías 17 y 18.	

Figura 22. Reporte fotográfico lado CLIENTE (cont.).

RESUMEN DE INSTALACIÓN			
ESCRIBA	INFORMACIÓN	ADICIONAL	CORRESPONDIENTE AL REPORTE FOTOGRAFICO.
<ul style="list-style-type: none">o ¿Cómo serán conectados los equipos entre si, IDU, ODU, antenas?o ¿Cómo serán conectados los cables de energía y aterramiento a los equipos?o Tipos de cables necesarios para el cableado de RF, tierra, energía.o Tipos de dispositivos necesarios para la instalación del cableado dependiendo de la superficie que recorra el cable, por ejemplo, escalerillas, ductería, paredes, etc.o Recomendaciones de reparaciones, ampliaciones y otras adecuaciones para el sitio.			

Figura 23. Resumen de instalación CLIENTE.

PLANOS	

Figura 24. Planos.



Figura 25. Perfiles y cálculos.

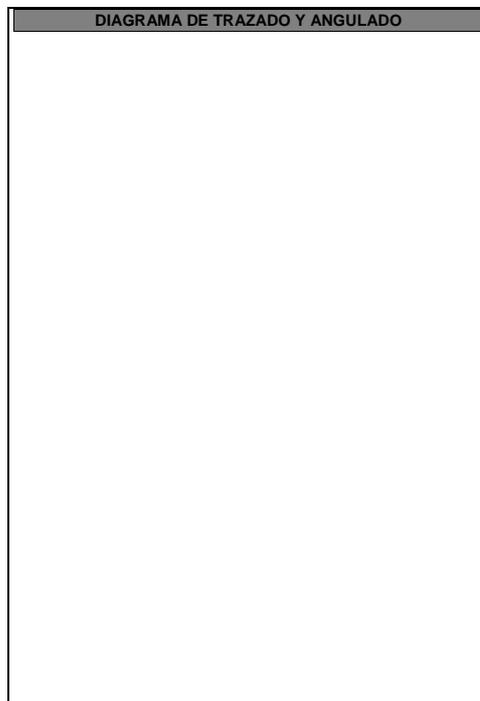


Figura 26. Diagrama de trazado y angulado.

BARRIDO DE FRECUENCIAS

Figura 27. Barrido de Frecuencias.

SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES		
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD

Figura 28. Selección y cuantificación de materiales.

Diseño de instrumento de evaluación para el modelo propuesto

Una vez diseñado el modelo es necesario que este sea evaluado por el personal de la empresa, que a fin de cuentas serán los usuarios principales de dicho documento.

De tal manera que se ha diseñado un instrumento que permita llevar a cabo, de una manera rápida y sencilla, la evaluación del modelo propuesto.

El instrumento consiste en una encuesta conformada por 6 preguntas las cuáles abarcan los puntos más relevantes del modelo propuesto. Para responder dichas preguntas se dispone de una escala numérica la cual se presenta a continuación.

- 1.- **INSUFICIENTE.** La información suministrada en relación a la pregunta es insuficiente y carece de detalles que a la hora de realizar la instalación serán fundamentales.
- 2.- **REGULAR.** La información contenida en el punto genera dudas y se considera que se necesitan ajustes para su completa comprensión.
- 3.- **BUENO.** La información se considera útil y suficiente para llevar a cabo el proyecto.
- 4.- **EXCELENTE.** La información es sobresaliente y satisface todas las expectativas del lector, no genera ningún tipo de dudas.

La combinación de las preguntas formuladas con la escala propuesta ayudará a obtener de una manera más directa y sencilla los resultados de la evaluación a realizar al modelo propuesto. Los resultados que se obtengan de la evaluación servirán para establecer de manera directa la funcionalidad y utilidad del modelo propuesto.

A continuación se presenta de manera más detallada el instrumento de evaluación propuesto.

EVALUACIÓN DEL MODELO DE INGENIERÍA DE DETALLE PROPUESTO

El siguiente instrumento tiene como finalidad evaluar el modelo de ingeniería de detalle propuesto. El documento está compuesto por seis preguntas que abarcan los principales aspectos del modelo. Las respuestas por medio de una escala numérica presentada a continuación:

- 1.- Insuficiente
- 2.- Regular
- 3.- Buena
- 4.- Excelente

Por favor encierre en un círculo su escogencia.

- A. ¿Cómo consideraría la información suministrada en los puntos **“DATOS GENERALES LADO PROVEEDOR”, “DATOS GENERALES LADO CLIENTE”, “DESCRIPCIÓN LADO PROVEEDOR”, “DESCRIPCIÓN LADO PROVEEDOR”**?

1 2 3 4

- B. ¿Cómo consideraría la información suministrada por el **REPORTE FOTOGRÁFICO**?

1 2 3 4

C. ¿Cómo consideraría la información incluida dentro de los **PLANOS**, tales como recorrido del nuevo cable, ubicación de los equipos, ubicación de otros elementos?

1 2 3 4

D. ¿Cómo consideraría la inclusión en el documento puntos como **“PERFILES Y CÁLCULOS”**, **“DIAGRAMA DE TRAZADO Y ANGULADO”** y **“BARRIDO DE FRECUENCIAS”**?

1 2 3 4

E. ¿Cómo consideraría los datos y características señaladas en el punto **“SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES”**?

1 2 3 4

F. En general, ¿cómo consideraría el modelo de Ingeniería de Detalles propuesto?

1 2 3 4

Observaciones: _____

CAPÍTULO IV

RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS

Los resultados están basados en las respuestas ofrecidas por los encuestados. La encuesta fue realizada a una población cuatro personas, las cuáles son las encargadas de realizar y supervisar las instalaciones de sistemas microondas además de otros sistemas. Las personas encuestadas son los ingenieros y técnicos que laboran en el Departamento de Operaciones de VTE Telecomunicaciones. Las encuestas respondidas pueden verse en el anexo 3.

El diseño del instrumento de evaluación no contempló un valor específico para cada pregunta, sin embargo la pregunta número seis tuvo un mayor peso apreciativo con respecto a las demás preguntas debido a que esta envolvía de manera general todos los aspectos del modelo propuesto, y ayudaba a tener una tendencia más clara sobre el resultado de la evaluación.

Los resultados son tomados de manera independiente para cada pregunta. A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada una de las preguntas realizadas:



Gráfico 1. Resultados de la pregunta “A” del instrumento de evaluación.

La opinión fue positivamente dividida con respecto a los datos generales y descripción de los sitios, sin embargo no se obtuvieron calificaciones *Regular* o *Insuficiente* demostrando que la información que se incluye en estos puntos es muy bien considerada. Aunque los resultados no lo muestren los encuestados expresaron satisfacción (en conversaciones posteriores) al ver que en los puntos se incluía información como *Localización de las llaves de acceso* y *Tipo de acceso al sitio*, ya que muchas veces estos aspectos no eran considerados y se presentaban problemas posteriormente por no conocer dicha información.



Gráfico 2. Resultados de la pregunta “B” del instrumento de evaluación.

Las fotografías son un punto sensible dentro del documento de ingeniería de detalle. Se puede concluir que las fotografías a incluir dentro de esta sección deben ser lo más informativas posible, es decir, que mientras más información contenga la imagen mejor será el resultado. Todo ello porque el ingeniero de detalle se basa en dichas imágenes para la proposición de rutas para cables y ubicación de nuevos equipos, si éstas no muestran la información de manera eficiente el ingeniero de detalle no podrá generar el nivel de detalle que se desea. Por lo tanto se debe ser muy consciente a la hora de realizar las fotografías, es mejor tener pocas fotografías pero que contengan buena información a muchas fotografías que contengan poca información.



Gráfico 3. Resultados de la pregunta “C” del instrumento de evaluación.

Al igual que en la pregunta 1, en la pregunta 3 se obtuvo una división de opiniones con tendencia positiva, lo que demuestra que la información incluida dentro de los planos fue considerada necesaria y útil. Se debe recordar que los planos significan la aproximación real a las situaciones y distancias que el instalador encontrará en el sitio, por lo tanto los planos deben ser los más precisos posibles en cuanto a la información que estos contienen.

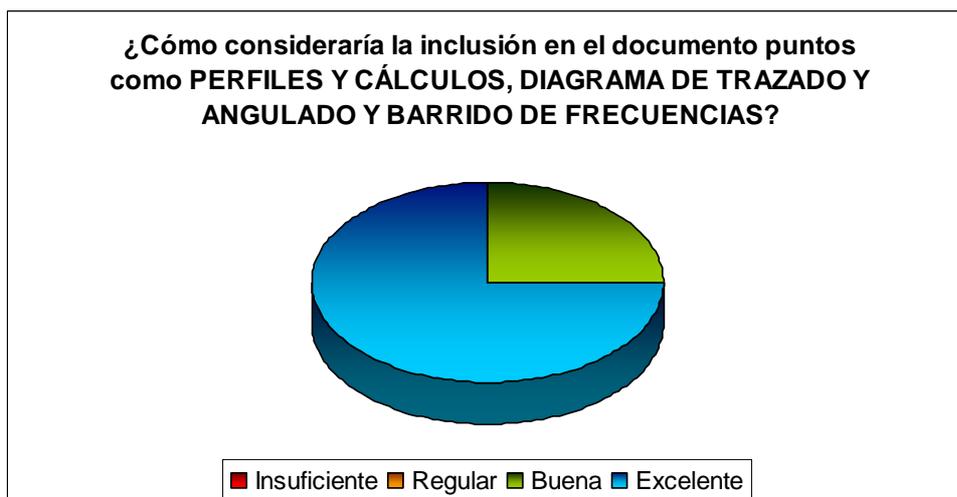


Gráfico 4. Resultados de la pregunta “D” del instrumento de evaluación.

La tendencia de la pregunta 4 del instrumento de evaluación es, al igual que en los puntos anteriores, positiva, en este caso en particular *Excelente*. Quiere decir entonces que los encuestados consideran excelente la inclusión de los puntos Perfiles y Cálculos, Diagrama de trazado y Barrido de frecuencias.



Gráfico 5. Resultados de la pregunta “E” del instrumento de evaluación.

Fue considerada como *Buena* y *Excelente* en partes iguales los datos aportados por el punto de *Selección y cuantificación de materiales*, los cuales incluyen todos los materiales necesarios para llevar a cabo la instalación del radio enlace. Es importante que se haya obtenido estos resultados ya que la selección y cuantificación de materiales es parte importante en el documento de ingeniería de detalle, el hecho de obtener esas calificaciones denota que la información que fue propuesta en el punto lleno las expectativas y cumplió con los requerimientos de los evaluadores.

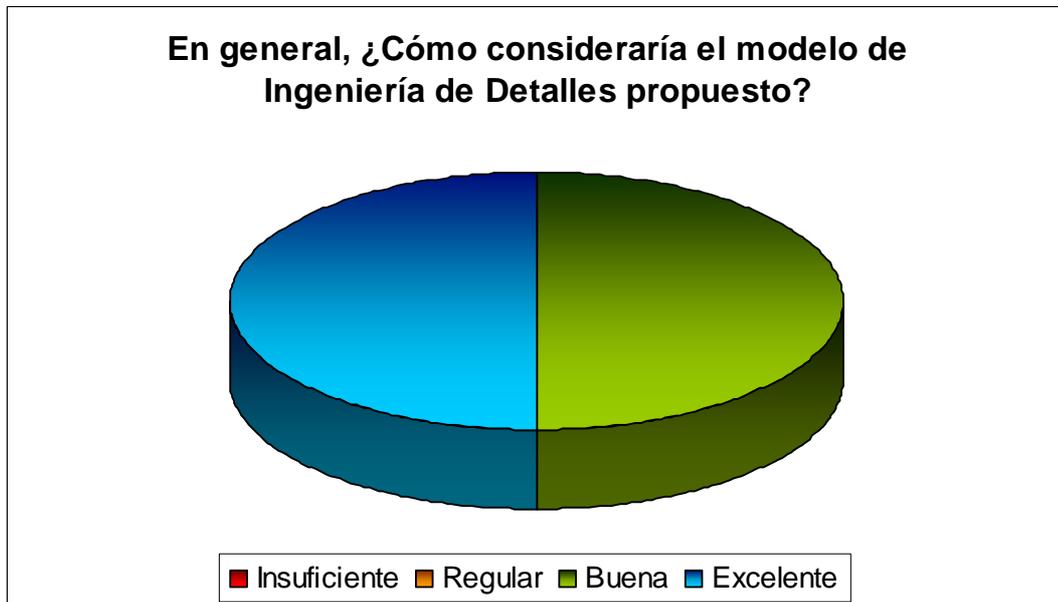


Gráfico 6. Resultados de la pregunta “F” del instrumento de evaluación.

En líneas generales el modelo fue aprobado con excelentes calificaciones, como lo muestra el gráfico 6. Es importante destacar que en ninguna de las preguntas realizadas se obtuvieron calificaciones de *Regular o Insuficiente* lo que demuestra la alta efectividad del modelo de ingeniería de detalle propuesto. El documento puede ser mejorado con la inclusión de una tabla resumen antes del punto de Planos, tal como fue sugerido por uno de los encuestados. Ésta tabla resumen incluiría en una misma página toda la información suministrada en los puntos Descripción de lado Proveedor de servicios y Descripción del lado Cliente.

Aplicación del modelo de ingeniería de detalle propuesto

Una vez aprobado el modelo propuesto mediante el instrumento de evaluación se procedió con su aplicación.

El modelo de ingeniería de detalle propuesto fue aplicado para realizar la interconexión de dos sedes de una importante empresa petrolera. Dichas sedes son

estaciones de bombeo ubicadas en el estado Barinas. El enlace que se propone es un radio enlace IP en la banda no licenciada de 2500 MHz – 2700 MHz, utilizando Radios Aperto PW 600.

Las antenas que fueron seleccionadas en la ingeniería de detalle son grilladas para disminuir la fuerza del viento sobre la antena, lo cual genera más carga sobre las torres.

Los cálculos del enlace y el perfil de la trayectoria que se encuentran en la ingeniería de detalle fueron realizados con el programa Pathloss. Como ya se dijo en el marco referencial este programa también es capaz de generar todos los cálculos correspondientes al enlace, pero en esta ocasión los cálculos se realizaron manualmente utilizando el programa MathCad 10, esto con la finalidad de demostrar las fórmulas que fueron planteadas en el marco referencial.

El documento completo de la aplicación del modelo de ingeniería de detalle propuesto puede verse en el anexo 2.

CONCLUSIONES

Para la buena realización de una ingeniería de detalle resulta conveniente realizar un estudio minucioso del proyecto para así tener una completa comprensión de los alcances y objetivos del proyecto. Con ello se busca aclarar puntos incluidos dentro del proyecto como normas de seguridad o estándares de instalación que puedan tener los distintos clientes. Es importante tener en cuenta desde el primer momento que para la realización del proyecto puedan necesitarse permisos especiales otorgados por parte del gobierno regional, nacional u otros entes gubernamentales, dichos permisos podrían ir desde el cierre temporal de calles hasta la solicitud de frecuencias licenciadas, en este caso ante la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL). Conocer estos datos desde el inicio permitirá anticipar las acciones necesarias para que el proyecto sea llevado a cabo en el tiempo programado.

El buen desempeño del modelo de ingeniería de detalle propuesto depende ampliamente de puntos fundamentales como Reporte Fotográfico (incluyendo el Resumen de Instalación) y Planos. Debido a esto es necesario ser cuidadoso y muy minucioso a la hora de levantar dichas informaciones. No basta con tomar muchas fotografías si estas no aportan la información requerida. La toma de fotografías con conciencia ayudará a tener una mejor visión de los lugares utilizando sólo las fotografías necesarias.

En el caso de los planos es necesario que se incluyan la mayor información posible e incluso que se hagan acotaciones donde se consideren necesarias. Los planos complementan la información generada por el reporte fotográfico, lo cual ayuda a la fácil y rápida ubicación de todos los elementos involucrados. Todo esto lleva a concluir que la inspección en campo debe ser realizada con la intención de destinar la información recolectada a la generación de una ingeniería de detalle, por

lo tanto no se debe perder detalle en la recolección de información. La persona encargada de realizar la inspección en campo debe tener presente siempre el destino de la información que esta recaudando, además de estar preparado con todos los implementos necesarios para que el levantamiento de datos sea lo más completo posible.

Para la buena selección de los sistemas, es estrictamente necesario que se realice una amplia documentación técnica de toda la gama de equipos y tecnologías disponibles. Dicha documentación hace que el realizador del proyecto ofrezca un amplio rango de respuestas para los clientes. Al final una mayor cantidad de opciones hace que el cliente pueda evaluar las bondades o debilidades de las opciones presentadas. Una correcta documentación técnica también ayuda al ingeniero diseñador a buscar soluciones a los problemas que se puedan presentar en el diseño del enlace.

Con la aplicación del modelo de ingeniería de detalle propuesto el ingeniero encargado de realizar el documento no tendrá la necesidad de trasladarse y recaudar la información en el sitio. Dicha información puede ser recaudada por un tercero haciendo uso del modelo de site survey que se propone en el anexo 1. De tal manera que el ingeniero puede ahorrar tiempo en visitas a sitios y utilizarlo en otras actividades que ameriten más su presencia.

El modelo genera un documento capaz de ofrecer toda la información referente al establecimiento de un radio enlace punto a punto, empezando por una información general de los sitios hasta llegar a puntos más técnicos. Además de la gran cantidad de información la ingeniería ofrece credibilidad y actualiza al lector en relación a la situación actual de los sitios. La inclusión de puntos como el perfil de la trayectoria, los cálculos del enlace y los barridos de frecuencia acrecientan la confianza en el lector de que el radio enlace puede ser llevado a cabo sin contratiempos.

La estructura secuencial de la ingeniería de detalle genera comodidad y facilidad de comprensión para el lector. La aplicación del modelo de ingeniería de detalle propuesto permite al lector estar en el sitio y conocerlo sin tener que trasladarse físicamente hasta el lugar.

RECOMENDACIONES

- El modelo que inicialmente fue propuesto para la interconexión a través de un radio enlace puede ser aplicado a tecnologías como WiMax realizando unos pequeños ajustes en algunos puntos del modelo. Para conocer con exactitud los ajustes necesarios se recomienda la realización de un estudio más detallado sobre esta tecnología para luego incorporar o sustituir la información necesaria.
- Se recomienda la compra de nuevos equipos cuyo rango de operación pueda sobrepasar los 18GHz para poder ofrecer una oferta más amplia en cuanto a barridos de frecuencia se refiere, lo cual podrá generar a futuro una mayor cantidad de ingeniería de detalles para la interconexión a través de un radio enlace punto a punto.
- Para el funcionamiento óptimo del modelo propuesto se recomienda la utilización del Site Survey propuesto, ya que éste posee todos los datos necesarios para ser incorporados en la ingeniería de detalle (ver anexo 1).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Internet.

[1] Your guide to Broadband in the UK. <www.broadband.co.uk>

[2] <www.pathloss.com>

[3] <www.softwright.com/tap6.html>

[4] <www.ericsson.com/solutions/tems/network_plan/linkplanner.shtml>

BIBLIOGRAFÍA

Internet.

Universidad Nacional de Rosario. Escuela de Ingeniería Electrónica.
<<http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Antenas%20y%20Propagacion/1513.pdf>>

Site Survey. Wifi Planet. <<http://www.wi-fiplanet.com/tutorials/article.php/1116311>>

Antenas y componentes Andrew. <www.andrew.com>

Cables y accesorios Belden. <www.belden.com>

Radios Aperto. <www.aperto.com>

Accesorios para telecomunicaciones. <www.tessco.com>

Libros.

Blaunstein, Nathan. Christodoulou, Cristos. Radio propagation and adaptive antennas for wireless communication links, terrestrial, atmospheric and ionospheric. Kai Chang Series Editor. Wiley. 2007.

Leven, Andrew. Telecommunications circuits and Technology. Primera edición. Butterworth Heinemann. 2000.

ANEXOS

[ANEXO 1]

IDENTIFIQUE EL SITIO(ej: SITIO 1, SITIO A): _____

1. PERSONA DE CONTACTO

Nombre	_____		
Cargo	_____	Teléfono	_____
Dirección	_____		

2. CARACTERÍSTICAS DE ACCESO AL SITIO

Tipo de acceso	Asfalto <input type="checkbox"/>	Granzón <input type="checkbox"/>	Tierra <input type="checkbox"/>	Lodo <input type="checkbox"/>	Matorral <input type="checkbox"/>	Otro _____		
Cerca Perimetral	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Estacionamiento	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Vigilancia	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Observaciones del Acceso al Sitio	_____							

3. COORDENADAS Y CARACTERÍSTICAS DEL SITIO

Dirección completa del Sitio	_____	Breve croquis de la ruta al Sitio			

Latitud	_____				
Longitud	_____				
Elevación(m.s.n.m.)	_____				
Tipo de Construcción	Madera <input type="checkbox"/>	Concreto <input type="checkbox"/>	Bloques <input type="checkbox"/>	Metal <input type="checkbox"/>	Otro _____
Tipo de Piso	Cemento <input type="checkbox"/>	Cerámica <input type="checkbox"/>	Piso Falso <input type="checkbox"/>	Segundo Piso <input type="checkbox"/>	Otro _____
Iluminación	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Disponibilidad de Agua	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Acceso restringido en alguna temporada en especial	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Quando	_____	
El Sitio es propenso a inundaciones	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Quando	_____	
Apariencia general de la edificación	_____				

4. TOPOGRAFÍA DEL TRAYECTO

Línea de Vista con respecto al Sitio	_____	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Posibles Obstrucciones	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Cuales _____

Posibles Construcciones en Trayectoria	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Cuales _____
Tipo y altura de Vegetación en el Trayecto	Inexistente <input type="checkbox"/>	Escasa <input type="checkbox"/>	Poblada <input type="checkbox"/> Densa <input type="checkbox"/>
Altura promedio aproximada _____ m			
Cercanía de Aeropuertos	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Si la respuesta es <i>SI</i> indique distancia y posición respecto al norte magnético _____

5. BARRIDO DE FRECUENCIAS

Banda		Polarización	
Banda		Polarización	
Banda		Polarización	
Observaciones	_____		

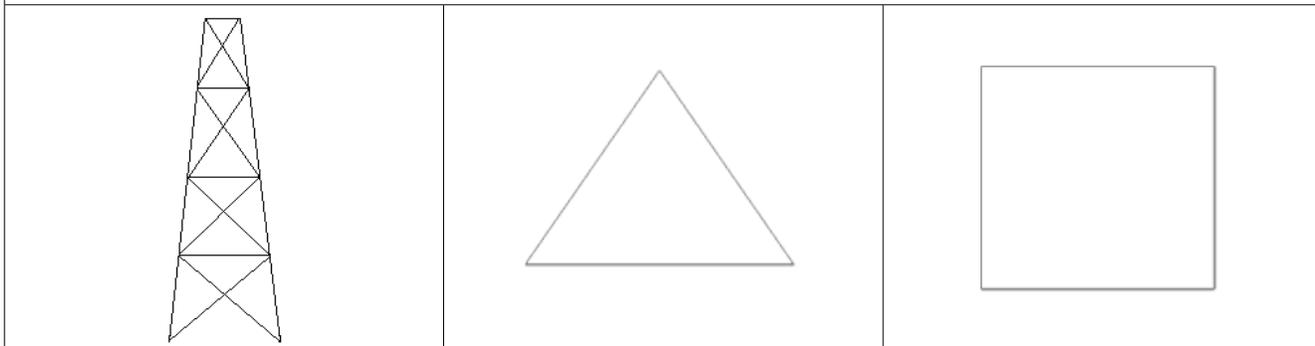
6. ALTURA DEL EDIFICIO/TORRE

EDIFICIO	Dimensiones	Altura _____ m	Ancho _____ m	Largo _____ m		
TORRE	Autosoportada <input type="checkbox"/>	Angular <input type="checkbox"/>	Venteada <input type="checkbox"/>	Angular <input type="checkbox"/>	Hierro <input type="checkbox"/>	Monopolo <input type="checkbox"/>
		Tubular <input type="checkbox"/>		Tubular <input type="checkbox"/>	Aluminio <input type="checkbox"/>	
Dimensiones del Ángulo _____		Diámetro de la arista _____				
Altura _____ m	Dimensiones de la Base _____ m		Escaleras de Acceso	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		
Luces de Balizaje	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Pararrayos	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			
Plataformas de Trabajo	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Fundación	Concreto <input type="checkbox"/> Metálica <input type="checkbox"/> Otro			
Reacondicionamiento	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>					

7. LOCALIZACIÓN Y MONTAJE DE LA ANTENA

Altura probable de colocación de la antena _____ m

En el siguiente diagrama identifique e indique posible Arista para colocación de la antena



8. DISTRIBUCIÓN DEL CUARTO DE EQUIPOS

Superficie de montaje de equipos	Madera <input type="checkbox"/>	Bloque <input type="checkbox"/>	Concreto <input type="checkbox"/>	Otro _____
Rack Existente	Dimensiones _____	Cantidad _____	Disponibilidad _____	
Bandeja Portacables	Tipo _____	Cantidad _____	Disponibilidad _____	
Esclerillas o Bandejas	Tipo _____	Ancho _____m	Altura _____m	
Orificios Pasacables	Cantidad _____	Diámetro _____	Altura _____m	Disponibles _____
Aire Acondicionado	Cantidad _____	Tipo _____	Capacidad _____	°C _____

9. DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA

Energía Primaria	110 VAC <input type="checkbox"/>	220 VAC <input type="checkbox"/>	1Ø <input type="checkbox"/>	2Ø <input type="checkbox"/>	3Ø <input type="checkbox"/>	
Capacidad de Carga	1Ø _____Amp	2Ø _____Amp	3Ø _____Amp			
Consumo Existente	1Ø _____Amp	2Ø _____Amp	3Ø _____Amp			
Espacio Disponible en el panel de Breakers	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>				
Respaldo de Energía AC	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Tipo _____			
Cantidad de Tomas AC	_____	Tomas AC aterradas	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>		
UPS	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Capacidad de Carga _____Amp	1Ø <input type="checkbox"/>	2Ø <input type="checkbox"/>	3Ø <input type="checkbox"/>
Módulo de -24 VDC	Cantidad _____	Capacidad _____	Consumo _____			
Módulo de -48 VDC	Cantidad _____	Capacidad _____	Consumo _____			
Tipo de Canalización Eléctrica	EMT <input type="checkbox"/>	CONDUIT <input type="checkbox"/>	PVC <input type="checkbox"/>	Otra _____		

10. SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

Aterramiento Edificio	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Aterramiento Sala de Equipos	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Halo de tierra Externo	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Halo de tierra Interno	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Barras de Tierra	Cantidad _____	Ubicación _____			

11. FOTOGRAFÍAS

Todas las fotografías deben realizarse en plano completo y plano detallado

Objetivo	Fotos N°
Exterior del sitio realizando un barrido de 360°	
Ruta de acceso al sitio, debe observarse la dificultad de la ruta	
Cerca Perimetral	
Estacionamiento	

Línea de Vista	
Torre Completa	
Lugar Probable de Colocación de antena	
Probable recorrido de los cables	
Exterior del Edificio	
Exterior del cuarto de equipos	
Interior del cuarto de equipos en general	
Paredes y pasillos del cuarto de equipos	
Orificio Pasacables	
Escalerillas Internas y Bandejas Portacables	
Panel de Breakers Abierto donde se observe disponibilidad	
Baterías	
UPS donde se observe disponibilidad	
Fuente DC donde se observe disponibilidad	
Aire Acondicionado	
Barras de Tierra	
Halo de Tierra Interno	
Respaldo AC	

12. DIAGRAMAS DEL EDIFICIO/TORRE

Deben realizarse los siguientes diagramas:

- Edificación – Torre (Exterior)
- Edificación – Torre (Interior)

[ANEXO 2]



**INGENIERÍA DE DETALLE
RADIO ENLACE
Empresa Petrolera
Estación Araguañey - Estación Zamoá
Estado Barinas**

Revisión	Elaborado por:	Revisado VtE por:	Aprobado "Proveedor" por:	Fecha
A	Jahaziel Menegatti	Pietro Prestigiacomo		18-Nov-08

CONTENIDO

Introducción	3
Diagrama de bloques de la última milla	3
Datos generales lado ARAGUANNEY	4
Descripción del lado ARAGUANNEY	5
Reporte fotográfico lado ARAGUANNEY	6
Datos generales lado ZAMOA	10
Descripción del lado ZAMOA	11
Reporte fotográfico lado ZAMOA	12
Planos	16
Perfiles y cálculos	21
Diagrama de trazado y angulado	23
Barrido de frecuencias	24
Selección y cuantificación de materiales	26
Herramientas y materiales necesarios	27
Especificaciones técnicas	28

INTRODUCCIÓN

En el siguiente documento se encuentra toda la información relacionada con la interconexión a través de un radio enlace en la banda de 2500 MHz a 2700 MHz de las estaciones Araguaney y Zamoá del estado Barinas.

Entre las informaciones que se encuentran en el documento se tienen: coordenadas geográficas, condiciones físicas actuales, etc.

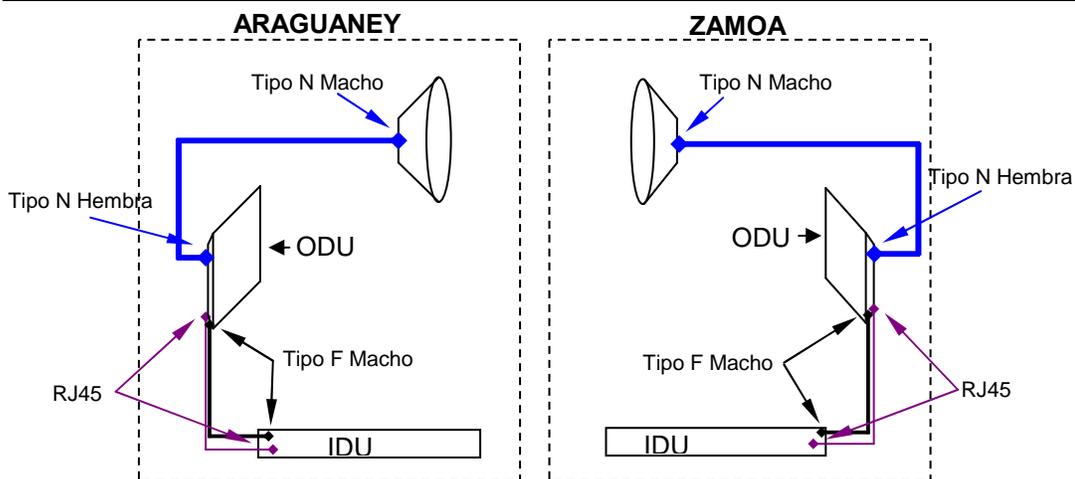
El documento también muestra de manera detallada las condiciones actuales y las condiciones propuestas, tales como, recorrido del nuevo cableado para el radio enlace a instalar, todo esto a través del reporte fotográfico y los respectivos planos.

También se podrá encontrar datos como cálculos del enlace que incluye entre otros cálculos, la confiabilidad del enlace, las pérdidas del sistema, etc. Seguidamente también se encontrará un listado de todos los materiales necesarios para llevar a cabo el planteamiento mostrado inicialmente en el documento.

Por último el documento posee las especificaciones técnicas, generadas por los fabricantes, de todos los elementos que se proponen para instalar.

De tal manera que el objetivo fundamental del documento es instruir al lector con todos los aspectos relacionados a la generación e instalación del radio enlace ARAGUANEY-ZAMOA.

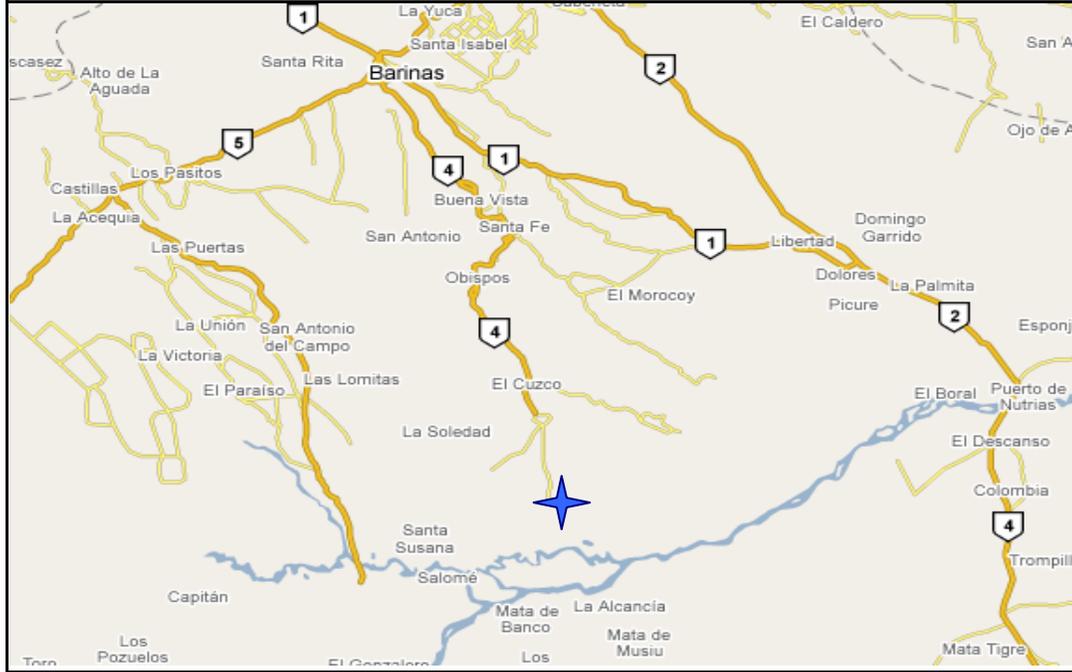
DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA ÚLTIMA MILLA



■ Cable RG-6 ■ Cable LMR400 ■ Cable Cat 5e Blind. Outdoor

DATOS GENERALES LADO ARAGUANAY			
Nombre del Sitio	ARAGUANAY		
Dirección	Municipio Pedraza		
Ciudad/Población	Sector Araguañey	Estado	Barinas
Persona Contacto	Pedro González		
Cargo	Gte de Comunicaciones	Teléfono	0416-634.12.45
Horario de acceso	8am - 5pm	Requiere autorización externa	SI
Persona que autoriza el acceso	Pedro González		
Teléfono	0416-634.12.45		
Localización de las llaves de acceso	Sede Barinas. Pedro González		
Tipo de acceso al sitio	Carretera pavimentada de fácil acceso. Vehículo 4x2		
Servicio requerido	Radio Enlace IP		
Frecuencia de Transmisión	2515 MHz. Polarización vertical.		
Frecuencia de Recepción	2617 MHz. Polarización vertical.		
Observaciones			

Mapa de ubicación de Proveedor de servicios



DESCRIPCIÓN DEL LADO ARAGUANAY							
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA							
DATUM WGS 84			DATUM PSAD56				
LAT	07°54'08.57"N	LON	69°59'24.79"W	LAT	08°10'15"N	LON	70°03'44,03"W
Elevación nivel del suelo	110 m		Altura ubicación de la antena	36 m			

CARACTERÍSTICAS DE LA TORRE				
Tipo de torre	Autosoportada		Sección	Cuadrada
Tipo de miembro	Angular		Altura	54 m
Existen soportes disponibles en torre	NO			

UBICACIÓN DE LA ANTENA			
Arista	Altura	Inclinación	Azimut
A	36 m	0°	90,93°

CARACTERÍSTICAS DE LA ANTENA A INSTALAR							
Marca	ANDREW		Modelo	KP8F-25			
Ganancia	33,6 dBi	XPD	30 dB	F/B	37 dB	VSWR	1,08
Diametro	2,4 m		Peso	202,8 Kg			

CARACTERÍSTICAS DEL RADIO A INSTALAR				
Marca	Aperto		Modelo	PW600
Configuración	1 + 0		Tensión de alimentación	110 VAC
Potencia de Transmisión	23 dBm		Umbral de recepción	- 82 dBm

CABLES A INSTALAR		
RF	Alimentación de equipos	Puesta a tierra
RG-6/LMR400/UTP 5e	Cable AWG #14	AWG # 6 (verde)

REPORTE FOTOGRÁFICO LADO PROVEEDOR DE SERVICIOS

EXTERIORES DEL SITIO



En la derecha se observa que el acceso al sitio es por carretera pavimentada.

LÍNEA DE VISTA



La fotos anteriores muestran la línea de vista sin obstáculos considerables en el azimuth del lado B. La fotografía de la derecha se muestra un poco borrosa debido a las propiedades del zoom de la cámara.

LUGAR DE COLOCACIÓN DE LA ANTENA



La antena será colocada en la arista A señalada por las flechas en las imágenes, a una altura de 36 metros.

RECORRIDO DEL CABLE



Los cables bajaran de la torre por la cara entre las aristas a y b. Para entrar al shelter se internarán el ducto dispuesto. La puesta a tierra de la ODU se llevará a cabo en la barra de tierra en la entrada del shelter, ya que la torre no posee barra.



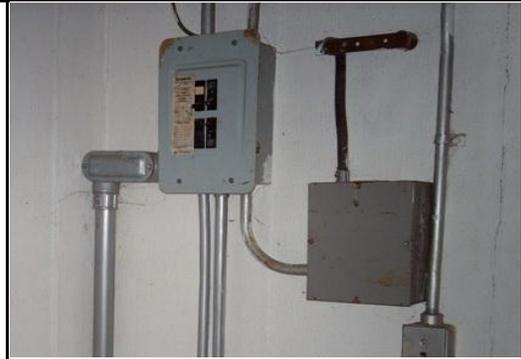
Dentro del cuarto de equipos el recorrido se realizará en la escalerilla disponible. Bajarán al equipo por la parte trasera del rack.

UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS



En la fotografía se observa el rack disponible para la instalación. El rack es de 19". El rack se encuentra conectado al sistema de puesta a tierra.

PANEL DE BREAKERS



En la fotografía de la derecha se ven los breakers correspondientes a -48VDC*. En la foto de la izquierda se observa un panel de breakers de corriente alterna.

*Mayor información en el RESUMEN DE INSTALACIÓN.

RECORRIDO DEL CABLEADO DE ENERGÍA



La flecha en la foto de la izquierda muestra el toma corriente a ser utilizado por la IDU. La IDU también podría ser conectada a un inversor conectado a un banco de baterías.*

*Más información en RESUMEN DE INSTALACIÓN.

PUESTA A TIERRA Y AIRE ACONDICIONADO



En la fotografía de la izquierda se observa la MGB presente en el shelter. El shelter posee sistema de refrigeración.

RESUMEN DE INSTALACIÓN

1.- Los cables a utilizar en la instalación del equipo son: RG-6 (75ohm) y UTP cat5e Blindado. Para la puesta a tierra de los equipos outdoor se utilizará AWG #6 con chaqueta verde.

2.- La antena y la ODU serán instaladas en la altura indicada en un soporte de 2" de diámetro y 1,5 metros de longitud. Serán interconectados a través de un cable LMR400 con conector N Hembra del lado de la ODU y conector N macho del lado de la antena.

3.- Para instalar los cables Coaxial y UTP Blindado se requerirá de grapas de agarre de 3/8" y 1 hanger kit de 1/4" por cada grapa. De esta manera siempre mantendremos los cables unidos. Las grapas y hanger serán instaladas cada 1 metro, para así mantener lo más recta posible la trayectoria de los cables.

4.- Los cables serán sujetos a cada de peldaño de las escalerillas internas con Tie Wraps de 14" (Mediano). Del mismo modo los cables deben ser instalados del lado derecho de la escalerilla como muestran las fotos.

5.- El cable de tierra de la ODU será conectado a la barra ubicada en la entrada del shelter, ya que la torre no posee barra de tierra.

6.- El shelter no posee panel de breakers de -48 VDC como se pudo observar en la imagen correspondiente. Se recomienda la instalación de un PDB.

7.- La unidad Indoor puede ser conectada directamente a un toma corriente de 110V. Sin embargo si se quiere una mayor protección de la unidad, esta debe ser conectada a un inversor que a su vez se conectará a un banco de baterías. En la última opción se haría necesario la compra de un inversor y de un banco de baterías, ya que para el momento de la inspección el shelter no poseía ninguno de ellos, a pesar de poseer un cuarto disponible para la instalación de los mismos.

8.- El cable de alimentación a utilizar es un cable TSJ-N 3x14, el cual contiene en su interior, el cable de fase, el neutro y la tierra.

9.- El cable bajará por la pared a través de una tubería Conduit de 1/2", sostenida a la pared por 2 abrazaderas de 1/2" de doble oreja y tornillos con ramplug de 3/8" x 1 1/2".

10.- En la tubería deben pintarse franjas transversales de color rojo, indicando que la tubería contiene cableado de energía.

11.- Todos los equipos y cables relacionados deben ser identificados con las etiquetas dispuestas para el caso. En las etiquetas debeser colocado el nombre del enlace involucrado y el nombre del cliente. A continuación se muestra un ejemplo de etiqueta.

Enlace Araguaney - Zamoá
"Nombre del Cliente"

12.- Por último se recomienda la instalación de barras de tierra en la torre.

DATOS GENERALES LADO ZAMOA			
Nombre del Sitio	ZAMOA		
Dirección	Municipio Pedraza		
Ciudad/Población	Sector Zamoa	Estado	Barinas
Persona Contacto	Pedro González		
Cargo	Gte de Comunicaciones	Teléfono	0416-634.12.45
Horario de acceso	8am - 5pm	Requiere autorización externa	SI
Persona que autoriza el acceso	Pedro González		
Teléfono	0416-634.12.45		
Localización de las llaves de acceso	Sede Barinas. Pedro González		
Tipo de acceso al sitio	Carretera pavimentada de fácil acceso. Vehículo 4x2		
Servicio requerido	Radio Enlace IP		
Frecuencia de Transmisión	2617 MHz. Polarización vertical.		
Frecuencia de Recepción	2515 MHz. Polarización vertical.		
Observaciones			
Mapa de ubicación de Cliente			

DESCRIPCIÓN DEL LADO ZAMOA					
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA					
DATUM WGS 84			DATUM PSAD56		
LAT	08°10'15"N	LON	70°03'44,03"W	LAT	08°10'26,57"N LON 70°03'36,87"W
Elevación nivel del suelo	118 m	Altura ubicación de la antena	26 m		

CARACTERÍSTICAS DE LA TORRE			
Tipo de torre	Autosoportada	Sección	Triangular
Tipo de miembro	Angular	Altura	60 m
Existen soportes disponibles en torre	NO		

UBICACIÓN DE LA ANTENA			
Arista	Altura	Inclinación	Azimuth
A	26 m	0°	345°

CARACTERÍSTICAS DE LA ANTENA A INSTALAR					
Marca	ANDREW		Modelo	KP8F-25	
Ganancia	33,6 dBi	XPD	30 dB	F/B	37 dB VSWR 1,08
Diametro	2,4 m		Peso	202,8 Kg	

CARACTERÍSTICAS DEL RADIO A INSTALAR				
Marca	Aperto		Modelo	PW600
Configuración	1 + 0		Tensión de alimentación	110 VAC
Potencia de Transmisión	23 dBm		Umbral de recepción	- 82 dBm

CABLES A INSTALAR		
RF	Alimentación de equipos	Puesta a tierra
RG-6/LMR400/UTP 5e	Cable AWG #14	AWG # 6 (verde)

REPORTE FOTOGRÁFICO LADO CLIENTE

EXTERIORES DEL SITIO



Como se logra ver en las fotografías el sitio se encuentra resguardo por una cerca. El sitio es de fácil acceso llegando hasta el sitio una carretera pavimentada.

LÍNEA DE VISTA



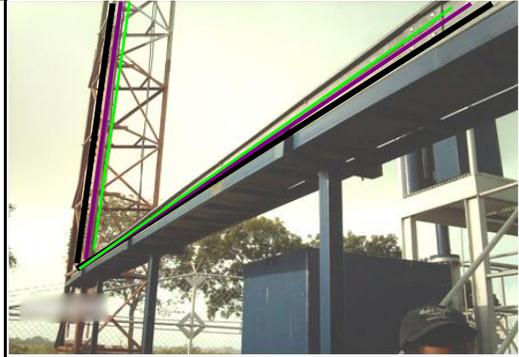
Se puede observar la línea de vista en el azimuth del lado A. La foto de la derecha no muestra mayor detalle debido a las propiedades del zoom de la cámara, sin embargo puede observarse que no existen obstrucciones.

LUGAR DE COLOCACIÓN DE LA ANTENA



La antena será colocada en la arista A, la cual es señalada con las flechas. La altura de la antena será de 26 metros.

RECORRIDO DEL CABLE

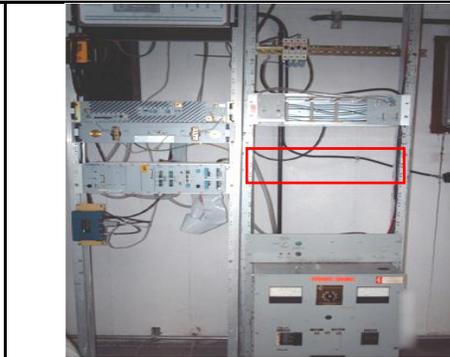


Los cables bajarán de la torre por un espacio dispuesto para ello en la arista A. Cada arista de la torre posee ángulos para instalar soportes de los cables.



Los cables serán canalizados a través del ducto para la entrada al shelter. Bajarán por la parte trasera del rack.

UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS



La IDU será instalada en el rack de la derecha, en el lugar que se encuentra encerrado por el recuadro rojo.

PANEL DE BREAKERS



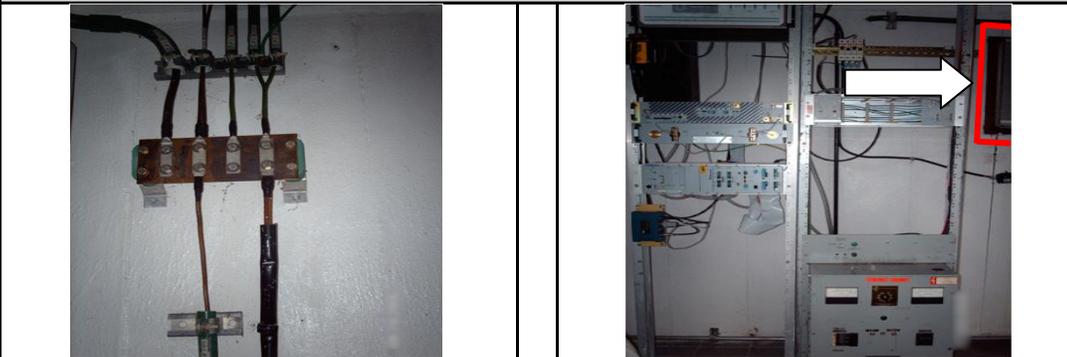
En la fotografía de la derecha se observa un panel de breakers AC y en la de la derecha breakers correspondientes a +24VDC instalados en el rack de la derecha. Ninguno de estos breakers serán utilizados para la instalación.

RECORRIDO DEL CABLEADO DE ENERGÍA



El recorrido del cable de energía se llevará a cabo por las escalerillas existentes hasta el cuarto adyacente, por medio de tubería Conduit, donde se encuentra el UPS. La información será ampliada en la sección RESUMEN DE INSTALACIÓN.

BARRA DE TIERRA Y AIRE ACONDICIONADO



El shelter cuenta con una MGB y una barra en la entrada del shelter. En la fotografía de la derecha, encerrado en el recuadro rojo, se encuentra el sistema de ventilación en funcionamiento pero un poco defectuoso.

RESUMEN DE INSTALACIÓN

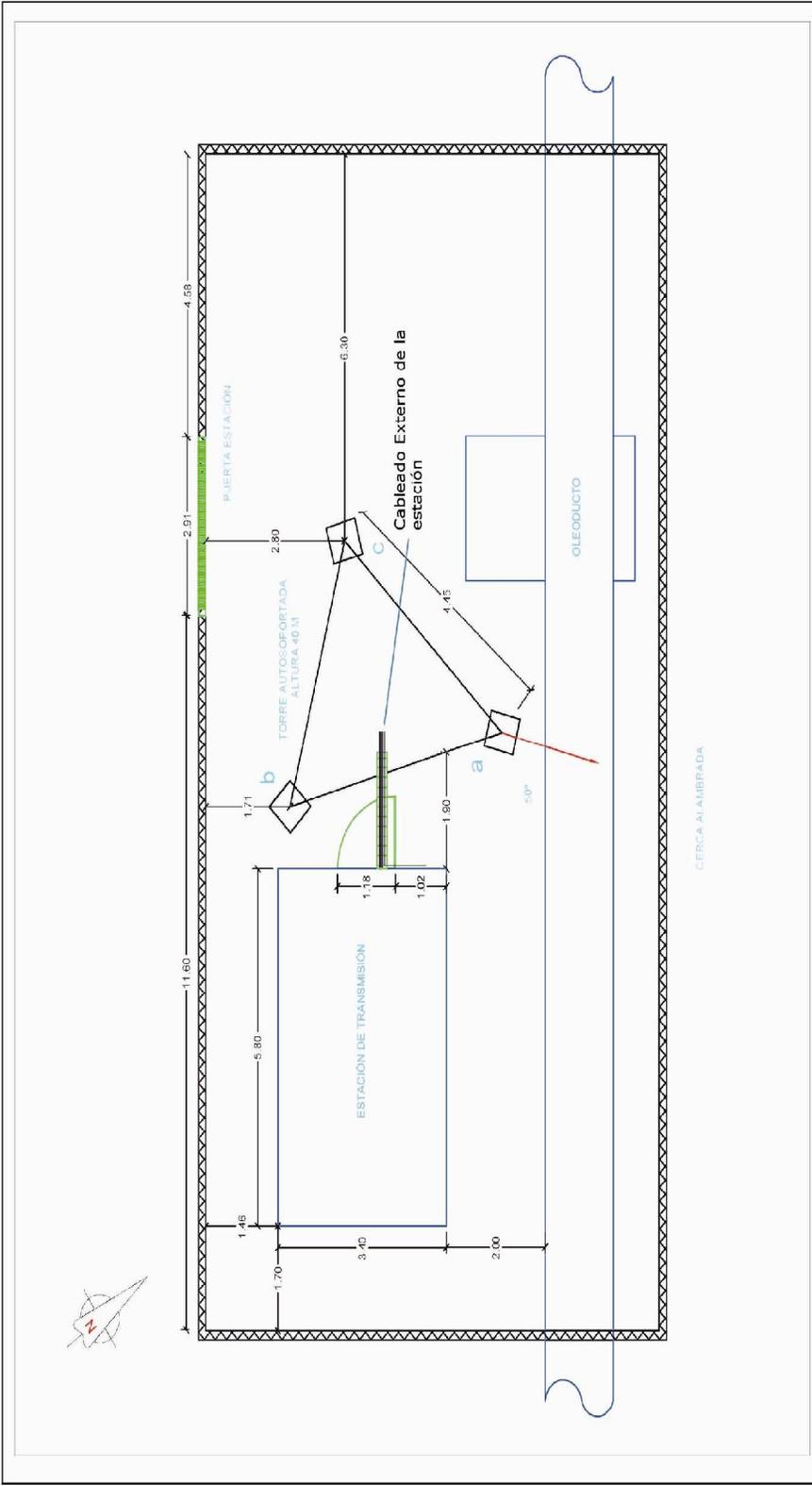
- 1.- Los cables a utilizar en la instalación de la ODU y la IDU son RG-6 (75 ohm), UTP cat 5e blindado y AWG #6.
- 2.- La antena y la ODU serán instaladas sobre un soporte de 2" de diámetro y 1,5 metros, hecho de acero galvanizado en caliente e instalado en la altura indicada para la antena. Serán interconectados a través de un cable LMR400 con conector N Hembra del lado de la ODU y conector N macho del lado de la antena.
- 3.- Para instalar los cables Coaxial y UTP Blindado se requerirá de grapas de agarre de 3/8" y 1 hanger kit de 1/4" por cada grapa. De esta manera siempre mantendremos los cables unidos. Las grapas y hanger serán instaladas cada 1 metro, para así mantener lo más recta posible la trayectoria de los cables.
- 4.- En las escalerillas los cables serán sujetados a cada peldaño con TieWraps de 14" (mediano). Los cables se instalarán del lado derecho de la escalerilla tal como muestran las fotos.
- 5.- La puesta a tierra de la ODU se realizará en la barra que se encuentra en la entrada del shelter, ya que la torre no posee barras de tierra.
- 6.- Se recomienda que se instale el debido PDB para el caso de -48VDC y una fusiblera en cada rack.
- 7.- El cable de alimentación a utilizar es un cable TSJ-N 3x14, el cual contiene en su interior, el cable de fase, el neutro y la tierra.
- 8.- La alimentación del equipo se llevará a cabo a través del UPS ubicado en el cuarto detrás del cuarto de equipos. En todo caso se requeriría de tubería CONDUIT de 1/2" pulgada para la canalización del cable, 1 caja de paso para bajar hasta el UPS. La tubería sería sujeta a la pared con abrazaderas de 1/2" de 2 orejas y ramplug de 3/8" x 1 1/2". Se debe pintar la tubería con frangas verticales rojas, lo que indica que la tubería contiene cable de energía. Encontrará más detalles en los planos de la estación.
- 9.- La puesta a tierra de la IDU será por el cable de energía, ya que este contiene conexión a tierra y el UPS se encuentra conectado a tierra.
- 10.- El enchufe que se usará en el cable de alimentación es un enchufe con tierra, como ya se indicó.
- 11.- Se recomienda la sustitución o reparación del aire acondicionado existente, ya que se encuentra defectuoso.
- 12.- Se recomienda la instalación de barras de tierra en la torre.

RESUMEN DE INSTALACIÓN (Continuación)

13.- Todos los equipos y cables relacionados deben ser identificados con las etiquetas dispuestas para el caso. En las etiquetas deber ser colocado el nombre del enlace involucrado y el nombre del cliente. A continuación se muestra un ejemplo de etiqueta.

Enlace Arguaney - Zamoá
"Nombre del Cliente"

PLANOS



Todas las Unidades en metros salvo se indique lo contrario.

- Cable RF Coaxial RG-6 36m
- Cable UTP Cat 5e Blindado 36m
- Cable AWG # 6 Color Verde 38m

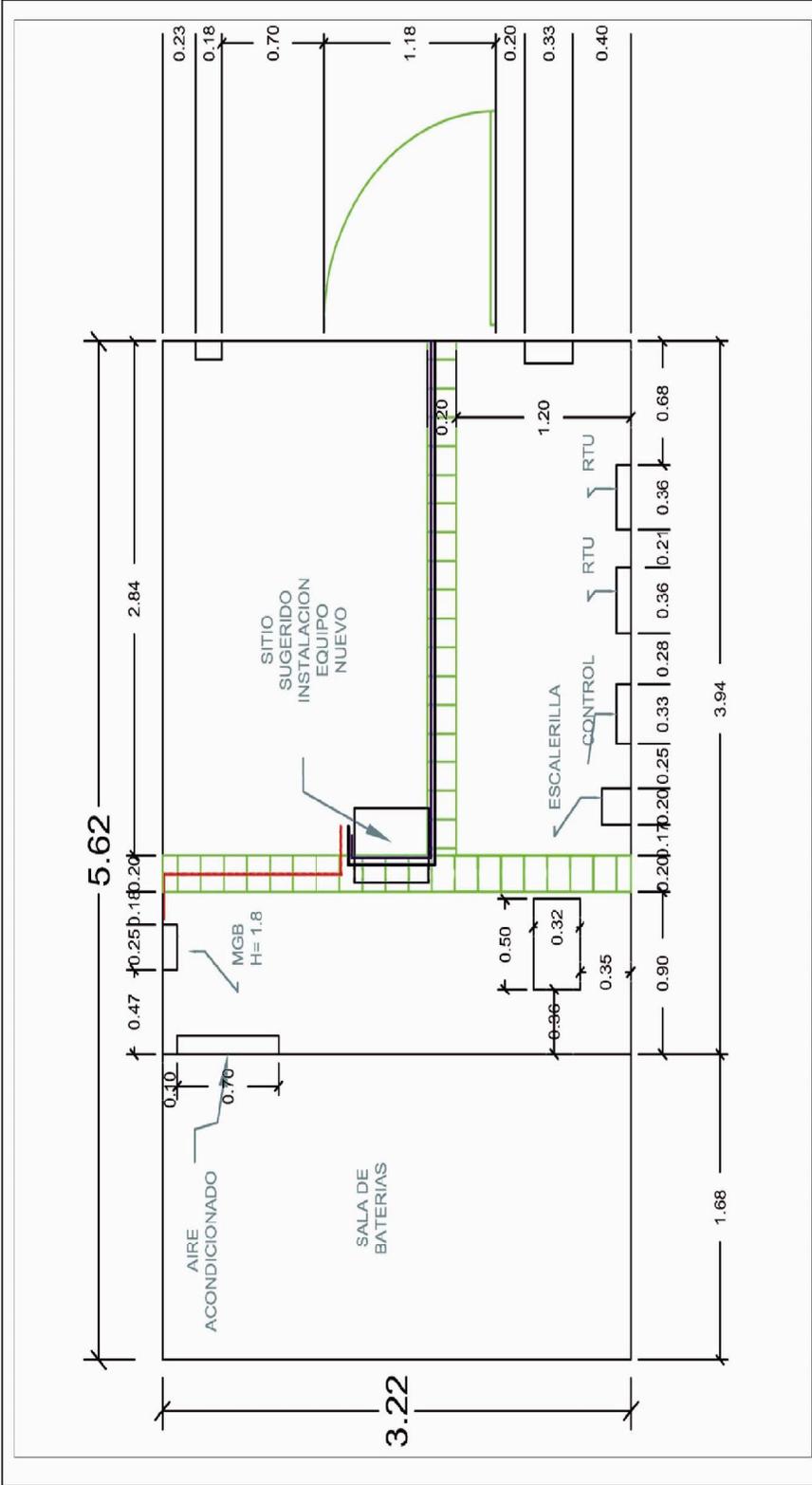


VIE soluciones en fibra óptica

Estación Araguaneý

DIAGRAMA DE PLANTA
PLANO # 1

INGENIARIO (CAD)	VIE Telecomunicaciones	DISEÑADO:	REVISADO:	APROBADO:
DI ANTO INE	ESQ. BELLAS	STI	BRUNO GIL	BRUNO GIL
ESQ. ELIOTED	11/2021			



Todas las Unidades en metros salvo se indique lo contrario.

- Cable RF Coaxial RG-6 5,5m
- Cable UTP Cat 5e Blindado 5,5m
- Cableado de energia 4 m

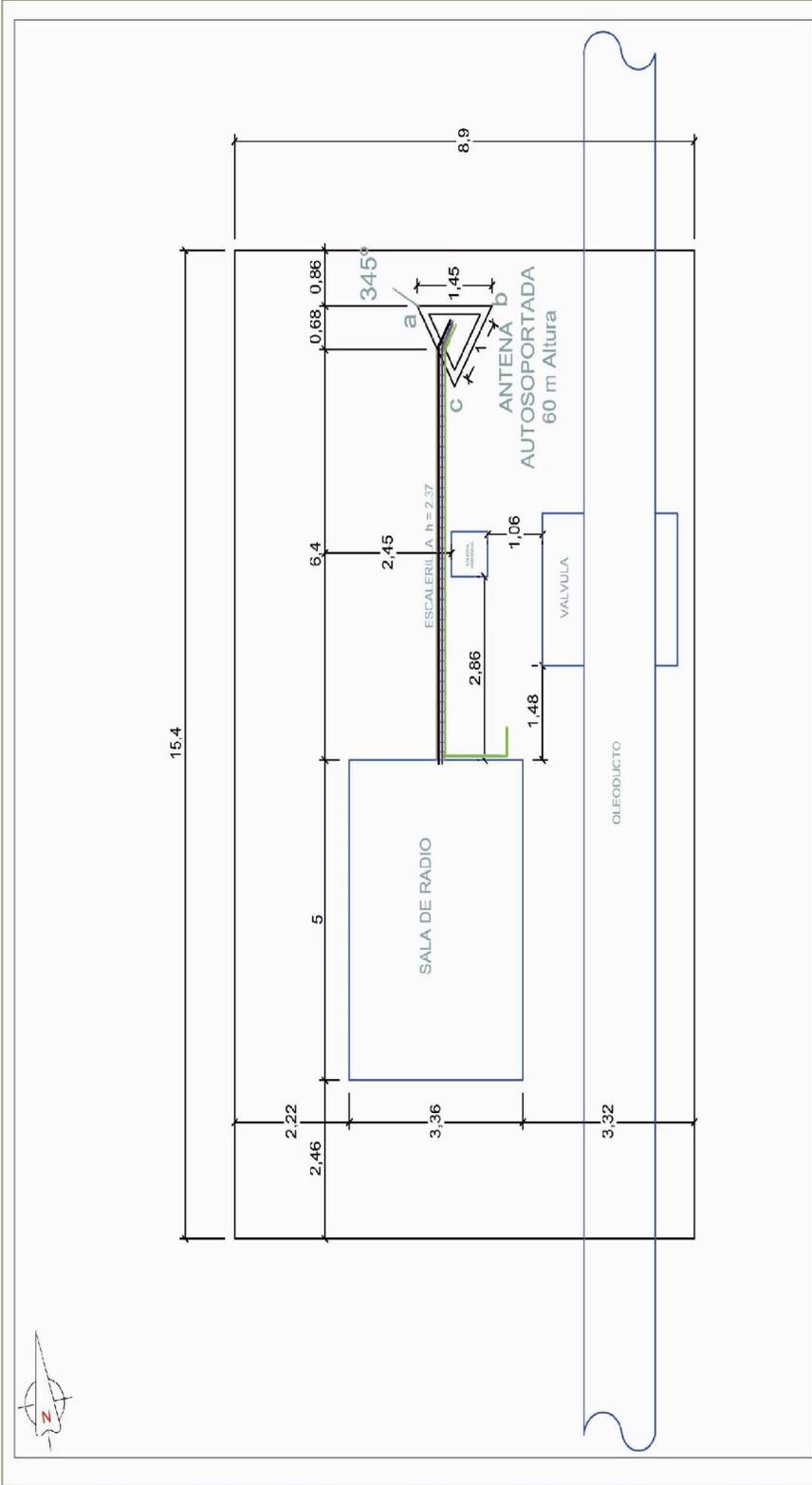


Estación Araguaneay

DIAGRAMA DE PLANTA
PLANO # 2

DISEÑADO (CAD):	AUTOR: 22
CONSEJERO:	REVISOR: 13
APROBADO:	FECHA: 1990
SECCIÓN: 01	
PÁGINA: 01	





Todas las Unidades en metros salvo se indique lo contrario.

- Cable RF Coaxial RG-6 35m
- Cable UTP Cat 5e Blindado 35m
- Cable de tierra AWG #6 37m

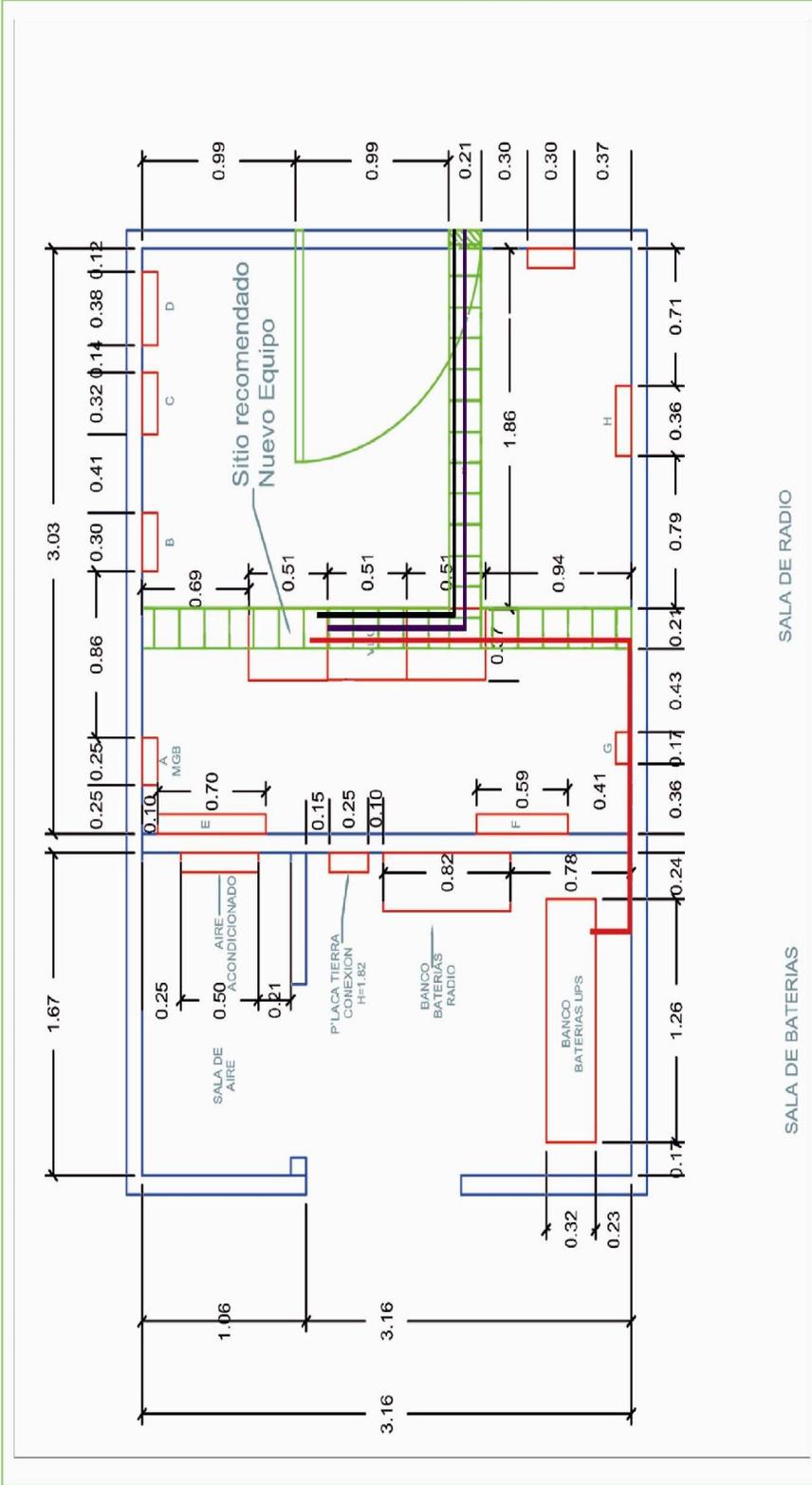
ESCALA GRÁFICA 1:100



Estación Zamora

DIAGRAMA DE PLANTA
PLANO # 1

PROYECTO (P.A.): VIE telecomunicaciones	
DISEÑADO:	
REVISADO:	
APROBADO:	
PLANO N.º:	1/2
EDICIÓN:	01
REVISIÓN:	00
ESCALA:	1:100
FECHA:	



Todas las Unidades en metros salvo se indique lo contrario.

- 5m Cable RF Coaxial RG-6
- 5m Cable UTP Cat 5e Blindado
- 4m Cable Alimentación

ESCALA GRÁFICA 1:50



SALA DE BATERIAS SALA DE RADIO

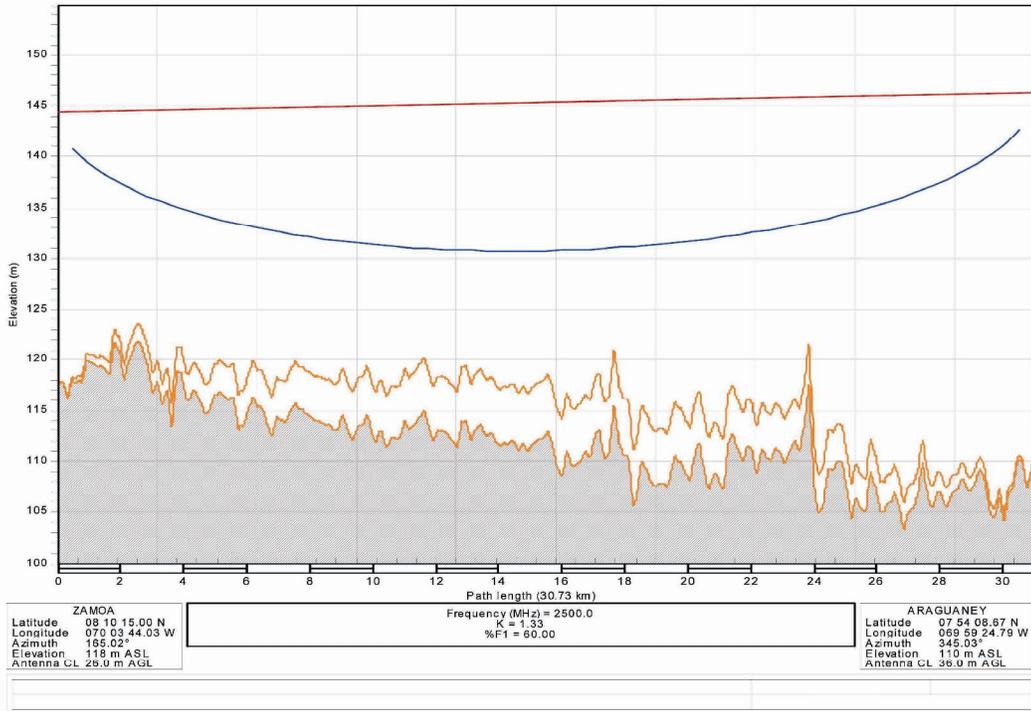
VIE *soluciones en telecomunicaciones*

Estación Zamora

DIAGRAMA DE PLANTA
PLANO # 2

PROYECTOS (CAD):	WPT-1A-0000-0000-0000
DISEÑO:	WPT-1A-0000-0000-0000
REVISADO:	
APROBADO:	
PLANO Nº:	1/2
PROYECTO:	ESTACIONES
EDICIÓN:	01
REVISIÓN:	
ESCALA:	1:50
FECHA:	

PERFILES Y CÁLCULOS



RESUMEN DE LOS CÁLCULOS

	ARAGUANAY	ZAMOA
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	2500 MHz	
DISTANCIA DEL ENLACE	30,73 Km	
POTENCIA TRANSMISIÓN	23 dBm	23 dBm
POTENCIA DE RECEPCIÓN	-39,91 dBm	-39,91 dBm
GANANCIA DE ANTENA	33,6 dBi	33,6 dBi
UMBRAL DE RECEPCIÓN	-82 dBm	-82 dBm
MARGEN DE DESVANECIMIENTO	42,09 dB	
DISPONIBILIDAD DEL ENLACE	99,9999%	

CÁLCULOS EN DETALLE

f := 2500 MHz D := 30.73 Km
Ptx := 23 dBm Potencia del Transmisor
Gantx := 33.6 dBi Ganancia de antena transmisora
Ganrx := 33.6 dBi Ganancia de antena receptora
Urx := -82 dBm Umbral de recepción
Aal := 1.77 dB Perdidas en las líneas de transmisión (ambos lados)

POTENCIA DE RECEPCIÓN

Ael := 32.4 + 20·log(f) + 20·log(D) Atenuación de espacio libre

Ael = 130.11 dB

Prx := Ptx + Gantx + Ganrx - Ael Potencia de Recepción

Prx = -39.91 dBm

MARGEN DE DESVANECIMIENTO

Md := Prx - Urx Margen de desvanecimiento

Md = 42.09 dB

CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD DEL ENLACE

a := 1 Terreno promedio algo rugoso

b := 0.5 Golfo, costa o calor similar

$$I := a \cdot b \cdot 2.5 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{f}{1000} \right) \cdot (D \cdot 0.621371)^3 \cdot 10^{\frac{-Md}{10}}$$
 * Indisponibilidad del enlace para el peor mes del año

I = 0

Disp := (1 - I) · 100 % Disponibilidad del enlace

Disp = 99.9999 %

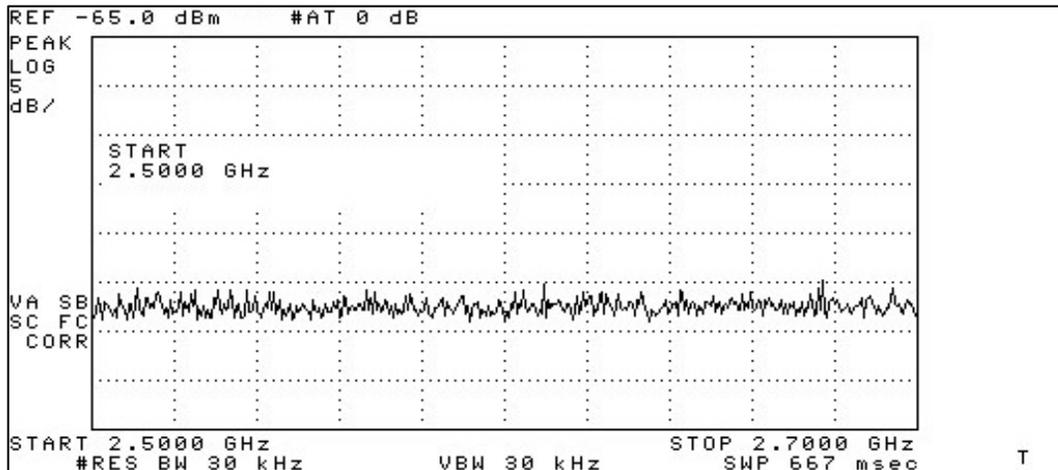
DIAGRAMA DE TRAZADO Y ANGULADO



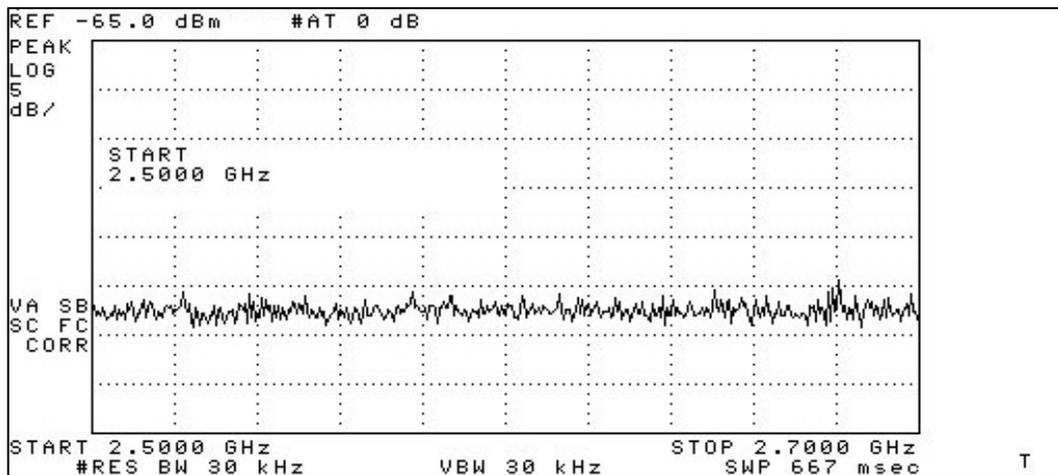
BARRIDO DE FRECUENCIAS

ZAMOA

POLARIZACIÓN VERTICAL



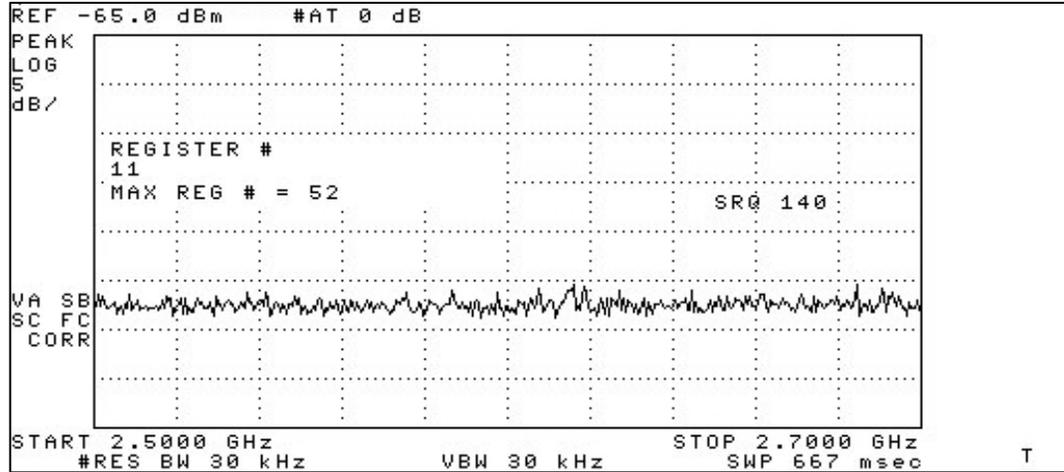
POLARIZACIÓN HORIZONTAL



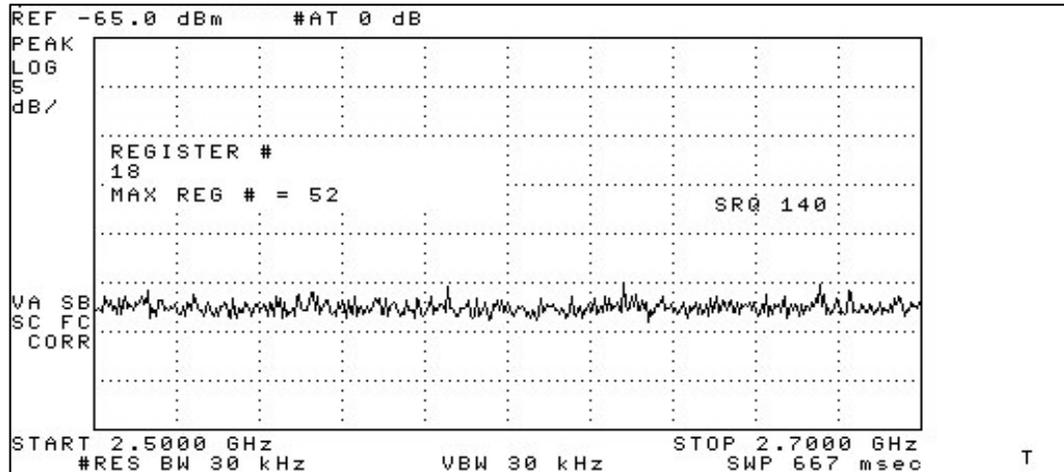
Realizando el estudio de espectrometría en la banda de 2500 a 2700 MHz correspondiente con la recomendación ITU.R-283, se puede observar claramente que tanto en la polarización horizontal como vertical se encuentran disponibles todos los canales asociados al azimuth con dirección a Araguaney. Por lo que se puede asignar cualquier canal en el plan de frecuencias, ya sea en polarización Vertical u Horizontal.

ARAGUANEY

POLARIZACIÓN VERTICAL



POLARIZACIÓN HORIZONTAL



Al igual que en el caso de Zamoá la banda correspondiente a 2500 MHz a 2700 MHz se encuentra totalmente habilitada para su uso en cualquier canal, ya sea en polarización Horizontal o en polarización Vertical. Viendo la disponibilidad de todas las frecuencias en la banda, el enlace puede ser establecido utilizando cualquiera de los canales de la banda.

SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD
CABLE COAXIAL RG-6 CommScope QR320	Metros	77
Conector F Macho Thomas & Betts SNS320QR	Unidad	4
CABLE LMR-400 Times Microwave Systems	Metros	2
Conector N Macho Times Microwave Sys. EZ-400-NF	Unidad	2
Conector N Hembra Times Microwave Sys. EZ-400-NMC-2	Unidad	2
Cable UTP Outdoor. Netkrom WAC-CAUTP200	Metros	77
Conector RJ 45 Outdoor	Unidad	4
Cable AWG #6 THW (VERDE)	Metros	75
Terminal de un ojo para cable AWG #6 (TNA6-M6)	Unidad	4
Cable TSJ-N 3x14 (Se sugiere Phelps Dodge)	Metros	8
Enchufe con tierra Fm Power T/2867	Unidad	2
Tubería CONDUIT de 1/2"	Metros	6
Caja de paso para tubería de 1/2" Condulet	Unidad	1
Abrazaderas para tubos CONDUIT 2P 1/2"	Unidad	8
Tornillos de 3/8" x 1 1/2"	Unidad	16
Ramplug de 3/8" x 1 1/2"	Unidad	16
Soporte tipo mástil de 2" con agarre angular Galvanizado	Pieza	2
Hanger Kit de 1/4" Andrew 912MCLICK	Unidad	33
Grapas para torre 3/8" Andrew 243684 Angle Adapter	Unidad	33
Teipe 3M Negro	Rollo	2
Teipe Weatherproofing 3M	Rollo	2
Pintura Roja para tubería	Galon	1/2
TieWraps de 14" TW1434 (Mediano)	Paquete	1
TieWraps de 4" (Mini)	Paquete	1
Cinta para etiquetadoras Casio XR-12-YW	Cinta	1

HERRAMIENTAS Y MATERIALES NECESARIOS

HERRAMIENTAS Y MATERIALES DE TRABAJO

Crimpeadora para conectores RF, RJ y terminales de tierra.

Juego de destornilladores punta Plana y Phillips (Estría)

Exacto o Navaja

Esmeril o segueta

Taladro con juego de mechas

Polea con mecate

Hilo Bramante

Juego de llaves

Brocha pequeña

Etiquetadora

GPS

Brújula

Binoculares

LAPTOP

Cámara digital

Cinta métrica

Extensión de cable

EQUIPOS DE SEGURIDAD PERSONAL

Casco

Botas de seguridad

Lentes

Guantes

Arnés

Cabo de vida

Escalera

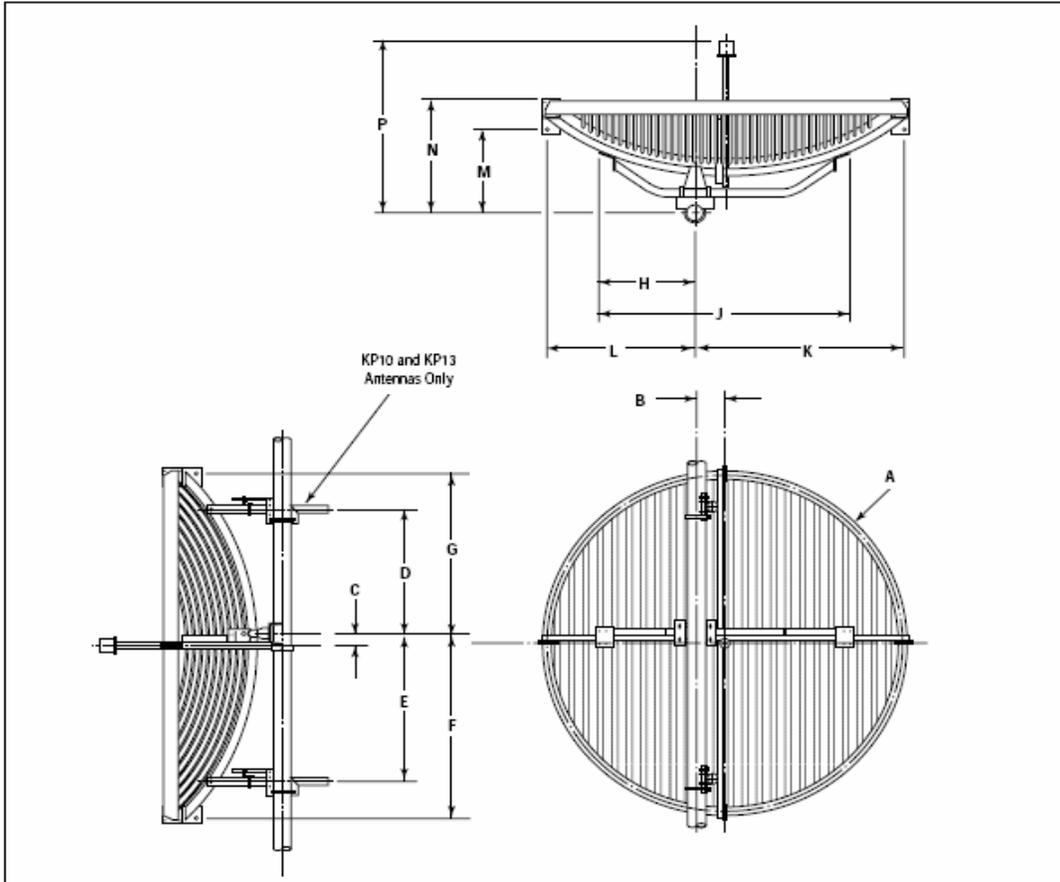
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

KP



GRIDPAK® Antennas – Unpressurized Single Polarized
Antenna Inputs: 7/8" EIA, "F" Flange Female, Type N Female, and 7-16 DIN Female

KP3F-25	3 (0.9)	3395	-	-	-	-	-	25.3	25.2	25.4	7.7 **	32	30	1.20 (20.8)
KP4F-25	4 (1.2)	3841	-	-	-	-	-	27.8	28.2	28.6	6.1	30	31	1.20 (20.8)
KP6F-25	6 (2.0)	4084	-	-	-	-	-	31.6	32.0	32.4	4.0	30	35	1.10 (26.4)
KP8F-25	8 (2.4)	4128	-	-	-	-	-	33.1	33.6	33.8	3.2	30	37	1.08 (28.3)
KP10F-25	10 (3.0)	2977	-	-	-	-	-	35.1	35.5	35.9	2.7	31	38	1.08 (28.3)
KP13F-25	13 (4.0)	2988	-	-	-	-	-	37.5	37.8	38.0	2.3	30	38	1.08 (28.3)



Dimensions in Inches (mm)

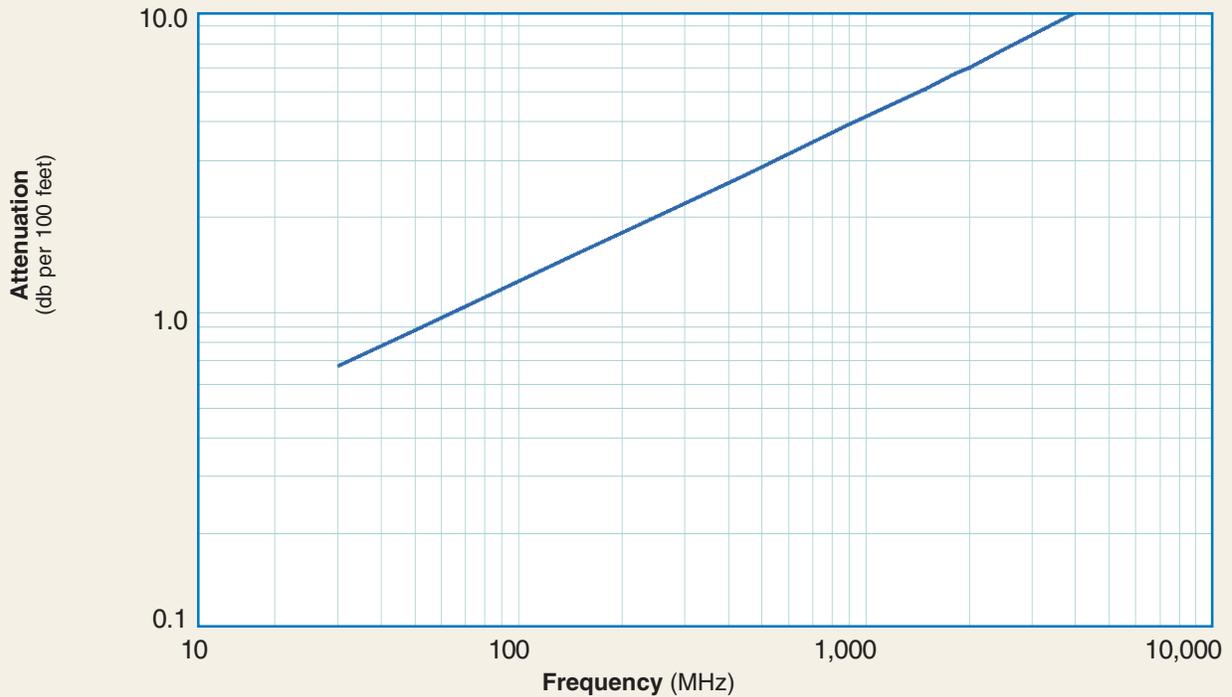
Antenna Size, ft (m)	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P
8 (2.4)	99.8 (2536)	6.9 (175)	2.7 (68)	-	40.4 (1026)	52.5 (1333)	47.1 (1197)	29.9 (760)	73.6 (1870)	56.7 (1440)	42.9 (1089)	25.6 (651)	33.0 (838)	54.8 (1392)

Mechanical Specifications			
Performance Property	Units	US	(metric)
Bend Radius: installation	in. (mm)	1.00	(25.4)
Bend Radius: repeated	in. (mm)	4.0	(101.6)
Bending Moment	ft-lb (N-m)	0.5	(0.68)
Weight	lb/ft (kg/m)	0.068	(0.10)
Tensile Strength	lb (kg)	160	(72.6)
Flat Plate Crush	lb/in. (kg/mm)	40	(0.71)

Electrical Specifications			
Performance Property	Units	US	(metric)
Cutoff Frequency	GHz		16.2
Velocity of Propagation	%		85
Dielectric Constant	NA		1.38
Time Delay	nS/ft (nS/m)	1.20	(3.92)
Impedance	ohms		50
Capacitance	pF/ft (pF/m)	23.9	(78.4)
Inductance	uH/ft (uH/m)	0.060	(0.20)
Shielding Effectiveness	dB		>90
DC Resistance			
Inner Conductor	ohms/1000ft (/km)	1.39	(4.6)
Outer Conductor	ohms/1000ft (/km)	1.65	(5.4)
Voltage Withstand	Volts DC		2500
Jacket Spark	Volts RMS		8000
Peak Power	kW		16

Environmental Specifications		
Performance Property	°F	°C
Installation Temperature Range	-40/+185	-40/+85
Storage Temperature Range	-94/+185	-70/+85
Operating Temperature Range	-40/+185	-40/+85

Attenuation vs. Frequency (typical)



Frequency (MHz)	30	50	150	220	450	900	1500	1800	2000	2500	5800
Attenuation dB/100 ft	0.7	0.9	1.5	1.9	2.7	3.9	5.1	5.7	6.0	6.8	10.8
Attenuation dB/100 m	2.2	2.9	5.0	6.1	8.9	12.8	16.8	18.6	19.6	22.2	35.5
Avg. Power kW	3.33	2.57	1.47	1.20	0.83	0.58	0.44	0.40	0.37	0.33	0.21

Calculate Attenuation = $(0.122290) \cdot \sqrt{\text{FMHz}} + (0.000260) \cdot \text{FMHz}$ (interactive calculator available at http://www.timesmicrowave.com/cable_calculators)

Attenuation:

VSWR=1.0 ; Ambient = +25°C (77°F)

Power:

VSWR=1.0; Ambient = +40°C; Inner Conductor = 100°C (212°F); Sea Level; dry air; atmospheric pressure; no solar loading

LMR[®]-400 Flexible Low Loss Communications Coax



Connectors

Interface	Description	Part Number	Stock Code	VSWR** Freq. (GHz)	Coupling Nut	Inner Contact Attach	Outer Contact Attach	Finish* Body /Pin	Length in (mm)	Width in (mm)	Weight lb (g)
7-16 DIN Female	Straight Jack	TC-400-716-FC	3190-376	<1.25:1 (2.5)	NA	Solder	Clamp	S/S	1.6 (41)	1.13 (28.7)	0.281 (127.5)
7-16 DIN Male	Straight Plug	TC-400-716-MC	3190-279	<1.25:1 (2.5)	Hex	Solder	Clamp	S/S	1.4 (36)	1.40 (35.6)	0.268 (121.6)
7-16 DIN Male	Right Angle	TC-400-716MC-RA	3190-1671	<1.25:1 (<3)	Hex	Solder	Clamp	A/S	2.4 (61.5)	1.88 (47.8)	0.35 (159)
BNC Male	Straight Plug	TC-400-BM	3190-318	<1.25:1 (2.5)	Knurl	Solder	Crimp	N/S	1.7 (43)	0.56 (14.2)	0.063 (28.6)
HN Male	Straight Plug	TC-400-HNM	3190-923	<1.25: (<1)	Knurl	Solder	Clamp	S/G	2.3 (59.2)	0.88 (22.4)	0.25 (113.4)
QDS Male	Straight Plug	TC-400-QDSM	3190-620	<1.25: (<3)	Knurl	Solder	Clamp	A/G	1.8 (46.6)	1.00 (25.4)	0.25 (113.4)
Mini-UHF	Straight Plug	TC-400-MUHF	3190-520	<1.25:1 (2.5)	Knurl	Solder	Crimp	N/G	1.1 (28)	0.50 (12.7)	0.020 (9.1)
N Female	Straight Jack	TC-400-NFC	3190-299	<1.25:1 (2.5)	NA	Solder	Clamp	N/S	1.6 (41)	0.75 (19.1)	0.119 (54.0)
	Straight Jack	EZ-400-NF	3190-956	<1.25:1 (2.5)	NA	Spring Finger	Crimp	N/G	1.8 (45)	0.66 (16.8)	0.105 (47.6)
	Bulkhead Jack	EZ-400-NF-BH	3190-518*	<1.25:1 (2.5)	NA	Spring Finger	Crimp	N/G	1.8 (46)	0.88 (22.4)	0.102 (46.3)
	Bulkhead Jack	TC-400-NFC-BH (A)	3190-872	<1.25:1 (2.5)	NA	Solder	Clamp	A/G	1.8 (46)	0.88 (22.4)	0.145 (65.8)
N Male	Straight Plug	SC-400-NM	3190-1454	<1.25:1 (2.5)	Knurl	Solder	Crimp	N/G	1.5 (38)	0.75 (19.1)	0.090 (40.8)
	Straight Plug	TC-400-NM	3190-188	<1.25:1 (2.5)	Knurl	Solder	Crimp	N/G	1.5 (38)	0.75 (19.1)	0.090 (40.8)
	Straight Plug	TC-400-NMC	3190-277	<1.25:1 (2.5)	Knurl	Solder	Clamp	N/G	1.5 (38)	0.70 (17.8)	0.121 (54.9)
	Straight Plug	EZ-400-NFC-2	3190-1907	<1.25:1 (2.5)	NA	Spring Finger	Clamp	N/G	1.5 (38)	0.89 (22.6)	0.121 (54.9)
	Straight Plug	EZ-400-NMC-2	3190-1906	<1.25:1 (2.5)	Hex/Knurl	Spring Finger	Clamp	N/G	1.5 (38)	0.75 (19.1)	0.121 (54.9)
	Straight Plug	EZ-400-NMH-D	3190-400*	<1.25:1 (10)	Hex/Knurl	Spring Finger	Crimp	A/G	1.5 (38)	0.89 (22.6)	0.103 (46.8)
	Straight Plug	TC-400-NMH-D	3190-552	<1.25:1 (10)	Hex/Knurl	Solder	Crimp	A/G	1.5 (38)	0.89 (22.6)	0.113 (51.3)
	Straight Plug	EZ-400-NMK	3190-661	<1.25:1 (10)	Knurl	Spring Finger	Crimp	S/G	1.5 (38)	0.75 (22.6)	0.113 (51.3)
	Right Angle	TC-400-NMH-RA-D	3190-2293*	<1.35:1 (6)	Hex/Knurl	Solder	Crimp	A/G	1.8 (46)	1.25 (31.8)	0.130 (59.0)
	Right Angle	TC-400-NMC-RA (A)	3190-870	<1.35:1 (2.5)	Hex	Solder	Clamp	A/G	1.8 (46)	1.25 (31.8)	0.150 (68.0)
Right Angle	EZ-400-NMH-RA	3190-761	<1.35:1 (2.5)	Hex	Spring Finger	Crimp	S/G	1.8 (46)	1.25 (31.8)	0.130 (59.0)	
Reverse Polarity	TC-400-NM-RP	3190-960	<1.25:1 (2.5)	Knurl	Solder	Crimp	N/G	1.5 (38)	0.75 (19.1)	0.090 (40.8)	
SMA Male	Straight Plug	TC-400-SM	3190-439	<1.25:1 (8)	Hex	Solder	Crimp	N/G	1.2 (29)	0.50 (12.7)	0.032 (14.5)
TNC Female	Reverse Polarity	TC-400-TF-RP	3190-1063	<1.25:1 (2.5)	NA	Solder	Crimp	N/G	1.8 (46)	0.55 (14.0)	0.074 (33.6)
	Reverse Polarity	EZ-400-TF-RP	3190-795	<1.25:1 (2.5)	NA	Spring Finger	Crimp	A/G	1.8 (46)	0.55 (14.0)	0.074 (33.6)
TNC Male	Straight Plug	TC-400-TM	3190-260	<1.25:1 (2.5)	Knurl	Solder	Crimp	N/S	1.7 (43)	0.59 (15.0)	0.074 (33.6)
	Straight Plug	EZ-400-TM	3190-650	<1.25:1 (2.5)	Knurl	Spring Finger	Crimp	N/S	1.7 (43)	0.59 (15.0)	0.074 (33.6)
	Right Angle	TC-400-TM-RA	3190-442*	<1.35:1 (2.5)	Knurl	Solder	Crimp	N/G	1.7 (43)	0.59 (15.0)	0.085 (38.6)
	Reverse Polarity	TC-400-TM-RP	3190-1062	<1.25:1 (2.5)	Knurl	Solder	Crimp	N/G	1.7 (43)	0.59 (15.0)	0.074 (33.6)
	Reverse Polarity	EZ-400-TM-RP	3190-794	<1.25:1 (2.5)	Knurl	Spring Finger	Crimp	A/G	1.7 (43)	0.59 (15.0)	0.074 (33.6)
UHF Male	Straight Plug	EZ-400-UM	3190-997	<1.25:1 (2.5)	Knurl	Spring Finger	Crimp	N/G	1.9 (48)	0.80 (20.3)	0.090 (40.8)

* Finish metals: N=Nickel, S=Silver, G=Gold, SS=Stainless Steel, A=Alloy **VSWR spec based on 3 foot cable with a connector pair *Available in bulk pack

SNAP-N-SEAL® “F” CONNECTOR FOR COMMScope QR® 320



Thomas & Betts Snap-N-Seal® QR320 connector is designed for SDU/MDU applications and can be installed on either flooded or non-flooded QR 320 cables. This connector features a non-metallic post, which reduces craft sensitivity of the cable to connector interface.

- Featuring Snap-N-Seal® technology for consistent, reliable connections
- Integral precision Auto Seize® technology enables good contact with the center conductor
- True 360° compression onto cable ensures superior environmental seal
- Cable preparation requires the use of cable coring tools (7/16" center conductor exposure, 3/8" aluminum sheath exposure, 9/16" core)
- Easy and quick to install with standard compression tools used for Snap-N-Seal 7 & 11 Series product families
- Quad sealed system prevents moisture migration

PHYSICAL PROPERTIES

- Body: Brass
- Body Finish: Nickel-Tin
- Terminal Contact: Brass with Tin Plate

ELECTRICAL PROPERTIES

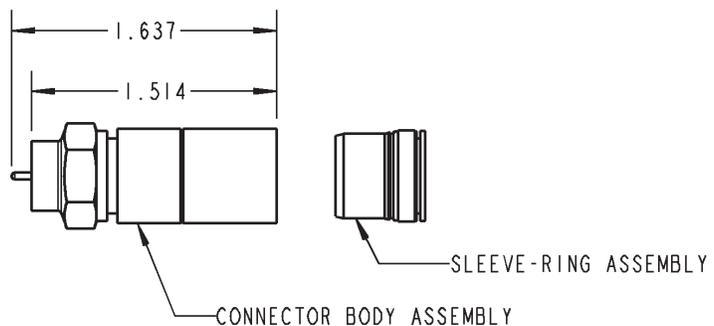
- Insulation Resistance: >5000 mega-ohms @ 100 VDC
- Dielectric Strength: Complies to Bellcore GR-2846-Core, Generic Requirements for Coaxial Distribution Connectors (1Kv RMS for 1 minute)
- Return Loss: -30dB Typical
- Insertion Loss: -.3 dB Typical
- RFI Shielding: -92dB Typical

MECHANICAL PROPERTIES

- Cable Retention: >100 LBS

ENVIRONMENTAL PROPERTIES

- Temperature Rating: -40° F (-40° C) to 140° F (60° C)
- Salt Fog: Passes 1000 hours ASTM B 117
- Moisture Migration: Passes ANSI/SCTE 60 2004



ORDERING INFORMATION

CATALOG NUMBER	DESCRIPTION	TOOLS†	INNER PACK	OUTER PACK
“F” CONNECTOR FOR COMMScope QR® 320				
SNS320QR	Snap-N-Seal® for CommScope QR® 320 Flooded and Non Flooded Cable	1 + 2	36	288

†Tool: 1 = CSTSNS320 2 = L3011B

QR is a registered trademark of CommScope Inc.

Please ask your Thomas & Betts representative for a complete catalog of quality Thomas & Betts products or visit us at www.tnb.com. For customer service, call **1-800-685-9452**. For technical questions, call **1-888-862-3289**.

© 2007 Thomas & Betts Corporation. All rights reserved.

DATA SHEET # CDS-SNS320QR

Thomas & Betts Corporation
Communications Products Group
Tel: 800-920-0328 • 901-252-5000
Fax: 800-283-6756 • 901-252-1380

PacketWave 600 Series Wireless Bridge Specifications

Interfaces

10/100 Ethernet: RJ-45 connector

IF Port: F connector

Cable length: up to 164 feet (50 meters); up to 328 feet (100 meters) with high-quality cable

Radio Control Port: RJ-45 connector

Cable length up to 328 feet (100 meters)

BNC Synchronization Port: up to 64 units

Radio Frequency

Data Rates: 20 Mbps per 6 MHz radio channel, 12 Mbps net throughput

Modulation: QPSK, 16 QAM

Duplexing: TDD

Receive Sensitivity: -82 dBm (16 QAM), -88 dBm (QPSK)

Automatic Frequency Selection

Frequency Band	Max TX Power*	Channel Sizes
2.5-2.686 GHz	23 dBm	2, 3, 4, 5, 6 MHz
3.3-3.4 or 3.4-3.7 GHz	20 dBm	ETSI: 1.75, 3.5, 7 MHz; Others: 2, 3, 4, 5, 6 MHz
5.250-5.350 or 5.725-5.925 GHz	20 dBm	2, 3, 4, 5, 6 MHz

*Depends on country regulatory requirements

Antennas

Antenna	Gain (dBi)	16QAM Range* Miles, (km)	QPSK Range* Miles, (km)	Beamwidth Az and El	Size	Mounting Pipe Diameter inches (cm)	Windloading 125 mph (200 km/hr) Front/Side lbs. (kg)
PPA2500-24	24.3	31.2 (50.2)	42.1 (67.8)	9.5°, 9.5°	3 ft.(90 cm) dish	2.0-4.5 (5.1-11.4)	492/40 (223/18)
PPA3300-24	24.2	24.1 (38.8)	32.6 (52.4)	10°, 10°	2 ft.(60 cm) dish	2.0-4.5 (5.1-11.4)	222/14 (100/6.4)
PPA3500-24	24.2	24.1 (38.8)	32.6 (52.4)	10°, 10°	2 ft.(60 cm) dish	2.0-4.5 (5.1-11.4)	222/14 (100/6.4)
PPA5300-28	29.0	26.6 (42.8)	35.5 (57.7)	9°, 9°	2 ft.(60 cm) dish	2.0-4.5 (5.1-11.4)	222/14 (100/6.4)
PPA5800-23	23.0	15.3 (24.6)	20.6 (33.2)	9°, 9°	1 ft.(30.5 cm) square	1.75-3 (4.45-7.62)	103/13.2 (47/6)
PPA5800-29	29.0	26.6 (42.8)	35.5 (57.7)	9°, 9°	2 ft.(60 cm) dish	2.0-4.5 (5.1-11.4)	222/14 (100/6.4)

*Line-of-sight depends on regulatory power limits. Other antenna options are available.

Networking and Management

Bridge Architecture

SNMP; Web-Based Graphical Interface

Downloadable Code Updates and Configuration Changes

Java-Based Installation Manager and Antenna Pointing Tool

PacketWave 600 Series Wireless Bridge Specifications (cont.)

Indoor Unit (IDU)

Temperature Range: 0° to 40° C
 Humidity: 10%–90% noncondensing
 Power Requirements: 100-240 VAC; 47-63 Hz; 30 watts

Outdoor Unit (ODU)

Temperature Range: -35° to 60° C
 Humidity: 10%–90% noncondensing
 Mounting: 1.5 inches (3.8 cm) or 2.0 inches (5.1 cm) pole diameter
 Wind Speed: 75 mph operation (120 km/hr); 125 mph survival (200 km/hr)

Unit	Size WxHxD inches (cm)	Weight lbs. (kg)	Certifications
2.5 GHz Radio	13.4 x 13.4 x 1.9 (33 x 33 x 4.8)	7.5 (3.4)	FCC Part 21
3.3 or 3.5 GHz Radio	11.8 x 11.8 x 1.9 (30 x 30 x 4.8)	7.0 (3.2)	EN 301 753, EN 301 021
5.3 or 5.8 GHz Radio	8.1 x 8.1 x 1.9 (20.5 x 20.5 x 2.8)	4.4 (2.0)	FCC 15.247
IDU	1.5 x 6.6 x 9.1 (3.8 x 16.8 x 23.1)	2.2 (1.0)	FCC Class B, CE, EN

Ordering Information

PacketWave 600 Bridge Pair

PacketWave 2.5 GHz

PW600S-25-01 2.5 GHz radios with N connectors, sync port
 PW601S-25-01 2.5 GHz radios with 24.3 dBi antennas, sync port

PacketWave 3.3 GHz

PW600S-33-01 3.3 GHz radios with N connectors, sync port
 PW601S-33-01 3.3 GHz radios with 24.2 dBi antennas, sync port

PacketWave 3.5 GHz

PW600S-35-01 3.5 GHz radios with N connectors, sync port
 PW601S-35-01 3.5 GHz radios with 24.2 dBi antennas, sync port

PacketWave 5.3 GHz

PW600S-53-01 5.3 GHz radios with N connectors, sync port
 PW601S-53-01 5.3 GHz radios with 23 dBi antennas, sync port
 PW602S-53-01 5.3 GHz radios with 29 dBi antennas, sync port

PacketWave 5.8 GHz

PW600S-58-01 5.8 GHz radios with N connectors, sync port
 PW601S-58-01 5.8 GHz radios with 23 dBi antennas, sync port
 PW602S-58-01 5.8 GHz radios with 29 dBi antennas, sync port

1637 South Main Street • Milpitas, CA 95035
 Phone 408.719.9977 • Fax 408.719.9970 • www.apertonet.com

Aperto, OptimaLink, and PacketWave, are registered trademarks of Aperto Networks.
 All other trademarks are the property of their respective owners.

QR[®] 320 J

75 Ohm Coaxial Cable

Trunk & Distribution

1100 CommScope Place
 Hickory, NC 28603
 (800) 982-1708
 (828) 324-2200
 Fax: (828) 324-3400
 Int'l Fax: (828) 323-4989
www.commscope.com
 CommScope Properties, LLC
 All Rights Reserved



PRODUCT DESCRIPTION: (AERIAL CONSTRUCTION)
 QUANTUM REACH[®] PATENTED, SOLID COPPER
 CENTER CONDUCTOR, RF WELDED, FULLY BONDED SHIELD,
 PE JACKET

CENTER CONDUCTOR:
 SOLID COPPER
 NOMINAL DIAMETER: 0.071" (1.80 mm)

DIELECTRIC:
 MICRO-CELLULAR FOAM PE
 NOMINAL DIAMETER 0.294" (7.47 mm)

SHIELD:
 RF WELDED, SOLID ALUMINUM TUBE
 NOMINAL OUTER CONDUCTOR THICKNESS: 0.013" (0.34 mm)

JACKET:
 NOMINAL JACKET DIAMETER: 0.395" (10.03 mm)
 NOMINAL JACKET THICKNESS: 0.0375 (0.89 mm)

MECHANICAL CHARACTERISTICS:
 MINIMUM BEND RADIUS: 2.0" (50.8 mm)
 MAXIMUM PULLING TENSION = 120 lbs. (54.5 kg)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS:

CAPACITANCE: 15.3 +/- 1.0 pf/ft. (50 +/-3.0 nf/km)
IMPEDANCE: 75 +/- 3 Ohms
VELOCITY OF PROPAGATION: 87% NOMINAL
NOMINAL DC LOOP RESISTANCE @ 68°F: 3.11 Ohms/1000 ft. (10.21 Ohms/km)
ATTENUATION @ 68°F (20°C):



Shipping Weight (lbs./kft): 113 - (kg/km): 169

@ Frequency MHz	dB/100 ft. (MAX.)	dB/100 meters (MAX.)
5 MHz	0.24	0.79
55 MHz	0.84	2.76
83 MHz	1.07	3.51
211 MHz	1.73	5.68
250 MHz	1.86	6.10
300 MHz	2.04	6.69
350 MHz	2.25	7.38
400 MHz	2.38	7.81
450 MHz	2.52	8.27
500 MHz	2.72	8.92
550 MHz	2.85	9.35
600 MHz	2.98	9.78
750 MHz	3.34	10.96
865 MHz	3.62	11.87
1000 MHz	3.89	12.76



*Drawing not to scale.
 Specification subject to change.
 Revision: 05/14/08*

CAT5e Outdoor FTP Cable

CAT5e, FTP (Foil Twisted Pair), solid, outdoor 1000 ft spool. CAT5e cables are primarily used for networking, data transfer, and phone lines. CAT5e cables can support 10/100/1000Mbps. This cable is suitable for outdoor use and has a black outer jacket color.

Electrical Specifications	
Velocity of Propagation	68%
Capacitance @ 1 KHz	15 pF/ft
Peak Power	300 Volts RMS
Standard	TIA/EIA 568A
Cable Construction	
Center Conductor	Solid Bare Copper (BC) 24AWG 0.02 in (0.51 mm)
Insulation	High Density Polyethylene (HDPE) 0.04 in (0.93 mm)
Color	Blue/White with blue stripe Orange/White with orange stripe Green/White with green stripe Brown/White with brown stripe
Assembly	Ripcord
Sheath	CMX UL Approved PE with grease 0.21 in (5.20 mm) Jacket thickness 0.024 in (0.60 mm)
Mechanical and Environmental Specifications	
Cable Weight	34 kg/km
Operating Temperature Range	-49°F to +149°F (-45°C to +65°C)
Ordering Information	
<u>Description</u>	_____
ARC CAT5e, Outdoor, FTP, Black, 1000 ft spool	

Electrical Characteristics										
Frequency, MHz	1	4	8	10	16	20	25	31.25	62.5	100
Attenuation, dB	2.0	4.1	5.8	6.5	8.2	9.3	10.4	11.7	17	22
Structured Return Loss (SRL), dB	20	23	25.4	25	25	25	24.3	23.6	21.5	20.1
NEXT, dB	65.3	56.3	51.8	50.3	47.3	45.8	44.3	42.9	38.4	35.3
ELFEXT, dB	63.8	51.7	45.7	43.8	39.7	37.7	35.8	33.9	27.8	23.8

Specifications subject to change without notice

Product Specifications



243684

Angle Adapter, compact 3/8 in tapped hole



CHARACTERISTICS

Dimensions

Inside Length	15.88 mm		0.63 in
Inside Width	15.88 mm		0.63 in
Outside Length	46.99 mm		1.85 in
Outside Width	38.10 mm		1.50 in

General Specifications

Adapter Type	Angle adapter
Material Type	Stainless steel
Package Quantity	10

Mechanical Specifications

Installation Torque, maximum	13.0 ft lb
Installation Torque, minimum	11.0 ft lb
Material Thickness	2.972 mm 0.117 in
Maximum Loading	Double stack, 1-5/8 in cable
Mounting	3/8 in tapped hole

Packed Dimensions

Height	14.0 cm		5.5 in
Length	11.0 cm		4.3 in
Shipping Weight	0.09 kg		0.20 lb
Width	14.0 cm		5.5 in

Regulatory Compliance/Certifications

Agency	Classification
RoHS 2002/95/EC	Compliant

Product Specifications



912MCLICK

Miniature Click-on Hanger for 9–12 mm cable



CHARACTERISTICS

Dimensions

Nominal Size	1/4 in 3/8 in
Compatible Diameter, maximum	11.989 mm 0.472 in
Compatible Diameter, minimum	8.992 mm 0.354 in
Height	38.00 mm 1.50 in
Length	43.00 mm 1.69 in
Width	20.00 mm 0.79 in

Electrical Specifications

DTF Effect	0.1 dB
Return Loss Effect	0.1 dB

General Specifications

Hanger Type	Click-on hanger
Cables Per Hanger	2
Color	Black
Material Type	Engineered plastic
Maximum Stack Height	3
Package Quantity	10

Mechanical Specifications

Axial Load Capability, minimum with no cable slippage	≥5 times cable weight
Mounting	3/8 in (M10) drilled cable ladder
Operating Temperature	-40 °C to +85 °C (-40 °F to +185 °F)
UV Resistance, minimum with no degradation	≥100 hours exposure in accelerated UV life chamber
Vibration Survival	≥4 hours at resonant frequency

Packed Dimensions

Height	15.2 cm 6.0 in
Length	2.5 cm 1.0 in
Shipping Weight	0.13 kg 0.29 lb

[ANEXO 3]

EVALUACIÓN DEL MODELO DE INGENIERÍA DE DETALLE PROPUESTO

El siguiente instrumento tiene como finalidad evaluar el modelo de ingeniería de detalle propuesto. El documento está compuesto por seis preguntas que abarcan los principales aspectos del modelo. Las respuestas por medio de una escala numérica presentada a continuación:

- 1.- Insuficiente
- 2.- Regular
- 3.- Buena
- 4.- Excelente

Por favor encierre en un círculo su escogencia.

- A. ¿Cómo consideraría la información suministrada en los puntos **“DATOS GENERALES LADO PROVEEDOR”, “DATOS GENERALES LADO CLIENTE”, “DESCRIPCIÓN LADO PROVEEDOR”, “DESCRIPCIÓN LADO CLIENTE”**?

1 2 3 4

- B. ¿Cómo consideraría la información suministrada por el **REPORTE FOTOGRÁFICO**?

1 2 3 4

- C. ¿Cómo consideraría la información incluida dentro de los **PLANOS**, tales como recorrido del nuevo cable, ubicación de los equipos, ubicación de otros elementos?

1 2 3 4

D. ¿Cómo consideraría la inclusión en el documento puntos como “PERFILES Y CÁLCULOS”, “DIAGRAMA DE TRAZADO Y ANGULADO” y “BARRIDO DE FRECUENCIAS”?

1 2 3 4

E. ¿Cómo consideraría los datos y características señaladas en el punto “SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES”?

1 2 3 4

F. En general, ¿cómo consideraría el modelo de Ingeniería de Detalles propuesto?

1 2 3 4

Observaciones: El standar de las grapas y hanger
kit. para Andrew es de 1mts. pero el
standar exigido por Cantu y Movilnet para
cualquier instalación es de 1.5mts.

EVALUACIÓN DEL MODELO DE INGENIERÍA DE DETALLE PROPUESTO

El siguiente instrumento tiene como finalidad evaluar el modelo de ingeniería de detalle propuesto. El documento está compuesto por seis preguntas que abarcan los principales aspectos del modelo. Las respuestas por medio de una escala numérica presentada a continuación:

- 1.- Insuficiente
- 2.- Regular
- 3.- Buena
- 4.- Excelente

Por favor encierre en un círculo su escogencia.

- A. ¿Cómo consideraría la información suministrada en los puntos **“DATOS GENERALES LADO PROVEEDOR”, “DATOS GENERALES LADO CLIENTE”, “DESCRIPCIÓN LADO PROVEEDOR”, “DESCRIPCIÓN LADO CLIENTE”**?

1 2 3 4

- B. ¿Cómo consideraría la información suministrada por el **REPORTE FOTOGRÁFICO**?

1 2 3 4

- C. ¿Cómo consideraría la información incluida dentro de los **PLANOS**, tales como recorrido del nuevo cable, ubicación de los equipos, ubicación de otros elementos?

1 2 3 4

D. ¿Cómo consideraría la inclusión en el documento puntos como “**PERFILES Y CÁLCULOS**”, “**DIAGRAMA DE TRAZADO Y ANGULADO**” y “**BARRIDO DE FRECUENCIAS**”?

1 2 3 ④

E. ¿Cómo consideraría los datos y características señaladas en el punto “**SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES**”?

1 2 ③ 4

F. En general, ¿cómo consideraría el modelo de Ingeniería de Detalles propuesto?

1 2 3 ④

Observaciones: _____

EVALUACIÓN DEL MODELO DE INGENIERÍA DE DETALLE PROPUESTO

El siguiente instrumento tiene como finalidad evaluar el modelo de ingeniería de detalle propuesto. El documento está compuesto por seis preguntas que abarcan los principales aspectos del modelo. Las respuestas por medio de una escala numérica presentada a continuación:

- 1.- Insuficiente
- 2.- Regular
- 3.- Buena
- 4.- Excelente

Por favor encierre en un círculo su escogencia.

- A. ¿Cómo consideraría la información suministrada en los puntos **“DATOS GENERALES LADO PROVEEDOR”, “DATOS GENERALES LADO CLIENTE”, “DESCRIPCIÓN LADO PROVEEDOR”, “DESCRIPCIÓN LADO CLIENTE”**?

1 2 3 ④

- B. ¿Cómo consideraría la información suministrada por el **REPORTE FOTOGRÁFICO**?

1 2 ③ 4

- C. ¿Cómo consideraría la información incluida dentro de los **PLANOS**, tales como recorrido del nuevo cable, ubicación de los equipos, ubicación de otros elementos?

1 2 3 ④

D. ¿Cómo consideraría la inclusión en el documento puntos como “PERFILES Y CÁLCULOS”, “DIAGRAMA DE TRAZADO Y ANGULADO” y “BARRIDO DE FRECUENCIAS”?

1 2 3 ④

E. ¿Cómo consideraría los datos y características señaladas en el punto “SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES”?

1 2 3 ④

F. En general, ¿cómo consideraría el modelo de Ingeniería de Detalles propuesto?

1 2 ③ 4

Observaciones: Realizar un diagrama resumen de la instalación de las antenas que contenga:

- MARCA, diámetro y peso de las antenas.
- Altura y arista donde se instalarán las antenas.
- tipo de arista y estructura.
- MARCA y modelo de los radios.
- Configuración de los radios (1+0, 1+1)
- Energía requerida para alimentar los equipos.
- Cantidad de CABLE RF, energía y aterramiento.

Realizar diagrama de conexión de los equipos y del sistema RF donde se visualice los cables y conectores que se instalarán.

EVALUACIÓN DEL MODELO DE INGENIERÍA DE DETALLE PROPUESTO

El siguiente instrumento tiene como finalidad evaluar el modelo de ingeniería de detalle propuesto. El documento está compuesto por seis preguntas que abarcan los principales aspectos del modelo. Las respuestas por medio de una escala numérica presentada a continuación:

- 1.- Insuficiente
- 2.- Regular
- 3.- Buena
- 4.- Excelente

Por favor encierre en un círculo su escogencia.

- A. ¿Cómo consideraría la información suministrada en los puntos **“DATOS GENERALES LADO PROVEEDOR”, “DATOS GENERALES LADO CLIENTE”, “DESCRIPCIÓN LADO PROVEEDOR”, “DESCRIPCIÓN LADO CLIENTE”**?

1 2 3 4

- B. ¿Cómo consideraría la información suministrada por el **REPORTE FOTOGRÁFICO**?

1 2 3 4

- C. ¿Cómo consideraría la información incluida dentro de los **PLANOS**, tales como recorrido del nuevo cable, ubicación de los equipos, ubicación de otros elementos?

1 2 3 4

D. ¿Cómo consideraría la inclusión en el documento puntos como “PERFILES Y CÁLCULOS”, “DIAGRAMA DE TRAZADO Y ANGULADO” y “BARRIDO DE FRECUENCIAS”?

1 2 3 4

E. ¿Cómo consideraría los datos y características señaladas en el punto “SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES”?

1 2 3 4

F. En general, ¿cómo consideraría el modelo de Ingeniería de Detalles propuesto?

1 2 3 4

Observaciones:

~~_____~~
~~_____~~
~~_____~~
~~_____~~
~~_____~~