

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**“ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTRANET,
WIRELESSLAN Y SU PLATAFORMA DE SERVICIOS DE RED
PARA EL CENTRO DE APOYO TECNOLÓGICO A LA INDUSTRIA
(CATI) DEL INEN”**

JUAN CARLOS IBARRA CÁRDENAS

DAVID ALEJANDRO TRUJILLO OTÁÑEZ

QUITO – ECUADOR

2005

CERTIFICACIÓN

CERTIFICAMOS QUE EL PRESENTE PROYECTO DE GRADO FUE REALIZADO EN SU TOTALIDAD POR LOS SEÑORES JUAN CARLOS IBARRA CÁRDENAS Y DAVID ALEJANDRO TRUJILLO OTÁÑEZ, BAJO NUESTRA DIRECCIÓN.

Ing. Flavio Pineda
DIRECTOR

Ing. Rodrigo Silva
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer sinceramente a todas las personas que colaboraron con la realización del presente trabajo, de quienes encontramos la mejor predisposición para brindarnos su ayuda desinteresada, y que resultó ser de invaluable utilidad para la culminación exitosa de nuestro Proyecto de Grado:

A los Ingenieros Flavio Pineda y Rodrigo Silva, quienes nos han dirigido concediéndonos una especial prioridad y brindándonos todo su tiempo, siempre estuvieron dispuestos a recibirnos para orientarnos y ayudarnos. Para ellos, todo nuestro reconocimiento.

Al Ing. Carlos Usbeck, que impulsó el inicio del proyecto, hizo para nosotros los contactos clave y luego colaboró tan especialmente en el mismo, con toda su calidad humana.

Al Dr. Jorge Carvajal e Ing. Evelio Granizo, Secretario Académico y Planificador de la Facultad, de quienes siempre recibimos colaboración.

Al Lcdo. Francisco Jaramillo e Ing. Felipe Urresta, que, por parte del INEN, nos abrieron todas las puertas y dieron el mejor apoyo que pudimos haber encontrado ahí.

A los Ingenieros Paúl Aguirre, Andrés Zurita y Juan Carlos Villagómez, por parte de Enlace Digital; y, a los Doctores Francisco Cepeda y Danny Mena, por parte de STAT; todos ustedes aportaron con sus conocimientos, trabajo y atención; y, por sobre todo, creyeron en nosotros, al punto de respaldar con sus empresas nuestro trabajo.

Al Ing. Esteban Calderón, que tan generosamente facilitó para nosotros su laptop, la que contiene “toda la ciencia”, nos acompaña en la Defensa de nuestro trabajo y es la única en el país donde corre el espectacular software WinProp, de AWE Communications.

A Hermann Buddendick, de AWE Communications, de quien recibimos especial colaboración, atención preferencial e incluso amistad, haciéndonos olvidar las diferencias

de cultura, idioma y demás. Prácticamente no importó que él y los demás “Arquitectos” estuvieran en Alemania, y nosotros, con nuestro pequeño proyecto, aquí en Ecuador.

David y Juan Carlos.

“Agradezco primero a DIOS quien es el que me guía e ilumina en todos los pasos que doy en mi vida. Como decía en mi colegio: “Todo por amor a Dios y como Él lo quiere”.

A mis padres, porque han sido un apoyo incomparable brindándome siempre su amor, cariño, comprensión y sobre todo su confianza. Además, sus enseñanzas y valores me han permitido alcanzar metas planteadas y ahora se reflejan en esfuerzo, dedicación y trabajo.

A mi familia, quienes siempre me depositan su apoyo y confianza.

A la ESPE, en donde no solo llegué a formarme como profesional sino como una persona responsable, a mis profesores quienes nos impartieron los conocimientos, pero sobre todo la calidad humana y la amistad que nos brindaron. Un gran reconocimiento a mi Director y Codirector de tesis, Ing. Flavio Pineda e Ing. Rodrigo Silva.

A mis grandes amigos y compañeros, con los que compartimos grandiosos momentos que nos permitieron seguir adelante. En especial a mis amigos de la comunidad...

Finalmente de todo corazón agradezco a todas las personas que confían en mí, realmente MUCHAS GRACIAS...”

D.A.T.O.

“Agradezco primero a toda mi familia, madre y hermanos, sé que siempre creyeron en mí.

A mi abuelita Sara, que por la confianza en éste su nieto, se atrevió, tomó el riesgo e hizo posible el inicio de mi carrera.

A mi padre Hugo Marcelo, que por su apoyo irremplazable, le debo el haber alcanzado esta nueva meta, sobre todo en su etapa final.

A mis amigos únicos, a quienes debo tanto y estimo como hermanos, para esta ocasión especialmente a Xavier Esteban y Paúl Enrique, su colaboración y generosidad solo puede provenir de la verdadera amistad.

A Lucía Natalia y María José, saben que su parte en esto es muy especial, y sus sentimientos me dieron las fuerzas.

A ustedes, con todo corazón, GRACIAS. Y por sobre todos, gracias a tí, Señor mi Dios”.

Juan Carlos.

*El esfuerzo, la constancia y la
humildad me han llevado a
conseguir mis metas e ideales,
por eso este proyecto está
dedicado a todas las personas
que han influido en mi vida,
llegando a ser muy importantes
para mí.*

D.A.T.O.

*A Hilda Teresa, mi madre.
Al pequeño Carlos Ariel, mi hijo.*

Juan Carlos.

PRÓLOGO

El presente proyecto ha sido llevado a cabo con un propósito definido: dotar al Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, de una nueva infraestructura tecnológica de apoyo, que le permita modernizar sus procedimientos operativos de manera que la entidad mejore en eficiencia.

Se trata de un trabajo eminentemente práctico que detalla paso a paso los procesos de análisis, diseño e implantación del proyecto integral, donde en todo momento se pretende priorizar la Ingeniería desde una perspectiva de aplicación profesional, con enfoque plenamente realista.

El documento está dirigido especialmente a quienes se interesen por ejercer la profesión en Telecomunicaciones desde el campo, es decir construyendo, ensamblando, ejecutando, creando soluciones materiales y palpables. En otras palabras, principalmente lo dedicamos a quienes prefieren aplicar la teoría, antes que desarrollarla. Por supuesto, esta forma de ejercicio también crea conocimiento, porque enriquece la experiencia.

Sobre el contenido, han sido tratados temas relacionados con las redes de comunicación de datos, compuestas por medios guiados e inalámbricos. También se han abordado tópicos concernientes a plataformas de software para operación de redes, así como sistemas informáticos aplicados. Los puntos anteriores fueron integrados para converger hacia una solución global para la automatización de procedimientos operativos de la entidad beneficiaria, el INEN.

El aporte más significativo a nuestro medio ha sido la introducción de novedosas e interesantes herramientas de planificación y diseño de redes de comunicaciones inalámbricas, tanto celulares como WirelessLAN, al estilo de la más moderna Ingeniería alemana y europea. Estas herramientas permiten realizar un verdadero análisis de desempeño de tales sistemas, en base a predicciones y simulaciones de funcionamiento. Ese análisis evidencia las correcciones, cambios y mejoras que pueden aplicarse a las ideas originales, a fin de afinar la red hasta obtener un producto óptimo. Lo anterior constituye la ejecución de un auténtico método de diseño, exacto y confiable.

Todo el documento se halla ampliamente ilustrado. Se han incluido gráficos, planos, diagramas, fotografías, tablas, cuadros comparativos, etc. Por tanto, la comprensión del texto se ve ampliamente facilitada y respaldada por todo ese material didáctico.

Finalmente, la concepción de todo el trabajo ha sido, en términos generales, completa. Han sido considerados aspectos técnicos, en el diseño propiamente dicho; prácticos, con todo lo referente a la implantación y puesta en marcha de la red; y, también financieros, al momento de valorar el proyecto y viabilizarlo desde el punto de vista económico. De todos modos, de no haber considerado tales aspectos, difícilmente hubiera podido culminarse con éxito el proyecto de la Intranet del CATI. Y se lo hizo.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Centro de Apoyo Tecnológico a la Industria del INEN: Antecedentes	1
1.2 Situación Actual: Logística e Infraestructura.....	3
1.2.1 Infraestructura Física	4
1.2.1.1 Edificio de Metrología.....	6
1.2.1.2 Edificio de Química.....	7
1.2.2 Infraestructura Tecnológica.....	9
1.2.2.1 Equipos de Computación	10
1.3 Proyecto de Modernización del CATI.....	13
1.3.1 Necesidad Específica	13
1.3.2 Solución.....	15
CAPÍTULO II.....	19
PROPUESTA TÉCNICA	19
2.1 Análisis de Requerimientos	20
2.1.1 Cobertura.....	20
2.1.2 Seguridad	21
2.1.2 Movilidad.....	22
2.1.4 Escalabilidad.....	22
2.1.5 Calidad de Servicio.....	23
2.2 Diseño de la Red de Área Local (LAN).....	25
2.2.1 Topología de Red.....	26
2.2.1.1 Topologías de Redes Punto a Punto.....	26
2.2.1.2 Topologías de Redes Multipunto	29
2.2.2 Medios de Transmisión	31
2.2.3 Técnica de Control de Acceso al Medio	32
2.3 Diseño de la Red Inalámbrica (WirelessLAN)	33
2.3.1 Selección de la Norma IEEE 802.11	34
2.3.1.1 Breve Reseña Histórica de la Evolución de WI-FI	35

2.3.1.2	Operación Básica de WI-FI.....	37
2.3.1.3	Visión General del Protocolo WI-FI.....	37
2.3.2	Planificación de la WirelessLAN.....	42
2.3.2.1	El Modelo de Predicción Dominant Path	44
2.3.2.2	La Suite de Software WinProp.....	53
2.3.3	Determinación de Número y Ubicación de Access Points.....	57
2.3.3.1	Creación de la Database	59
2.3.3.2	Proyecto de WirelessLAN con 1 AP por Edificio (2 en total).....	63
2.3.3.3	Proyecto de WirelessLAN con 1 AP por Ambiente (12 en total o más).....	66
2.3.3.4	Proyecto de WirelessLAN con 1 AP por sector (8 en total)	67
2.3.3.5	Solución Óptima.....	74
2.3.4	Bases Técnicas de los Dispositivos de WirelessLAN.....	76
2.3.4.1	Access Points.....	76
2.3.4.2	Adaptadores de Red WirelessLAN.....	76
2.4	Arquitectura de la Red Ethernet	77
2.4.1	Dimensionamiento de la Intranet	77
2.4.2	Backbone de la Red LAN.....	78
2.4.3	Cableado Estructurado.....	81
2.4.4	Bases Técnicas de Equipos de Red LAN.....	84
2.4.4.1	Switches de Backbone.....	84
2.4.4.2	Tarjetas de Red (NIC) para Servidores.....	84
CAPÍTULO III	85
GESTIÓN DE RED.....	85
3.1	Autenticación y Asociación en la WirelessLAN	86
3.1.1	Acceso a la Intranet.....	87
3.2	Comunicación entre la Red WI-FI y la Red de Área Local.....	89
3.3	Seguridades de Acceso en la WirelessLAN del CATI	99
3.4	Acceso a Recursos de Red.....	106
3.5	Análisis de la Automatización de los Procesos del CATI	110
3.5.1	Antecedentes	110
3.5.2	Estructura del Sistema	111
3.5.3	Análisis de la Automatización de los Procesos.....	115
3.5.4	Propuesta Técnica.....	117

3.6 Políticas de Seguridad en la Automatización de Procesos.....	129
CAPÍTULO IV.....	132
ANÁLISIS ECONÓMICO.....	132
4.1 Selección de Equipos y Materiales para la Intranet del CATI, según Análisis de Relación Costo - Beneficio	132
4.1.1 Dispositivos de Red	134
4.1.2 Cableado Estructurado.....	138
4.1.3 Servidores de Red y Software	141
4.1.4 Mano de Obra	142
4.2 Presupuestación Final	144
4.3 Cronograma de Ejecución.....	145
CAPÍTULO V	146
INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA RED.....	146
5.1 Ubicación de los Access Points en la WirelessLAN del CATI.....	146
5.2 Backbone de Red: Instalación del Cableado Estructurado e Instalaciones Eléctricas	147
5.2.1 Instalación del Cableado de Red	153
5.2.2 Instalación de Puntos de Red de Datos y Tomas Eléctricas.....	162
5.3 Instalación y Configuración de Equipos para WirelessLAN.....	171
5.3.1 Instalación y Configuración de Access Points.....	171
5.3.1.1 Especificaciones Técnicas del AP DWL-7100AP	172
5.3.1.2 Especificaciones Técnicas del AP DWL-2200AP	176
5.3.1.3 Conexión del DWL-7100AP en la Red (Conexión Física).....	180
5.3.1.4 Conexión del DWL-2200AP en la Red (Conexión Física).....	180
5.3.1.5 Configuración de los AP en la Red (Conexión Lógica).....	183
5.3.1.6 Configuración de Seguridades	192
5.3.2 Instalación y Configuración de Tarjetas Inalámbricas PCI y USB.....	197
5.3.2.1 Especificaciones Técnicas de la Tarjeta DWL-G520.....	199
5.3.2.2 Especificaciones Técnicas de la Tarjeta DWL-G122.....	202
5.3.2.3 Instalación de Tarjetas DWL-G520 y DWL-G122	205
5.3.2.4 Configuración de Tarjetas DWL-G520 y DWL-G122	210
5.3.3 Configuración de la Red y Grupos de Trabajo	214
5.4 Resultados de las Pruebas de Operación	219

CAPÍTULO VI.....	236
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	236
6.1 Conclusiones	236
6.2 Recomendaciones.....	240
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	243
ANEXOS.....	245
ÍNDICE DE FIGURAS	261
ÍNDICE DE TABLAS	268
GLOSARIO.....	270

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 CENTRO DE APOYO TECNOLÓGICO A LA INDUSTRIA DEL INEN:

ANTECEDENTES

El Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, es una entidad adscrita al Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización, Pesca y Competitividad. Su misión es brindar apoyo tecnológico a las industrias del país, a través de laboratorios especializados y específicos de ensayos de productos, materiales y de metrología para que las empresas puedan obtener la certificación de calidad de los productos, mejorar la calidad de los procesos y de su producción, para como resultado, elevar su grado de competitividad.

La institución ha definido específicamente sus funciones principales, que son las siguientes:

- ❖ Formular las Normas Técnicas Ecuatorianas que definan las características de materias primas, productos intermedios y productos terminados que se comercialicen en el Ecuador, así como, los métodos de ensayo, inspección, análisis, medida, clasificación y denominación de aquellos materiales o productos.
- ❖ Administrar el Sistema de Concesión de Certificación de Calidad de Conformidad con Norma y Sello.
- ❖ Implantar el Sistema Internacional de Unidades, SI.
- ❖ Verificar el cumplimiento de los productos con los requisitos establecidos en las Normas Técnicas Ecuatorianas, NTE, de los productos importados y nacionales.

Estas funciones principales requieren actividad en los siguientes campos científico-tecnológicos: Metrología, Normalización Técnica, Reglamentación, Calidad y Protección al Consumidor.

Por lo anterior, y para cumplir con sus funciones institucionales, el INEN creó el Centro de Apoyo Tecnológico a la Industria, CATI, que es un programa que comprende la infraestructura física y logística para cumplir tales funciones. En otras palabras, el CATI es el conjunto de laboratorios en donde se realizan los ensayos de certificación para las industrias. Estos laboratorios se hallan construidos y funcionando desde hace pocos años, aunque no terminados, ya que existen proyectos para expandirlos ampliamente.

En el año 2004, la administración del INEN analizó y creó el Modelo Estratégico Institucional, para el ejercicio 2004 – 2008. En ese instrumento, se hace una clara identificación de la necesidad de fortalecer la infraestructura tecnológica de la entidad, con especial énfasis en su segmento operativo, es decir en sus laboratorios. Existen entonces iniciativas y prioridades en cuanto al fortalecimiento y mejora de la capacidad tecnológica actual del programa denominado CATI, prioridades que permitan al INEN ser “líder en normalización, calidad, certificación y metrología, y trabajar con recursos humanos de excelencia, así como tener modernos laboratorios, aplicando los conceptos del mejoramiento continuo para atender de manera profesional y oportuna las demandas de nuestros clientes”¹, que es la visión institucional a ser alcanzada para el año 2008.

¹ Modelo Estratégico INEN, disponible en la página WEB <http://www.inen.gov.ec>.

1.2 SITUACIÓN ACTUAL: LOGÍSTICA E INFRAESTRUCTURA

Físicamente, el INEN se encuentra ubicado en el corazón de la ciudad de Quito, capital ecuatoriana, en el céntrico sector de La Mariscal. Ahí se encuentra el edificio administrativo, mientras que el CATI cuenta con instalaciones propias, ubicadas en la parroquia Conocoto del Valle de Los Chillos, junto a la Autopista General Rumiñahui, sector del puente peatonal No. 5.

Las instalaciones del CATI se hallan asentadas sobre un área total de 50000 m^2 , donde se ha planificado tener a largo plazo un área de construcción de 10000 m^2 , distribuidos para zonas administrativas, de capacitación y por supuesto, de laboratorios. Actualmente ya se cuentan con más de 2000 m^2 de construcción, correspondientes a nuevos laboratorios e instalaciones complementarias, que se hallan totalmente operativas.



Figura. 1. 1. Laboratorios del CATI en el Valle de Los Chillos.

1.2.1 Infraestructura física. En general, el área construida del CATI se compone de dos edificios principales, parqueaderos, vía de acceso, cuarto de refrigeración y restaurante. Todas las edificaciones son de una sola planta. El primer edificio principal es conocido como “METROLOGÍA”, y abarca 800 m^2 , mientras que el segundo es llamado “QUÍMICA”, con 730 m^2 de superficie. En la figura 1.2, a continuación se muestra el Plano de Implantación General de las instalaciones del CATI, con su ubicación exacta junto a la Autopista General Rumiñahui:

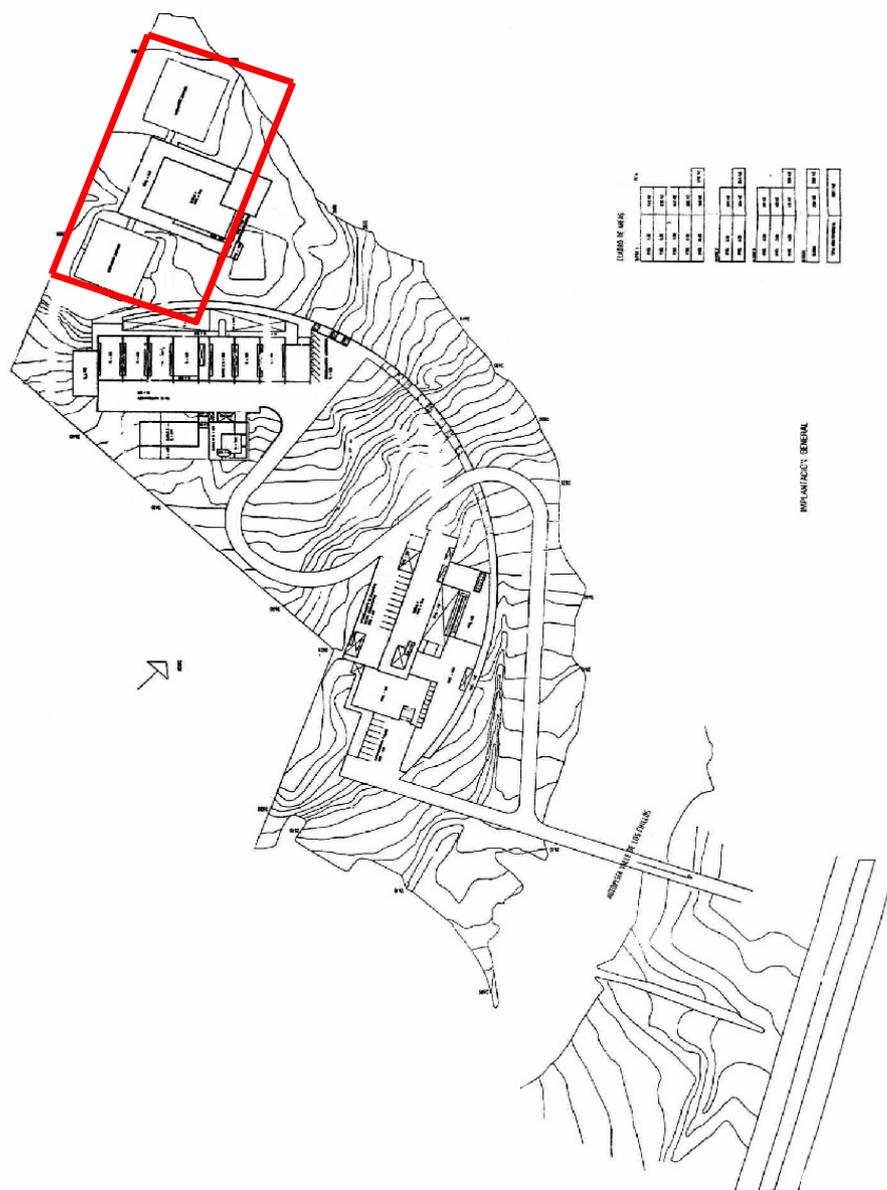


Figura. 1. 2. Plano de Implantación General del CATI. En el cuadro rojo, el área de 5500 m^2 , donde se levantan los edificios de Metrología y Química.

El llamado “cuarto de refrigeración” es una pequeña construcción de 18 m^2 , ubicada a 20 metros del edificio principal de Metrología, mientras que al otro extremo de éste se levanta un restaurante de 54 m^2 , a 5 metros de distancia. Todo lo anterior conforma el área construida del CATI, que se halla concentrada en una extensión total de 5500 m^2 , con la distribución que se muestra en la figura 1.3:

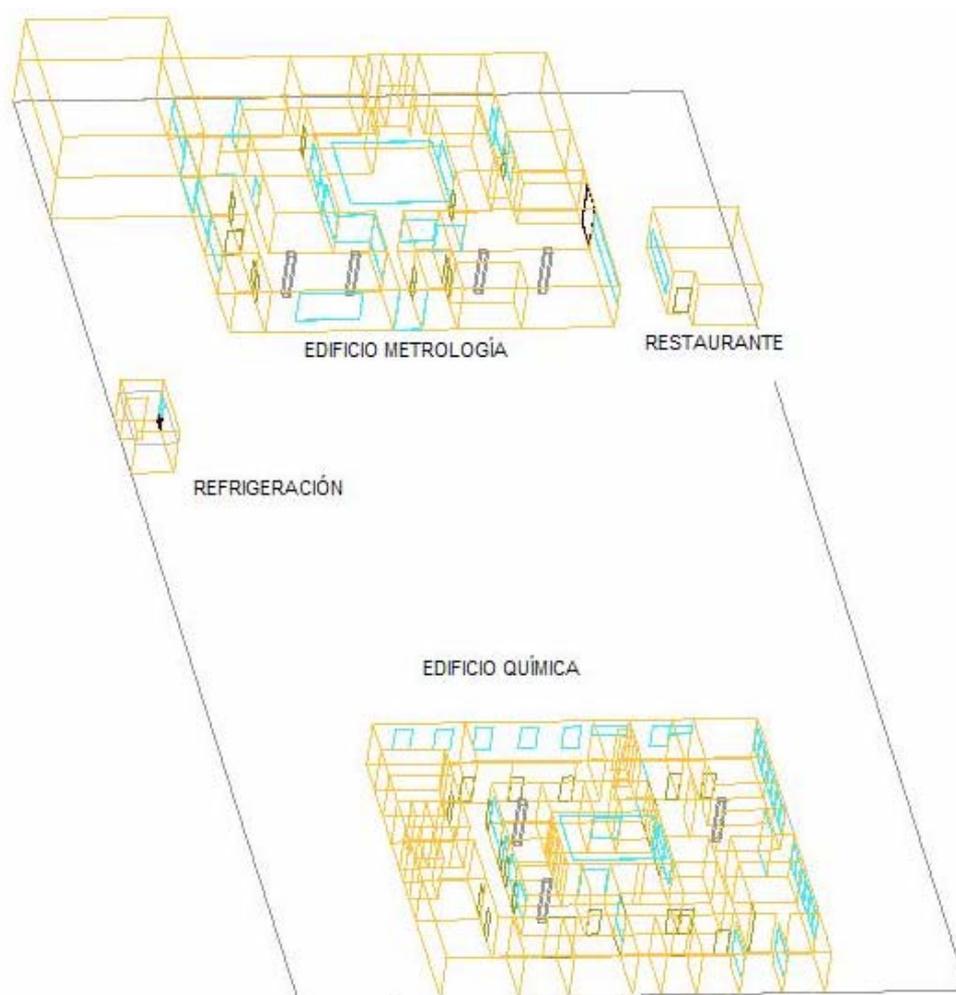


Figura. 1. 3. Imagen tridimensional del área construida actualmente en el CATI, donde se aprecia la distribución de edificaciones.

Las construcciones son estructuras de hormigón armado, con paredes de ladrillo. Cuentan con lozas de hormigón, excepto el restaurante, que se halla techado con planchas de asbesto.

1.2.1.1 Edificio de Metrología. Es la edificación de mayor superficie del complejo del CATI, alcanzando los 800 m^2 , distribuidos entre el bloque principal de laboratorios y oficinas, y el “Módulo de Fuerza”, construcción agregada posteriormente, junto al bloque principal, visible en la Figura 1.3.

El edificio de Metrología cuenta con una distribución asimétrica de oficinas y laboratorios, mostrada en el siguiente plano, de su planta superior:

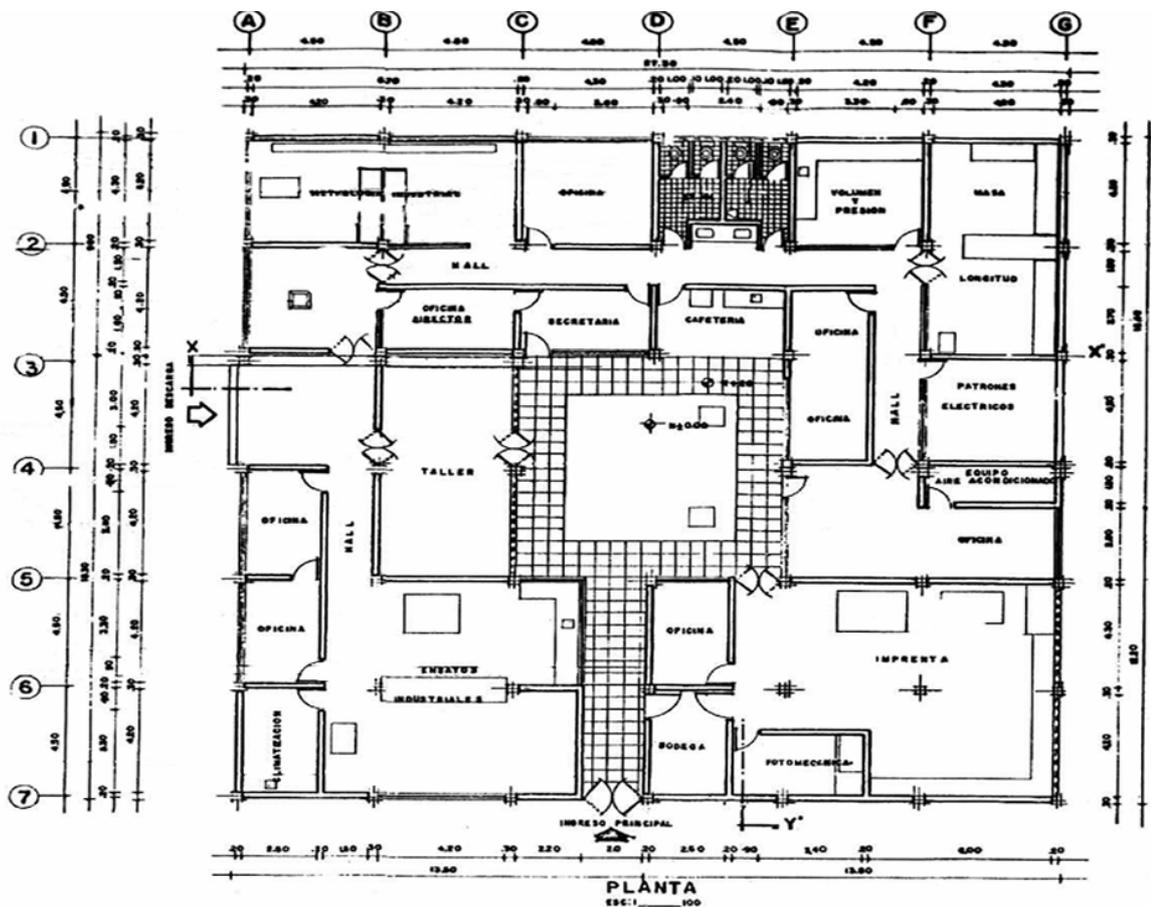


Figura. 1. 4. Plano del Edificio de Metrología, planta y distribución.

Un detalle especial digno de mención es que el edificio cuenta con instalaciones eléctricas, telefónicas, de agua fría y caliente, así como gas propano, que son externas a las paredes, con el fin de facilitar su modificación futura, si fuere del caso. Se hallan debidamente protegidas con tubería metálica de 3/4 pulgadas, de diferentes

colores según las respectivas normas de seguridad, de acuerdo al contenido de la tubería. Todas las tuberías cruzan las paredes internas del edificio, a la vista.

Los laboratorios y oficinas que se encuentran funcionando dentro de este edificio, se enlistan en la siguiente tabla:

<i>Edificio Metrología</i>	
Dependencia	Número
Oficinas	9
Metrología Industrial	1
Volumen y Presión	1
Masa	1
Longitud	1
Patrones Eléctricos	1
Imprenta	1
Fotomecánica	1
Taller	1
Ensayos Industriales	1
Climatización	1
Modulo de Fuerza	1
Bodega	1

Tabla. 1. 1. Distribución del Edificio Metrología.

1.2.1.2 Edificio de Química. Este edificio presenta una planta casi cuadrada, con una superficie de 730 m^2 , y tiene la distribución más compleja, con múltiples divisiones de paredes internas que en total crean 35 ambientes distintos. Existen también varias divisiones modulares y de vidrio. También en este caso las instalaciones eléctricas, de agua fría y caliente, de gas y telefónicas se encuentran entubadas y expuestas, igualmente con la finalidad de brindar facilidades para

cualquier modificación posterior. La tubería se ha pintado de diferentes colores, bajo normas y convenciones de seguridad.

A continuación se presenta el plano de distribución correspondiente a la planta superior del edificio:

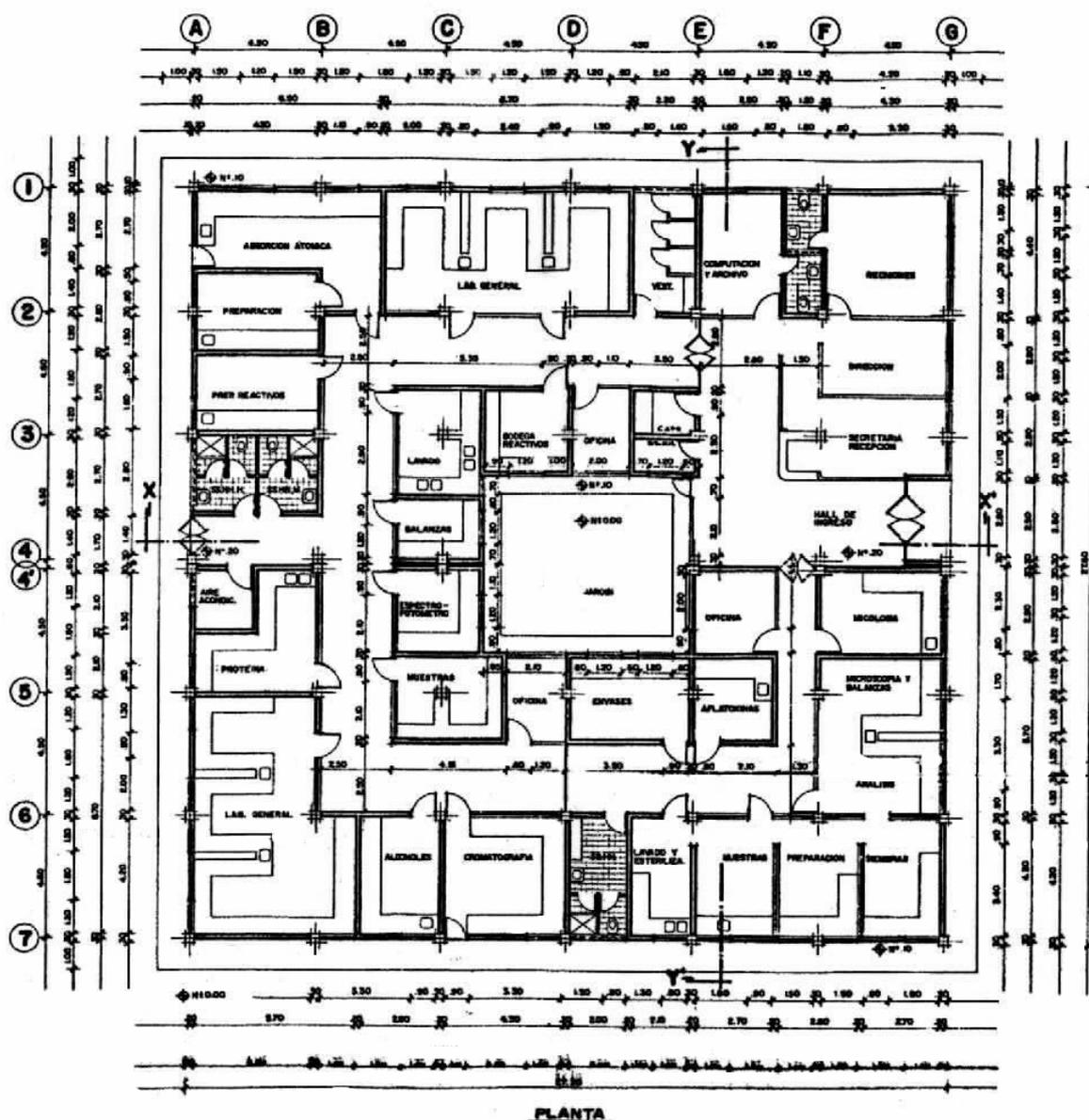


Figura. 1. 5. Plano del Edificio de Química, planta y distribución.

La distribución interna de los ambientes se resume en tabla siguiente:

<i>Edificio Química</i>	
Dependencia	Número
Oficinas	7
Absorción atómica	1
Laboratorio General	2
Aflatoxinas	1
Micología	1
Microbiología y Balanzas	1
Siembras	1
Cromatografía	1
Alcoholes	1
Preparación	3
Muestras	2
Lavado	2
Proteínas	1
Espectrofotómetro	1
Balanzas	1

Tabla. 1. 2. Distribución del Edificio Química.

1.2.2 Infraestructura tecnológica. Aunque los laboratorios del CATI existen ya por algunos años, la atención por su equipamiento ha estado centrada en infraestructura técnica propia de las funciones de cada laboratorio, por lo que hasta el año pasado se ha rezagado la implantación de una infraestructura de apoyo tecnológico, como por ejemplo las comunicaciones. En cuanto a herramientas de tecnología que faciliten y simplifiquen el trabajo institucional, solamente pueden mencionarse las líneas telefónicas y los equipos de computación.

Existe una situación especial de “aislamiento” en el CATI, en cuanto a sus telecomunicaciones, y consiste en la dificultad de contar con Internet de banda ancha para sus instalaciones. Las razones son dos:

1. La especial ubicación geográfica del CATI, a mitad de camino entre Quito y el Valle de Los Chillos. Las instalaciones quedan muy lejos de los nodos del carrier de telecomunicaciones Andinadatos, por lo que es imposible hasta el presente contar con Internet de banda ancha a través de tecnología ADSL. Las colinas orientales de Quito impiden tener líneas de vista con el cerro Cruz Loma y otros puntos de ubicación de infraestructura de comunicaciones en la capital, que anulan posibilidades de conectividad a través de radioenlaces. Finalmente, la misma planta externa de la telefónica Andinatel es limitada para la zona, por lo que actualmente el CATI cuenta apenas con 4 líneas telefónicas, dejando como única posibilidad de acceso al Internet, en el presente, las cuentas de conexión telefónica dial-up, con las obvias limitaciones.
2. Existen soluciones que brindarían conectividad de Internet al CATI, mas por dificultades económicas no han sido viables hasta el momento, por su elevado costo. Las opciones son variadas, desde el punto de vista de alquiler de infraestructura, solamente las operadoras celulares cuentan con posibilidad de brindar conectividad al CATI, aunque su precio es significativamente mayor al de otros ISP. Otra opción por el estilo es la conectividad satelital, sin embargo el costo sería todavía más elevado. Por último, queda la alternativa de construir un radioenlace propio hacia Quito, con un importante monto de inversión inicial que permitiría tener una solución definitiva, pero es justamente ese alto costo de inversión en el proyecto lo que ha impedido su implantación.

Los factores citados anteriormente, sumados a otros de índole administrativa y económica, han influido en el hecho de que hoy por hoy el Centro de Apoyo Tecnológico a la Industria del INEN, no cuente con una Intranet o red LAN en sus instalaciones. Todos los equipos de computación existentes en el CATI operan independientemente.

1.2.2.1 Equipos de Computación. El INEN ha hecho progresivas adquisiciones de computadores para sus laboratorios, así como equipos complementarios entre los que citamos UPS e impresoras. Su número actual todavía es reducido, aunque está

previsto incrementar el número de equipos y reemplazar a corto plazo los que ya están considerados como obsoletos.

Los equipos de computación están distribuidos en distintas oficinas y laboratorios, en ambos edificios. Los más antiguos están asignados a trabajo regular de las secretarías, mientras que los de mejores características son utilizados por los técnicos e ingenieros. Cada computador cuenta con su propio UPS, para respaldo de energía y protección.

Al momento, el hardware existente en el CATI es el siguiente:

<i>Hardware del CATI.</i>		
	Cantidad	Descripción
	1	Servidor Genérico
	12	PC Desktop
	3	PC Laptop
	1	PDA Pocket PC
	9	Impresoras

Tabla. 1. 3. Listado de equipos de computación existentes.

El servidor es un computador genérico nuevo, con hardware de características robustas, adquirido para operar como servidor de la Intranet. Los 12 computadores tipo desktop son de características muy distintas unos de otros, tanto en su hardware

como en el software. A continuación se ofrece un detalle² de las especificaciones de ellos:

Procesador Pentium				Disco Duro (Gb)	Memoria (Mb)	Sistema Operativo
I	II	III	4			
		X		19	56	Win ME
			X	74,5	240	Win XP SP1
		X		19	56	Win ME
X				4	---	Win95
X				---	---	---
			X	74,5	256	Win XP SP1
			X	57,26	256	Win XP
		X		19	60	Win ME
		X		19	60	Win ME
X 486				1,2	16	Win 98 2ed
X				19	16	Win 98 2ed
	X			9,4	128	Win XP
		X		19	60	Win ME
			X	74,5	240	Win XP SP1
			X	57,2	256	Win XP SP1
X				1,2	8	Win 95 B
X				4	---	Win 95 C
			X	74,5	248	Win XP SP1
6	1	5	6			

Figura. 1. 6. Detalle de especificaciones de computadores tipo Desktop.

Los computadores portátiles o Laptop's tienen procesadores Pentium IV, con sistema operativo Windows XP SP1. La PDA³ es de tipo Pocket PC de última generación, con sistema operativo Windows Mobile para Pocket PC, equivalente al Windows XP SP2.

² Fuente: Informe preparado por el Jefe del Laboratorio de Ensayos Físicos, para actualización y mejoramiento de los computadores existentes en el CATI.

³ *Personal Digital Assistant*, ayudante personal digital. Ordenador de mano o computador de bolsillo.

1.3 PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL CATI

En la sección anterior ha quedado reflejada la precaria infraestructura tecnológica de apoyo con la que cuentan los laboratorios del INEN. Sin embargo, no debe entenderse que la institución se ha despreocupado de su equipamiento, ya que las muy especiales funciones que cumple, exige tener equipos sofisticados y costosos, los que efectivamente existen en sus instalaciones. Realmente, ha sido una cuestión de prioridades. Se han adquirido todos los equipos e infraestructura técnica directamente relacionada y necesaria para realizar los ensayos y verificaciones solicitados al CATI, a costa de rezagar la implantación de tecnología de apoyo, como computadores, redes de datos, software y comunicaciones.

El resultado de esta política institucional de prioridades, luego de 10 años de existencia del CATI, ha sido exitoso desde el punto de vista de objetivos generales: los laboratorios existen en instalaciones propias, distintas del edificio administrativo. Se ha construido la quinta parte de edificaciones totales con que a largo plazo contará el CATI, en su sede de Conocoto. Los laboratorios se encuentran equipados y operativos, brindando su servicio de apoyo a la industria ecuatoriana. Pero ¿qué consecuencias se derivan actualmente del atraso en infraestructura de apoyo? En términos generales, productividad limitada. La entidad es eficaz, pero no eficiente. Esta realidad justifica el planteamiento y la ejecución de un proyecto de modernización en el CATI.

1.3.1 Necesidad específica. La buena gestión del INEN, su crecimiento institucional, la incorporación de nuevos ensayos y verificaciones, así como la incursión en distintas actividades complementarias a sus servicios, han aumentado el volumen de trabajo en los laboratorios, al punto de casi saturarse de actividades. Volviendo al plan estratégico, el INEN tiene previsto este aumento de operaciones, y también espera mejorar su capacidad de respuesta en tiempo, hacia sus clientes. En el presente, el incremento en el número de esas operaciones ha puesto en evidencia la imposibilidad de gestionarlas todas, dentro de los plazos que necesitan y exigen las industrias, para considerarse bien atendidas.

Queda, entonces, bien identificada la necesidad de mejorar en productividad. El INEN debe ampliar su capacidad de atender requerimientos de ensayos y verificaciones solicitados por industrias ecuatorianas. También es imprescindible disminuir el tiempo de emisión de los resultados de tales requerimientos.

Las dos necesidades que se acaban de citar pueden ser satisfechas de dos maneras: ampliando instalaciones y personal, o bien optimizando estos recursos. Desde luego, la única alternativa viable es la segunda, consistente en buscar el punto óptimo de inversión en infraestructura, tecnología, recursos humanos, etc., de manera que permita al CATI ser más eficiente, y por tanto más productivo.

La administración del INEN analizó las causas de su limitada eficiencia, identificando como la más importante razón el hecho de que el CATI es lento en sus procesos de gestión.

En la actualidad, cuando una empresa necesita de los servicios de verificación del INEN, primeramente realiza una solicitud formal. Después de ciertos trámites viene la etapa práctica, donde los técnicos del CATI reciben por ejemplo equipos para calibrar, muestras de productos para analizar, etc. Al terminar sus ensayos con las muestras provenientes de las industrias, los técnicos obtienen los esperados resultados de tales prácticas. Estos resultados son escritos directamente en papel, a mano, por parte del técnico. El papel con los resultados es confiado a una secretaria, para ser copiados “en limpio”, en hojas de papel con un formato determinado. Como en el procedimiento interviene una persona ajena al ensayo, y por las delicadas implicaciones que tales resultados pueden tener, es indispensable que el técnico revise el informe de resultados elaborado por la secretaria, para finalmente avalizarlo con su firma de responsabilidad.

Si pensamos con cuidado en el procedimiento que se acaba de describir, notaremos que es vulnerable, altamente susceptible de errores. Como las secretarías deben leer parámetros técnicos de hojas de papel escritas a mano, por otras personas, pueden

interpretar mal tales resultados, por decir lo menos. Errores de ese tipo son frecuentes en el CATI, y como se ha mencionado anteriormente, los resultados de los procesos de verificación de productos de distinta índole que se realizan en el INEN pueden tener implicaciones muy importantes, positivas y negativas, incluso graves. Imagínese el caso de prueba de resistencia de varillas de acero para la construcción. ¿Qué sucedería si se aprueban varillas defectuosas? ¿O si se niega el “Sello de Calidad INEN” a otras de excelente calidad, asumiendo que no lo son?

Por lo anterior, es justificable tanto cuidado en el manejo de los resultados obtenidos. Lamentablemente, el procedimiento es rudimentario, implica largos tiempos de proceso, alto nivel de coordinación y alta inversión de recursos, logísticos y humanos. Los errores que se presentan obligan incluso a realizar todo un ensayo desde el principio, en ciertas ocasiones. Tampoco es práctico que los técnicos elaboren directamente los informes finales, su labor es realizar los ensayos, aparte de que les tomaría demasiado tiempo la elaboración del formato utilizado por el INEN para presentar resultados de verificaciones.

En resumidas cuentas, el INEN tarda mucho en entregar los resultados de los ensayos solicitados por una industria acerca de sus productos, y esto se debe principalmente a su limitada capacidad de manejo de solicitudes, así como a los largos tiempos de proceso, derivados de su deficiencia en tecnología que apoye y agilite su trabajo institucional. Necesita entonces incorporar tecnología, con el fin de disminuir esos tiempos de proceso y aumentar su volumen de gestión.

1.3.2 Solución. La mejor opción para disminuir los tiempos de proceso es manejar de manera más eficiente la información. La manipulación manual de los datos de los ensayos debe suprimirse, para dar paso a un sistema informático de red que transporte los datos y permita la elaboración automática de los informes. Es evidente que acortará los tiempos de proceso como se busca, y que ahorrará recursos, pero hay detalles que deben ser considerados.

La solución sería contar con un sistema que permita a cada técnico realizar ensayos, obtener los resultados y en el mismo sitio, en el mismo instante, poder insertarlos directamente en el informe final. Se necesitaría entonces una aplicación de software que recepte los datos ingresados por el técnico a través de un computador, y los procese. Se necesitaría también que tal aplicación o herramienta de software esté disponible en el sitio mismo donde el técnico realiza su trabajo, para evitar tomar los datos como apuntes sobre papel, de puño y letra del técnico. Por tanto, es necesario un terminal de datos, un computador, en el área donde se realiza el ensayo. Y por consideraciones especiales, que se verán más adelante, ese computador deberá tener acceso a una Intranet que soporte todo el sistema.

Esta es, en general, la solución de consenso, propuesta por la Administración y Directiva del INEN, los técnicos y quienes asesoramos el proyecto de modernización del CATI.

Hace un año existió el proyecto de instalar una red de datos, una Intranet con cableado estructurado en el CATI, para modernizar sus procedimientos. El proyecto se abandonó porque no solucionaba ciertos detalles, pese a su alto costo. Solamente en el edificio de Metrología existen 22 ambientes, aparte de los 35 de Química, y sin contar con que en el CATI se realizan ensayos de campo, al aire libre, fuera del área de los dos edificios principales. Si se instalara un punto de red en cada ambiente, el número final de ellos sería muy elevado con relación al área relativamente pequeña que tiene cada edificio, y a pesar de esto no se soluciona el hecho de que también se realizan mediciones en zonas exteriores, donde sería poco práctico instalar puntos de red y computadores. Los equipos desktop no son transportables de un laboratorio a otro varias veces en un solo día, y computadores portátiles Laptop tienen un precio al menos de dos veces el de un desktop. En fin, el proyecto no convenció, aún cuando se contaba con estudios y planos para la instalación de una red LAN con 35 puntos de red, 23 en Metrología y 12 en Química.

En la realidad los técnicos no trabajan en un solo laboratorio, ni permanecen estáticos en un solo lugar. Sería mucho mejor contar con una red de datos que pudiera ser “móvil”, estar disponible en cada lugar donde trabaja un técnico, y sin embargo resultar viable, desde el punto de vista económico. Y si además se pudiera tener acceso o conectividad a la red, incluso en las mencionadas áreas exteriores, en otras edificaciones como Refrigeración y el Restaurante, donde suelen hacerse reuniones de trabajo, sería entonces poco menos que ideal.

Por supuesto, la tecnología para cumplir tan especiales requerimientos, existe. Una red de datos, de costo razonable, con “presencia” en toda el área construida a pesar de la compleja distribución interna de los edificios, incluso en exteriores, y además que brinde facilidades de movilidad, no es más que una *Wireless LAN*, una red inalámbrica.

Para el caso del INEN y sus laboratorios, la implantación de una Intranet o una red LAN de acceso inalámbrico presentaría claras y decisivas ventajas. Sería el medio perfecto sobre el cual correría la aplicación de software para la toma y procesamiento de datos obtenidos de los ensayos.

En resumen, la solución a la necesidad de mejoramiento de la eficiencia del CATI es la implantación de la Intranet en sus instalaciones, que tenga un segmento de conectividad inalámbrica capaz de brindar cobertura en interiores y exteriores, de manera que los técnicos del INEN cuenten con acceso “in situ” a un sistema de procesamiento de datos, que reciba los resultados de su trabajo y los adjunte directamente al informe final, que sería elaborado automáticamente. Como este acceso a la Intranet sería inalámbrico, los técnicos tendrían la facilidad de desplazarse por las instalaciones, libremente, y simultáneamente seguirían contando con esta nueva herramienta tecnológica, a pesar de su movimiento.

El usuario que desee conectarse a la red necesitará entonces de un computador con un dispositivo de acceso a esta WirelessLAN. Y como muchos de esos usuarios serán

técnicos, sus computadores deberán ser portátiles, como Laptop's o PDA's, que ahora ya incluyen hardware para acceso a redes inalámbricas.

Con los adecuados criterios de Ingeniería, el diseño del sistema en su conjunto podría ser realizado de manera que los técnicos requieran apenas de una PDA o computador de bolsillo para ejecutar la solución propuesta, con la ventaja adicional del precio de esos equipos, que es inferior entre 2 y 3 veces al de una Laptop.

Aceptando como válida la solución total propuesta, la Administración del INEN ha determinado que, al momento de estreno de la Intranet y su aplicación de software, ésta serviría a 15 computadores desktop o más, 10 Laptop's y unas 12 PDA's, como parte de una primera etapa, para llegar a tener hasta 30 PDA's a mediano plazo. Hablamos, entonces, de una Intranet que soportará aproximadamente a 55 clientes.

CAPÍTULO II

PROPUESTA TÉCNICA

La sección 1.3.2 del Capítulo I se refiere a la solución general consensuada para el problema de eficiencia del INEN, solución consistente en la implantación de una nueva infraestructura de red de datos, que modernizará los procesos de la entidad.

Habiéndose planteado tal solución, de manera general, es necesario ahora definir cómo llevar a cabo esas ideas, materializarlas y volverlas reales. Se ha mencionado que existe la tecnología que permitiría implantar el sistema imaginado, y efectivamente así es, pero las opciones son variadas y requieren análisis, debido a que se pretende contar con una Intranet funcionando bajo características muy especiales, por lo que los criterios de diseño deben ser sustentados de manera profesional, sin descuidar la imprescindible necesidad de optimización de los recursos utilizados en la red. A fin de cuentas, ese es el objetivo de la Ingeniería: conseguir el mayor beneficio con la menor inversión.

En función de lo anterior, el presente capítulo se centra en el diseño del sistema, a través de la selección de tecnología de entre las alternativas disponibles, y elabora una propuesta adaptada exclusivamente a este caso en particular. Se cumplirán los requerimientos planteados echando mano de herramientas interesantes y novedosas en proyectos de este tipo, que cambian el concepto de diseño de redes inalámbricas, utilizado hasta hoy en nuestro país. El resultado obtenido será más exacto y completo, a la vez que exigirá menos trabajo, lo que sin duda aumenta el beneficio al INEN. En fin, se pretende hacer también

un aporte en lo referente a métodos de diseño de WirelessLAN, que incentive y perfeccione el desarrollo de nuevos proyectos en nuestro medio.

2.1 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

Es preciso definir con exactitud los requerimientos acerca de la red LAN⁴ que constituirá la Intranet para los laboratorios del INEN. Serán la base de las consideraciones de diseño.

2.1.1 Cobertura. El requerimiento de cobertura de la nueva red ha sido determinado por la propia administración del INEN. Según las actividades que se realizan en los laboratorios, se han identificado los sitios que por su importancia sería ideal que estén cubiertos con el alcance de la Intranet, y son:

- 1) Todos los laboratorios y oficinas comprendidos dentro de los edificios de Metrología y Química.
- 2) El área exterior o de espacio abierto, adjunta al edificio de Metrología, entre el cuarto de refrigeración y el módulo de fuerza (300 m^2 aproximadamente).
- 3) El área interior del cuarto de refrigeración, donde también se realizan ensayos.
- 4) El restaurante, que por sus facilidades, suele también utilizarse para reuniones de trabajo.

La cobertura se refiere a que un usuario tenga acceso a los servicios de la Intranet, desde cualquier punto comprendido en el interior de las zonas o dependencias citadas.

Por ahora, la cobertura necesaria se concentra en una superficie reducida de toda el área de construcción en el CATI. Sin embargo, el terreno a ser cubierto es considerado como difícil, debido a que presenta zonas de espacio abierto, zonas construidas pertenecientes a distintas edificaciones, y dentro de un mismo edificio presentan múltiples ambientes, cuyo número es elevado en relación con la superficie que ocupan.

⁴ Local Area Network., red de área local.

El área mínima de cobertura tiene una superficie total de 1902 m^2 , aproximadamente, que resulta de sumar las superficies de las edificaciones, detalladas en la sección 1.2.1 del Capítulo I, más los 300 m^2 de la zona de espacio abierto más importante para los técnicos del INEN.

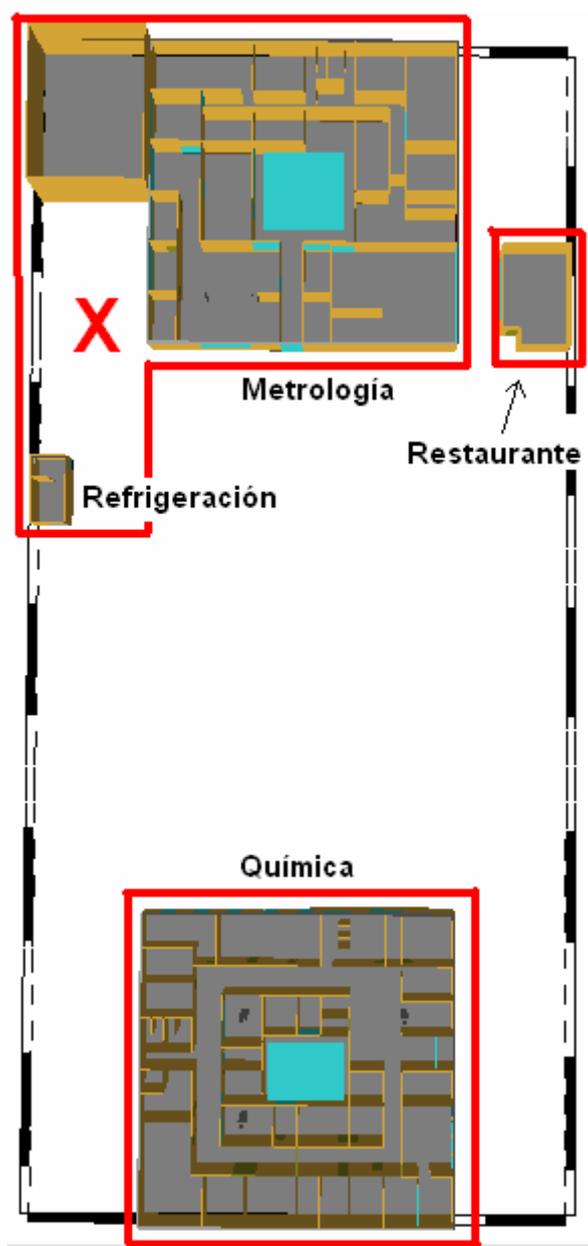


Figura. 2. 1. Remarcadas en cuadros rojos, las zonas de cobertura obligatoria de la red. La X roja señala un área de espacio abierto donde la existencia de cobertura es muy importante.

2.1.2 Seguridad. Este tema es un requerimiento indispensable en todo el proceso de diseño, debido a que la información correspondiente a las labores institucionales del INEN ha sido catalogada como sensible y confidencial. Se vuelve obligatorio entonces observar las medidas técnicas que permitan proteger esa información en todas las instancias, adicionalmente a los criterios de seguridad normales en el trabajo con redes de datos, debido a las vulnerabilidades que ellas conllevan. En general, los puntos a tomar en cuenta son: el acceso a la Intranet, el acceso a la información, la protección contra amenazas propias de las redes de computadores, como lo son virus, spam, spoof, spyware, hacking, etc.

2.1.3 Movilidad. Este punto, junto con el de cobertura, establece la obligatoriedad de implantar una red inalámbrica o WirelessLAN para resolver el requerimiento que se plantea. En el tema de cobertura, solo a través de un medio de transmisión como las ondas de radio es posible abarcar todas las áreas solicitadas, con un presupuesto razonable. En cuanto a la movilidad, no existe otra alternativa. Los cables sencillamente no la permiten. Así que, como se dijo que los técnicos no permanecen estáticos en un laboratorio, la opción de libertad de tránsito en las instalaciones es importante, y qué mejor si ese desplazamiento puede hacerse sin perder conexión a la red en ningún momento. Esto último ya no es indispensable, pero sería un buen valor agregado.

2.1.4 Escalabilidad. La planificación para que una red soporte crecimiento de las condiciones iniciales de operación, es hoy por hoy punto obligatorio de consideración al momento de dimensionar las capacidades que tendrá la Intranet, en cuanto al número de usuarios, tráfico de datos, aplicaciones a futuro, etc. En el caso del INEN, que es una entidad donde se hace planificación a mediano plazo, deben considerarse las expectativas de la institución según el Plan Estratégico, pensado hasta el año 2008. La Intranet de los laboratorios del CATI deberá diseñarse para arrancar con 55 usuarios en condiciones que se tratarán más adelante, pero será necesario establecer un margen de crecimiento, más para aumento de tráfico que para aumento de usuarios, como consecuencia de nuevos usos que se den a la red, así como nuevas aplicaciones tecnológicas que pudieren aparecer en los años inmediatamente siguientes. Hasta el

2008, el INEN no tiene previsto aumentar significativamente el número de usuarios de la red. Tal vez ese crecimiento alcance un 20% en el caso extremo. Se dice que las empresas invierten en proyectos pensando en promedio a 10 años plazo, aunque en el campo de la Tecnología, donde los progresos se hacen a velocidad de vértigo, en pocos casos se piensa en infraestructura para plazos mayores a 4 o 5 años.

2.1.5 Calidad de servicio. La percepción de calidad que el usuario tenga de la nueva infraestructura de apoyo depende de algunas características directamente relacionadas con el diseño. Pensemos en los usos que tendrá la red:

- 1) Soportará una Intranet, con un sistema de manejo de información y elaboración automática de los informes de los ensayos que el CATI realiza, mediante software.
- 2) Servirá para compartir y transferir archivos e información regular, entre los usuarios de la Intranet.
- 3) Brindará servicio de acceso al Internet.

Por múltiples ventajas como precio, facilidad de manejo, movilidad, etc., los terminales de acceso al sistema de manejo de información de los ensayos, serán equipos de tipo PDA. Algunos de ellos, como las PocketPC, soportan sistemas operativos muy amigables como Windows XP para PDA (Mobile), y el sistema de navegación en Internet es a través de un browser (navegador) idéntico al Internet Explorer para PC de Microsoft.

Lo anterior significa que a través de las PDA es posible acceder a páginas Web. Si el software propio del CATI, para manejo de su información, pudiera funcionar a través de páginas Web, entonces también pudiera ser accedido desde las PDA, y seguramente representaría un entorno amigable para los usuarios de ese sistema, muy acostumbrados ya al manejo de un browser para Internet. Esto influye directamente en la percepción de calidad de un sistema, porque le confiere características de moderno, práctico, fácil de usar y no representa demasiado cambio, que siempre trae resistencia. También existiría

la ventaja adicional de que el Internet y en general las páginas Web son tráfico ligero, comparado con otra clase de información que puede circular por las redes de datos.

Acerca de la opción de compartir y transferir archivos, documentos, audio, etc., según el tamaño de tales archivos, pueden congestionar la red, si son demasiado grandes, o se utiliza mucho este servicio.

Por tanto, como se quiere provocar una percepción positiva, debe observarse en el diseño la implantación de una capacidad adecuada para el manejo del tráfico en general, y que los servicios de la Intranet sean rápidos, eficientes. Además de prácticos, serían satisfactorios desde el punto de vista de la comodidad del usuario. Recordemos que una de las principales percepciones de satisfacción de un usuario que navega por Internet es precisamente la velocidad de esa navegación, el corto tiempo empleado para mostrar las páginas. Sucede lo mismo con la transferencia de archivos.

En general, la calidad del servicio deberá observarse desde el punto de vista técnico, en cuanto a la disponibilidad, confiabilidad, seguridad, etc., así como desde el punto de vista psicológico del usuario, según las mencionadas percepciones de calidad.

2.2 DISEÑO DE LA RED DE ÁREA LOCAL (LAN)

Después de realizar el análisis de los requerimientos para la nueva red de datos, fácilmente se logra determinar que en el CATI debe implantarse una WirelessLAN. Con ella se solucionan aspectos como la cobertura y movilidad, por lo que su función será constituirse en la interfase entre el usuario final y alguna red troncal. Sin embargo, aunque sea una red inalámbrica, primeramente es, en modo más general, una red de área local o LAN.

La tecnología de redes inalámbricas en la actualidad se maneja mayoritariamente como complemento a redes cableadas, porque se ha demostrado que en la gran mayoría de aplicaciones, las redes inalámbricas no sustituyen en su totalidad a las cableadas, y viceversa. Realmente es un excelente complemento la una de la otra. El resultado de juntar ambas tecnologías es la creación de una red híbrida, donde por lo general el backbone o troncal de red es un medio guiado, como cobre, coaxial o fibra óptica, mientras que la conectividad final hacia el usuario suele dejarse para el aprovechamiento de las ventajas de las redes inalámbricas, que utilizan como medio de transmisión las ondas electromagnéticas o infrarrojas que viajan por el aire libre.

Este concepto de la red híbrida igualmente se encasilla dentro de una definición más general: otra vez la de una LAN. ¿Cuál es entonces esta definición? Por una red LAN se entiende: uno o varios medios de transmisión, compartidos, y un conjunto de software y hardware que sirven de interfaz entre dispositivos terminales de usuario y el medio de transmisión común, y que incorpora un método de regulación de acceso a ese medio⁵.

Lo que se pretende lograr con una red LAN es conseguir altas velocidades de transmisión de datos, sobre distancias relativamente cortas, hasta en cientos de metros.

⁵ Definición breve de Gustavo Salvucci, *Arquitectura de Redes*, Argentina, 2003.

En cuanto a los criterios de diseño de una red LAN, son 3 los aspectos técnicos básicos a considerar: la topología de red, el control de acceso al medio (que se relaciona con la topología), y precisamente el medio o medios de transmisión.

Iniciamos a continuación el diseño propiamente dicho, empezando con estos tres aspectos fundamentales, para seguir complementando los detalles en otras secciones posteriores de este capítulo.

2.2.1 Topología de red. La Topología física de red se refiere a la distribución y organización de los nodos que conforman esa red, entendiéndose por nodo un punto de ensamble de uno o más medios de transmisión.

Una primera clasificación de las topologías distingue las redes punto a punto de las redes multipunto. Recordamos que el estudio teórico de estos temas no es el objetivo central de esta sección, sino más bien su aplicación práctica, por lo que se revisarán las opciones disponibles a modo muy general.

2.2.1.1 Topologías de redes punto a punto. Se llaman punto a punto porque los terminales de la red se interconectan por líneas no compartidas, es decir por líneas dedicadas a cada terminal en particular. Sus configuraciones son diversas, como la topología en anillo, donde cada terminal se conecta solamente con sus terminales más cercanos con líneas dedicadas entre ellos, hasta formar un lazo cerrado donde la información viaja en un solo sentido:



Figura. 2. 2. Topología de red en anillo.

Si en un anillo se establecen enlaces dedicados entre todos los terminales, entonces se establece otro tipo de topología con distintas características, la de tipo malla:

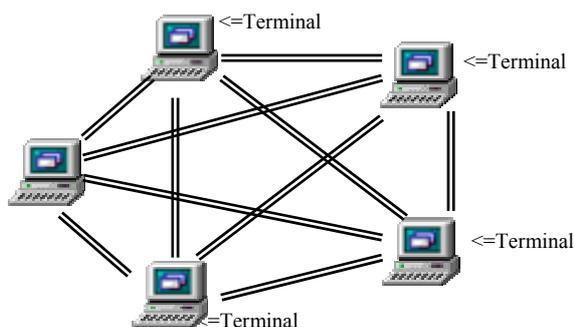


Figura. 2. 3. Topología de red en malla.

En redes pequeñas, la opción preferida en la actualidad es la topología en estrella, que brinda conexiones indirectas entre los terminales, a través de un dispositivo concentrador de las líneas dedicadas a cada uno. La idea es que si falla un terminal, la red sigue operando independientemente:

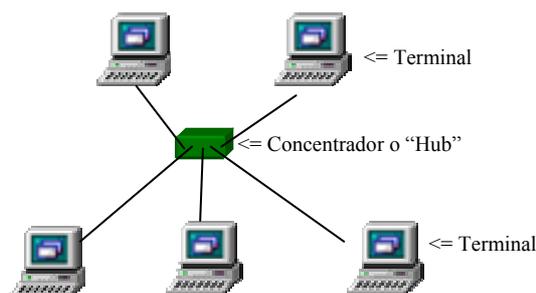


Figura. 2. 4. Topología de red en estrella.

La topología anterior a veces no es práctica, sobre todo si la red LAN es más grande y debe instalarse en sitios con varias dependencias, por lo que se le hicieron adaptaciones y variantes, como la llamada topología en estrella extendida, que no es más que una "estrella de estrellas". Si su conformación es asimétrica o muy irregular en sus ramificaciones, más que a una estrella se asemeja a un árbol, donde se utilizan líneas y concentradores como dispositivos de interconexión entre las diferentes estrellas y ramificaciones, donde incluso es posible priorizar unas de otras para encausar la información. En general, la topología de estrella extendida o árbol, permite estructuras más complejas y más adaptables a la mayoría de situaciones:

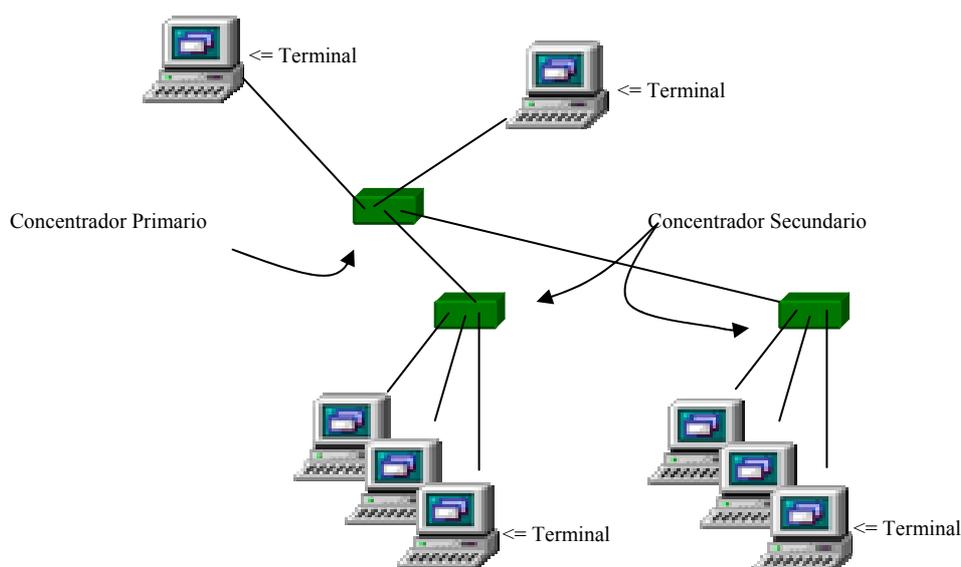


Figura. 2. 5. Topología en árbol o estrella extendida.

2.2.1.2 Topologías de redes multipunto. En una red multipunto solo existe una línea de comunicación compartida entre los terminales, para el uso de todos. La información fluye en forma bidireccional y es discernible por cada usuario. Lo típico en una red de este tipo es que los terminales compiten por el uso del medio o línea, de forma que quien lo encuentra disponible primero, lo acapara, aunque existen métodos de negociación del acceso.

La llamada topología de bus es la principal aplicación de red multipunto, tiene grandes ventajas en aspectos como el precio, y desventajas en temas como el desempeño, que puede presentar conflictos según la aplicación.

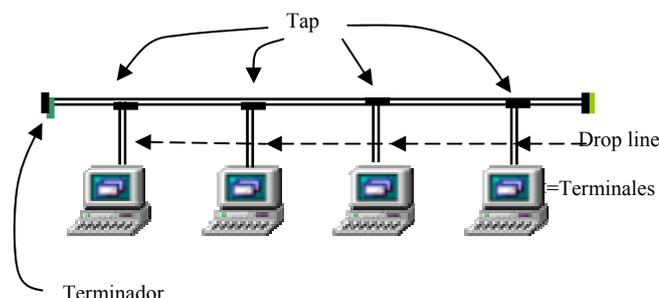


Figura. 2. 6. Topología en bus lineal.

¿Cuál de estas opciones es la recomendable para la red LAN del CATI? La decisión depende de tres consideraciones: el tamaño de la red, la distribución de la misma en el área de cobertura requerida; y, la tecnología de mayor difusión, disponibilidad y proyección al momento del desarrollo del proyecto.

La Intranet del CATI soportará en su arranque unos 55 usuarios, distribuidos en un área mixta de casi 2000 m^2 , por lo que se la puede calificar como mediana en cuanto a tamaño. Los mayores concentradores que se utilizan en redes LAN son de hasta 48 puertos, por lo que una topología tipo estrella es un tanto limitada, desde el punto de vista del tamaño.

En cuanto a la distribución de usuarios, podemos anotar que estarán simultáneamente en dos edificios separados, en un espacio libre y finalmente en dos pequeñas construcciones independientes de todo lo anterior. El CATI ha dispuesto dos ambientes, uno por edificio, para albergar la principal infraestructura de la red LAN. Si partimos de estos puntos, para trazar las líneas de comunicación entre las zonas donde los usuarios se distribuyen, tomando en cuenta de antemano que existirán uno o varios dispositivos de acceso a WirelessLAN en los edificios, prácticamente la topología se establece sola, se trata de una red tipo árbol o estrella extendida.

Efectivamente, la distribución de nodos será irregular. Por conveniencia en cuanto a la disposición de un ambiente por edificio para ser utilizados como cuartos de comunicaciones, en cada uno de ellos se establecerá un nodo de la red LAN. Por tanto, el primer enlace o línea de comunicaciones debe establecerse entre cada nodo, con un medio de transmisión todavía por determinar. Desde cada nodo deben establecerse nuevas líneas hacia los dispositivos de acceso a WirelessLAN, también conocidos como Access Points, para seguir ensamblando la red. Conviene igualmente aprovechar la WirelessLAN para la conexión hacia los terminales de usuarios de la Intranet.

Los Access Points (AP) también pueden considerarse nodos de la red LAN, ya que son partes integrantes, y enlazan varios medios de transmisión. Así continúa conformándose una topología de árbol, que resulta ser la típica red LAN híbrida, el esquema preferido en el mundo entero para integrar las tecnologías de medios guiados y medios inalámbricos. Por ese motivo todos los AP disponibles en el mercado tienen un puerto de conector RJ-45, para recibir una conexión de cable tipo UTP, clásico en redes de control de acceso al medio tipo Ethernet. Esa es la topología más utilizada en el mundo para implantar redes inalámbricas, y precisamente es la conclusión de conveniencia para el presente proyecto.

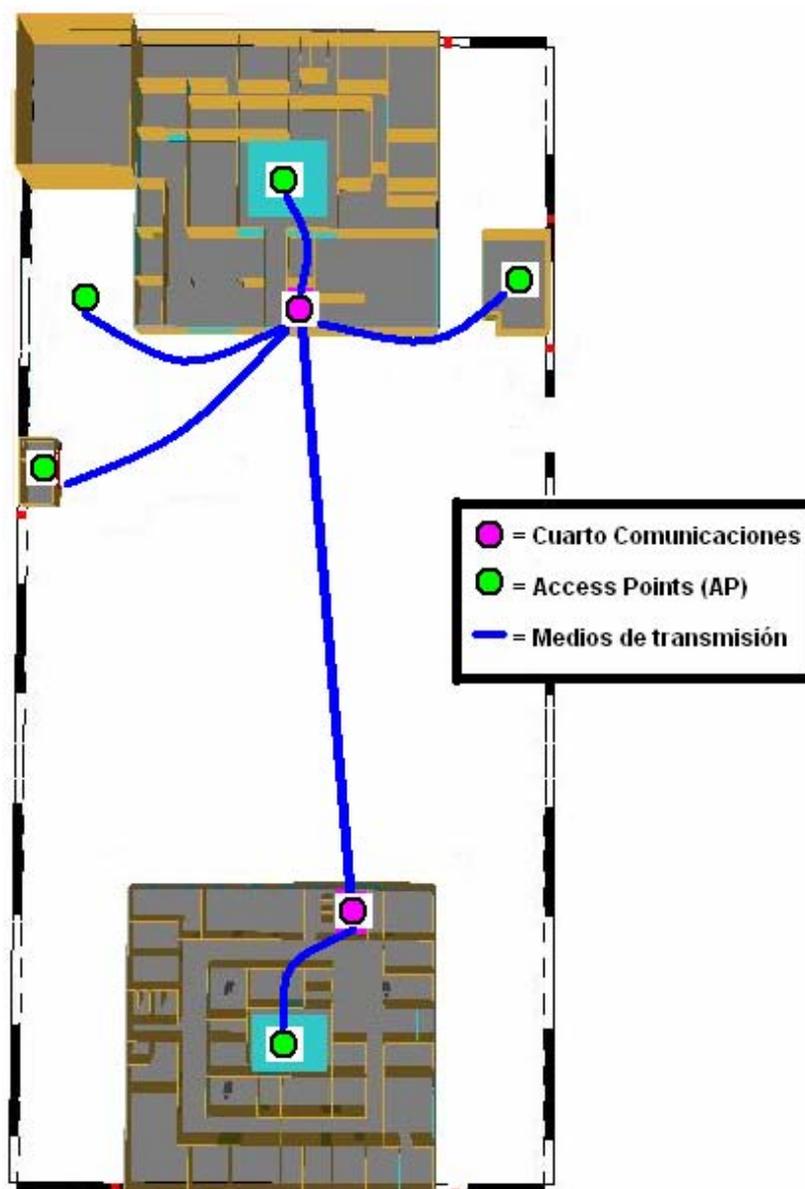


Figura. 2. 7. Esquema general de la red LAN del CATI, donde se aprecian los cuartos de comunicaciones, los Access Points en número y ubicación supuestas, y los medios de transmisión.

2.2.2 Medios de transmisión. En la sección anterior quedó establecida la topología de la red LAN del CATI. Los AP se constituyen en integradores de dos medios de transmisión distintos.

Por una parte, desde el punto de vista del usuario, establecen una línea de comunicaciones a través de un medio inalámbrico como son las ondas electromagnéticas que viajan por el aire. Por otra, desde el punto de vista de los nodos, se integran a una red troncal a través de cables de pares trenzados de cobre, y los favoritos para este cometido son los UTP, STP, SSTP, etc. Las características exactas de estos medios de transmisión serán definidas en secciones posteriores, según consideraciones aparte.

2.2.3 Técnica de control de acceso al medio. Los terminales en una red LAN deben compartir la capacidad de transmitir dentro de ese medio. Este aspecto técnico está relacionado con la topología seleccionada para la red, porque existen dos métodos principales para realizar esa tarea: el token passing o paso de testigo, para topologías de anillo, y el CSMA/CD tipo Ethernet.

Para la topología tipo árbol, seleccionada para este proyecto, la opción es la segunda, una red tipo Ethernet. Como el control de acceso se implanta mediante hardware, de ahí proviene el hecho de que los AP disponen de un terminal RJ-45, justamente para conexiones de ese tipo de redes. En Ethernet, la transmisión se realiza con la técnica de difusión o broadcast.

Todavía quedan muchos aspectos a ser abordados para seguir definiendo el diseño completo de la Intranet. En este punto ya no es posible seguir tomando decisiones sin haber definido con exactitud las características de la WirelessLAN. Se necesita establecer datos concretos acerca de ella para poder ejecutar una verdadera arquitectura de la red LAN que se implantará en el CATI. Con todos los detalles establecidos acerca de la red inalámbrica, posteriormente se terminará la tarea iniciada en esta sección.

2.3 DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA (WIRELESSLAN)

Una red inalámbrica o WirelessLAN es una red de datos que utiliza como medio de transmisión ondas electromagnéticas o infrarrojas, que viajan por el aire.

En los últimos años, la tecnología para desarrollo e implantación de WirelessLAN ha experimentado un progreso vertiginoso, estimulado por la gran demanda mundial de productos en esta línea. Los fabricantes de equipos para WirelessLAN han logrado la estandarización de las tecnologías predominantes por su éxito, tales como Bluetooth, para distancias hasta 10 m, y WI-FI o Wireless Fidelity, para implantación de redes LAN e incluso MAN⁶.

La estandarización de una tecnología consiste en el establecimiento de normas que regulen y equiparen las especificaciones técnicas de los productos fabricados para cumplir ese estándar, y eso es lo que se hizo con los dispositivos de WirelessLAN. Para asegurar un crecimiento ordenado y controlado de esta tecnología, la IEEE⁷ creó la norma conocida como 802.11, donde se definen un conjunto de protocolos de comunicaciones por ondas de radiofrecuencia, que constituyen precisamente el concepto de WI-FI, fidelidad inalámbrica. Se integró una organización entre entidades de investigación, desarrolladores y fabricantes, la WI-FI Alliance, con el objetivo de impulsar y supervisar la difusión de esta tecnología, a través de conceptos como “WI-FI Certified”, su certificación de compatibilidad o interoperatividad entre dispositivos de WirelessLAN. Al momento son cerca de 200 los fabricantes que ostentan la Certificación WI-FI a nivel mundial. Sus equipos pueden comunicarse e interactuar entre sí, de manera garantizada, aunque sean de diferentes marcas.

Se ha vuelto común cierta terminología que hace referencia a las redes inalámbricas, como por ejemplo “redes WI-FI”, para denominar a las redes desarrolladas bajo el estándar IEEE 802.11, lo que equivale a una WirelessLAN integrada con equipos que cuenten con la certificación mencionada, de la WI-FI Alliance. En la actualidad,

⁶ *Metropolitan Area Network, red de área metropolitana.*

⁷ *Institute of Electric and Electronic Engineers, Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos.*

aunque en cierto modo resultan ser términos equivalentes, es más exacto adoptar el nombre de Tecnología WI-FI, debido a que la enorme mayoría de aplicaciones y productos de WirelessLAN existentes en el mundo, provienen de fabricantes que tienen la certificación.

Retomando el proyecto del CATI, se implantará una WirelessLAN conformada ciento por ciento con equipos certificados WI-FI, especialmente porque es necesario asegurar la compatibilidad de esta infraestructura con todos los equipos y usuarios que pudieren pertenecer a la red, así como es importante estar en concordancia con la tendencia mundial para garantizar la inversión que se realice en cuanto al mejoramiento de su vida útil, soporte de nuevas aplicaciones, etc.

El diseño de una WirelessLAN inicia por la selección de una de las variantes tecnológicas que ahora existen dentro de la norma IEEE 802.11, porque ha experimentado evoluciones. A continuación, la tendencia en los países de primer mundo es reducir al mínimo el tiempo de diseño, debido a que los constructores de WirelessLAN están manejando cada vez un mayor volumen de proyectos. La idea es reducir el tiempo de planificación y diseño a la vez que se aumenta la calidad y rendimiento de la red resultante. ¿Es esto posible? Sí. La clave está precisamente en la planificación de la WirelessLAN, que en la actualidad se basa en la predicción de resultados. Entonces, lo esencial es exactitud y agilidad en esa predicción. Los esfuerzos se han centrado en estudios e investigaciones que permitan modelar matemáticamente las WirelessLAN, para estudiar su desempeño a través de software, y ese será nuestro método de planificación.

2.3.1 Selección de la norma IEEE 802.11. El objetivo del estándar IEEE 802.11 es el proveer la conectividad inalámbrica de dispositivos que requieren de una rápida instalación, tales como computadoras portátiles, PDA o generalmente dispositivos móviles que actúan dentro de una WirelessLAN. La conexión se define por procedimientos de la capa MAC del modelo OSI, para acceder al medio físico, que en este caso está conformado por ondas de radiofrecuencia.

Para seleccionar una de las alternativas de conectividad inalámbrica contempladas bajo el estándar IEEE 802.11, es fundamental analizar brevemente la historia y estado actual de la tecnología WI-FI, para vislumbrar una perspectiva de su desarrollo, ese es punto influyente en la selección.

2.3.1.1 Breve reseña histórica de la evolución de WI-FI. En el año de 1997, el IEEE aprobó el estándar para WirelessLAN conocido como 802.11, el cual especifica las características de dispositivos con tasas de señal de 1 y 2 Mbps. El estándar especifica la capa física y MAC del modelo OSI para transmisiones en la banda de los 2.4GHz. Los rangos utilizados en esta banda van desde los 2.4 a los 2.4835 [GHz] en EEUU y Europa, mientras que en Japón los rangos son desde los 2.471 a los 2.497 [GHz]. Después de obtener buenos resultados por compañías tales como Lucent Technologies y Harris Semiconductors, el IEEE ratificó un nuevo ajuste con mejor desempeño, llamado IEEE 802.11b, que trabaja adicionalmente con tasas de transmisión de 5.5 y 11 Mbps; muchos dispositivos actuales en el mercado están basados en esta tecnología. El estándar o norma 802.11b especifica algunas modificaciones en la codificación, en la capas inferiores las características de radio no fueron modificadas y se realizaron unos pequeños cambios sobre la capa MAC, para facilitar la compatibilidad con dispositivos IEEE 802.11. Es a partir de este momento, convenientemente pero algo inexacto, que el estándar IEEE 802.11 tuvo que ser referido como WI-FI o Wireless Fidelity, que se constituyó en marca registrada de dispositivos que operarían con este estándar, soportado e impulsado por la WI-FI Alliance.

En el año 1999, el IEEE publicó las especificaciones de nuevas mejoras de la familia 802.11, el 802.11a. Estas especificaciones aún se refieren a la capa física y a la capa MAC del modelo OSI, y la banda usada, en 5 [GHz], que no tiene licencia en EEUU, pero sí en otros países. Las tasas de señal son de 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, y 54 Mbps. Los siguientes dispositivos de este estándar deberán ser utilizados en aquellas partes de Europa donde la “Dynamic Frequency Selection” (DFS) y la “Adaptive Power Control” (APC), como se especifican en las reformas del 802.11h, son usadas. Sin embargo, seis meses después de aprobado las reformas (finales del 2003), los

fabricantes no promocionaban ningún dispositivo 802.11h, aunque muchos de los dispositivos anunciados estaban cumpliendo con el estándar Europeo ETSI (European Telecommunications Standard Institute) en algunos países.

En el 2003, el IEEE aprobó el 802.11g como una futura evolución de los estándares 802.11. 802.11g provee iguales desempeños del 802.11a, mientras trabaja en la banda de 2.4 [GHz], lo que la hace desplegarse en Europa. Además la compatibilidad con dispositivos 802.11b esta garantizada. A continuación se presenta una tabla que resume a toda la familia del estándar IEEE 802.11:

<i>Familia del estándar IEEE 802.11</i>		
Estándar	Descripción	Estado
IEEE 802.11	WLAN, 1 a 2 Mbp/s; 2.4[GHz]	Aprobado en 1997
IEEE 802.11a	WLAN, 1 a 54 Mbp/s; 5[GHz]	Aprobado en 1999
IEEE 802.11b	WLAN, 1 a 11 Mbp/s; 2.4[GHz]	Aprobado en 1999
IEEE 802.11g	WLAN, 1 a 54 Mbp/s; 2.4[GHz]	Aprobado en 2003
IEEE 802.11e	Nueva funcion de coordinación para QoS	Se esta desarrollando
IEEE 802.11f	IAPP (Inter-AP-Protocol)	Aprobado en 2003
IEEE 802.11h	Usado en la banda de 5[GHz] en Europa	Aprobado en 2003
IEEE 802.11i	Nuevos estándares de encriptación	Aprobado en 2004
IEEE 802.11n	MIMO Capa Física	Se esta desarrollando

Tabla. 2. 1. Familia del estándar IEEE 802.11.

El futuro para WI-FI probablemente será MIMO. Los sistemas MIMO utilizan antenas de múltiple transmisión y múltiple recepción. En un amplio ambiente, cada antena receptora es capaz de calcular una señal de cada una de las antenas transmisoras, y de esa manera, distinguimos sus transmisiones. En el principio, un sistema dado tenía una capacidad completa proporcional al número de antenas utilizadas, el precio de esto fue el incremento en la complejidad. En Agosto del 2003 Airgo anunció un chipset WI-FI MIMO disponible para tomar muestras, capaces de

alcanzar tasas de hasta 108 Mbps/canal, mientras mantenían la compatibilidad con los actuales estándares WI-FI. El grupo de trabajo del estándar 802.11n está trabajando hacia la definición de la capa física MIMO.

2.3.1.2 Operación básica de WI-FI. Cuando encendemos o accionamos una estación WI-FI, deberá explorar los canales disponibles para poder activar una red donde las señales empiezan a transmitirse. Si ésta selecciona una red, puede ser de dos tipos de topología: ad-hoc (estación a estación) o modo de infraestructura (con Access Points). Posterior a esto, se deberá autenticar a sí mismo y con el AP. Luego viene la parte de asociación, si la seguridad WEP o WPA es activada, se debe realizar un paso futuro de autenticación. Después de esto, cualquiera de la estaciones puede participar en la red. WI-FI provee diferentes acuerdos para brindar calidad de servicio QoS, los rangos van desde priorizar el mejor esfuerzo (best effort) en la infraestructura de red y garantizar el servicio. Mientras se empieza a ser parte de una red, las estaciones pueden descubrir nuevas redes y pueden desasociarse de la actual red y asociarse con una de estas nuevas redes (porque esto tiene que ver con la potencia de la señal recibida). Las estaciones pueden deambular entre redes que comparten un sistema de distribución común, y en este caso es posible el “roaming”, que permite mantener el esquema de celdas de cobertura, es decir, mantener el servicio cuando una estación cambia de un AP a otro. Además, una estación puede estar inactiva para ahorrar energía, y cuando ésta finaliza su modo de operación de infraestructura, puede desasociarse y desautenticarse del AP.

2.3.1.3 Visión general del protocolo WI-FI. Una WirelessLAN WI-FI se basa en una arquitectura de celdas, cada una de las cuales es llamada “Basic Service Set” (BSS). Una BSS es un conjunto de estaciones WI-FI fijas o móviles. Para acceder a la transmisión, el medio es controlado por cierto conjunto de reglas llamadas “coordination function”. WI-FI define una función de coordinación distribuida o “distributed coordination function” (DCF) y “point coordination function” (PCF).

Alternativamente, una infraestructura BSS puede ser parte de una extensa red, a esto se lo llama “extended service set” (ESS). Un ESS es el conjunto de una o más infraestructuras BSS conectadas vía distribution system, cuya naturaleza no está especificada por el estándar, pudiendo ser una red cableada Ethernet o algún tipo de red inalámbrica, como la especificada en 802.11f, acerca de protocolos entre AP. Las estaciones conectadas a un sistema de distribución son los AP. El servicio ofrecido por las estaciones cae dentro de dos clases: stations service y distribution system service. La segunda clase es ofrecida por los AP, y permite la transferencia de datos entre estaciones que pertenecen a diferentes BSS. Además, el estándar define las funciones del portal, que es el puente para la interconexión de una WirelessLAN WI-FI con una red LAN genérica IEEE 802.3x.

En la siguiente figura se ilustrará todos los componentes típicos de una red WI-FI, en la que se presenta el esquema de BSS, ESS que por medio de un portal pueden acceder a una red LAN genérica en la cual interactúan, compartiendo aplicaciones y archivos en un solo entorno de red.

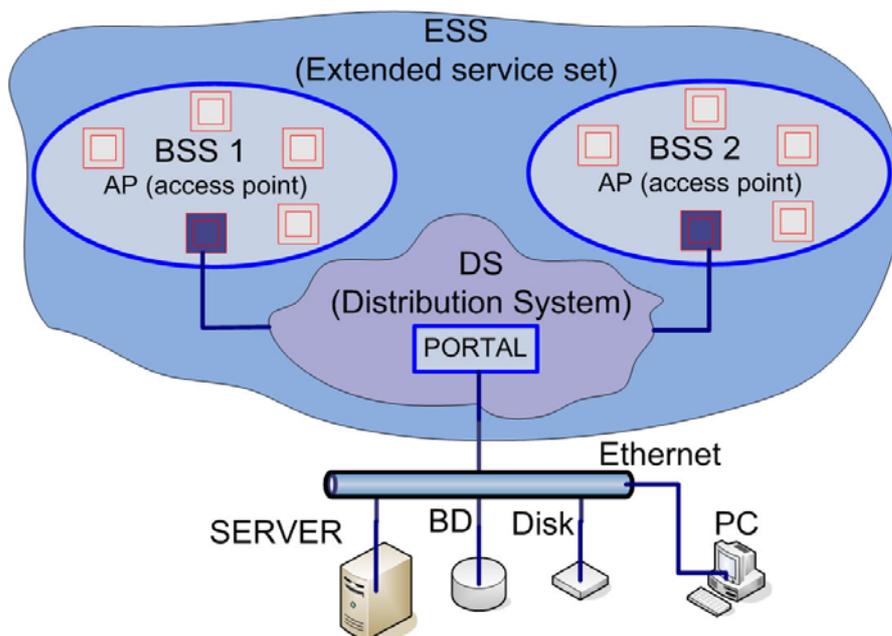


Figura. 2. 8. Estructura típica de una red WI-FI.

El ancho de banda disponible es dividido dentro de 14 canales parcialmente traslapados, cada 22 [MHz] de ancho. Solamente 11 de estos canales están disponibles en EEUU, 13 en Europa y solamente 1 en Japón. Todos los dispositivos en la misma BSS (Cualquier infraestructura o ad hoc) usan el mismo canal. Una de estas tres técnicas es utilizada para multiplexar la señal:

- ❑ DSSS (Direct sequence spread spectrum), la cual usa una secuencia, es adoptada para tasas de 1 y 2 Mbps.
- ❑ CCK (Complementary code keying), definida en el 802.11b, es usada para tasas de 5.5 y 11 Mbps.
- ❑ OFDM (Orthogonal frequency - division multiplexing), definida en el 802.11a, y además utilizada en el 802.11g, es usada para tasas de 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 y 54 Mbps.

DSSS usa una secuencia de 11-bit, además, cada secuencia de 11 chips es codificado a un solo bit de información. La tasa de modulación es 1 Msymbol/s usando BPSK o QPSK para tasas de transmisión de 1 y 2 Mbp/s respectivamente. Con CCK, una secuencia de 16-bit es transmitida en el canal, codificando a 4 o 8 los bits de información. La modulación es QPSK a 1.375 Msymbol/s, para tasas de 5.5 y 11 Mbps. Nótese que en ambos casos, DSSS y CCK, la tasa de chip es de 11 Mchip/s, lo cual significa que la capa física (radiofrecuencia) es la misma; la diferencia está en la modulación y en la multiplexación. OFDM utiliza un canal de 52 subportadoras (48 para datos) con un espaciamiento de 0.3125 MHz y una duración de símbolo de 4 us, para un total de 12 Msymbol/s. Cada símbolo es protegido con un código convolucional de cualquiera de estas tres tasas: 3/4, 2/3 o 1/2, utilizando modulación M-QAM con M de 2, 4, 16 o 64. El resultado de estas combinaciones provee de tasas de 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 y 54 Mbps.

El protocolo fundamental de WI-FI es la capa 2 del modelo OSI, es decir, la capa MAC, la cual debe ser implantada por cada estación, y es el DCF, que para acceder al canal utiliza CSMA / CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance) y es utilizado tanto en el modo ad-hoc como en el modo de infraestructura. WI-FI define también un protocolo opcional de acceso al medio llamado PCF, el cual solo

puede ser usado en el modo de infraestructura. PCF, tiene muchos inconvenientes, por lo que no es implementado en ningún dispositivo comercial. El estándar IEEE 802.11e está mejorando esta situación para redefinir los aspectos de QoS del protocolo de acceso al medio. Estas nuevas funciones de coordinación son llamadas “Enhanced distributed channel access” (EDCA) y “HCF controlled channel access” (HCCA), junto con el cual se constituye el nuevo “Hybrid coordination function” (HCF). Estos nuevos mecanismos pueden operar con los anteriores.

En la siguiente figura se representa un esquema básico del rol del DCF y el PCF en la capa MAC del WI-FI, junto con las nuevas funciones de coordinación EDCA y HCCA:

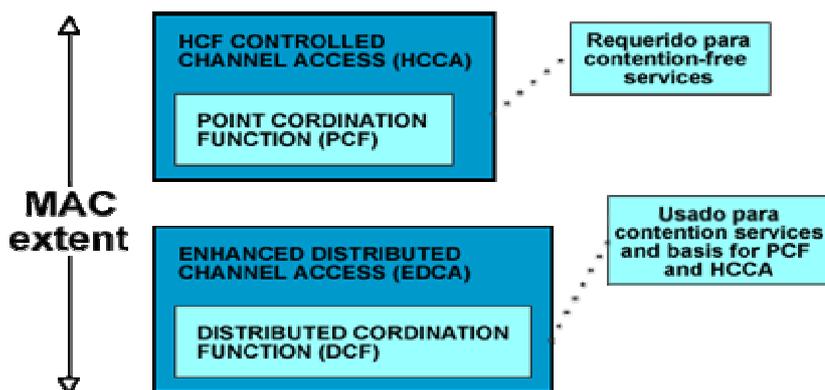


Figura. 2. 9. Modos de acceso. WI-FI – MAC (Coordination Function).

La especificación de seguridad de WI-FI es el protocolo llamado “Wireless Equivalent Privacy” (WEP). Desafortunadamente esta característica en WI-FI es de calidad cuestionable. A finales del 2002, la WI-FI Alliance definió el “Wireless Protected Access” (WPA), una notable mejora sobre la seguridad WEP. El estándar IEEE 802.11i trabajó en este nuevo estándar de encriptación, el cual utiliza tramas 802.1X/EAP con “Temporal Key Integrity Protocol” (TKIP) para el chip y un método “Extensible Authentication Protocol” (EAP) para la autenticación. Este mecanismo está actualmente disponible en los dispositivos actuales, y se conoce como el WPA2.

Retomando el tema central de la presente sección, que es la selección de uno de los estándares de la familia IEEE 802.11, es importante precisar que, al momento de realización del presente proyecto, en el mercado ecuatoriano existe una importante difusión de dispositivos WI-FI que operan en la norma 802.11b, aunque desde el año 2004, el número de ellos ha sido incluso superado por los que ya funcionan en el nuevo estándar 802.11g, que tiene mayores velocidades de transmisión. La opción del 802.11a nunca tuvo hasta hoy una presencia significativa en nuestro medio.

El comentario anterior hace referencia a la predilección de los grandes fabricantes de computadores y hardware en general por incorporar en sus nuevos productos la opción de conectividad inalámbrica WI-FI a través de la norma IEEE 802.11g. Las nuevas Laptop, y dispositivos de WirelessLAN en general, incluyen sus adaptadores de red inalámbrica con esa nueva norma, la cual en general se dice que incorpora las ventajas de velocidad de transmisión que tiene la 802.11a, con la frecuencia de operación y costos de la 802.11b. Por tanto, la elección de soluciones con 802.11g, es prácticamente una tendencia mundial desde el año 2004 hasta el momento.

En nuestro medio también se ha preferido la norma 802.11g en estudios y proyectos desarrollados anteriormente, tal es el caso del análisis y diseño de una red WI-FI para brindar servicio de Internet en las instalaciones del Aeropuerto Mariscal Sucre de Quito⁸. En ese caso, se realizó un interesante proceso de calificación de las normas de la familia 802.11, según su desempeño técnico y práctico, llegando igualmente a la decisión de recomendar la implantación de la red con la citada 802.11g. El cuadro de calificación final de esas especificaciones se reproduce a continuación, otorgando un puntaje entre 1 y 5 a cada ítem, según su relevancia⁹:

⁸ *Proyecto de Factibilidad de una red WI-FI dentro de las instalaciones del Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre de Quito*, elaborado por Ing. Giovana Méndez G., Quito, 2004.

⁹ Cuadro de calificación de normas IEEE 802.11, reproducido del mismo Proyecto de Grado.

NORMA	IEEE 802.11b	IEEE 802.11a	IEEE 802.11g
Rango de Frecuencia (Valoración 3%)	3	4	3
Velocidad Máxima (Valoración 10%)	3	5	5
Popularidad (Valoración 1%)	5	2	5
Esquema de Modulación (Valoración 1%)	3	4	4
Área de Cobertura (Valoración 20%)	5	3	5
Resistencia a Multipath (Valoración 10%)	4	4	5
Canales no solapados (valoración 5%)	3	5	3
Costo de Equipos (valoración 10%)	3	2	3
Disponibilidad de equipos (valoración 10%)	5	2	5
Acceso Público (valoración 10%)	5	1	4
Compatibilidad (valoración 10%)	3	1	3
Velocidades de transmisión (valoración 10%)	3	4	5
TOTAL	362	293	383

Tabla. 2. 2. Valoración de características de las normas IEEE 802.11.

Por tanto, del análisis y funcionamiento de las diferentes alternativas contempladas en las secciones previas, de la conveniencia económica y de mercado, y de la consideración de estudios previos, nuestra selección para la norma de conectividad inalámbrica con que operará la red WirelessLAN WI-FI del CATI, será la IEEE 802.11g.

2.3.2 Planificación de la WirelessLAN. El tema de la planificación en un proyecto marca la diferencia entre la informalidad y el tratamiento profesional del mismo. Esta diferencia es muy notoria en el producto resultante, tanto en el desempeño técnico, como en el económico.

Planificar la red consiste en diseñarla de manera que cumpla los requerimientos técnicos y económicos hechos para ella, esto es, obtener un producto óptimo. En el presente proyecto, los requerimientos específicos para la WirelessLAN son:

- 1) Cumplir con la cobertura requerida en la Sección 2.2.1, y graficada en la Figura 2.1.
- 2) Establecer una red inalámbrica dentro de esa cobertura, con tasas de transmisión de datos en lo posible de la media hacia arriba de las contempladas en la norma IEEE 802.11g, de manera que se magnifique la Calidad de Servicio de la red.
- 3) Conformar la red con el número óptimo de Access Points.
- 4) Considerar los requerimientos generales establecidos para la red LAN del CATI, detallados en la Sección 2.1 del presente capítulo.

En la planificación de la red inalámbrica WI-FI obligatoriamente existirá, como en todo diseño, un componente creativo propio del diseñador. Esto introduce un factor de incertidumbre en el resultado, que puede ser minimizado si la planificación del diseño es basada en una predicción del desempeño de la red.

¿Cómo se puede predecir los resultados de una WirelessLAN? Los científicos e ingenieros especialistas han desarrollado métodos para hacerlo, cada vez con mayor exactitud. Esos resultados predichos pueden ser comparados con los requerimientos, para realizar modificaciones, correcciones o mejoras en el diseño, si fueren del caso.

En fin, la información obtenida a través de la predicción del desempeño de una WirelessLAN, es la clave del éxito en la planificación de la misma. Por supuesto, ese éxito consistirá en la implantación de un producto de calidad óptima.

A continuación iniciamos el tratamiento de las herramientas para la predicción del funcionamiento de la WirelessLAN que se pretende implantar.

2.3.2.1 El modelo de predicción Dominant Path. Para la planificación de redes inalámbricas (celulares o WirelessLAN), en áreas urbanas y dentro de lugares cerrados o más conocidos como entornos “Indoor” existen algunos métodos para calcular su propagación y el área de cobertura, entre los cuales podemos mencionar a modelos empíricos (rayos directos), y modelos determinísticos de rayos ópticos (trazado de rayos).

En pos del mejoramiento de la predicción y el cálculo de la propagación de ondas, con una mejor exactitud y desempeño, en 1997 se constituyó en Alemania un grupo de científicos e investigadores autodenominados “Architects of the Wireless Evolution”, que también emprendieron una gran iniciativa empresarial, AWE Communications. El Institut für Hochfrequenztechnik, la University of Stuttgart, de Alemania, y AWE Communications, proponen al IEEE, en Septiembre de 2004, un nuevo modelo de predicción de propagación de ondas llamado “Dominant Path Model” (DP), o Modelo de Trayecto Dominante.

Este nuevo modelo de predicción muestra los caminos o trayectos que prevalecen entre el transmisor y el receptor de las ondas, estos parámetros están determinados y son usados para la predicción de las pérdidas que se producen durante el viaje entre transmisor y receptor. Algunos de estos parámetros son por ejemplo: la distancia que se recorre entre el Tx y Rx, el número y tipo de interacciones, propiedades de los materiales que obstaculizan, la línea de vista, etc.

Este método para la predicción de propagación de ondas se ha desarrollado y se ha implantado en una poderosa herramienta de software desarrollada por AWE Communications (WinProp), que permite simular en base a este modelo de predicción la cobertura de las redes inalámbricas, proporcionando información y herramientas para el diseño y planificación profesional de redes de comunicaciones.

Introducción.- Existen básicamente dos diversas clases de modelos matemáticos para la predicción de fuerza del campo eléctrico dentro de los edificios, que tienen sus desventajas individuales. Los modelos empíricos, basados en la regresión de los datos obtenidos de campañas de medición, son muy rápidos pero no muy exactos. Los modelos determinísticos (modelos de rayos ópticos) dependen en alto grado de la exactitud de la base de datos obtenidos del edificio en general, y toman gran cantidad de tiempo, debido a la complejidad de cálculo que involucran.

Un nuevo avance se ha producido gracias al desarrollo de modelos de predicción basados en redes neuronales. En estos modelos, las redes neuronales se entrenan con datos medidos, para adaptar sus parámetros y mejorar la aproximación de la fuerza medida del campo. Especialmente para los ambientes Indoor, algunas mejoras acertadas de modelos empíricos fueron desarrolladas, pero se basan en el rayo directo y no consideran la propagación multidireccional.

Análisis de la propagación multidireccional.- Si la propagación multidireccional se analiza en escenarios “Indoor” o de interior, dos diversos efectos deben ser considerados.

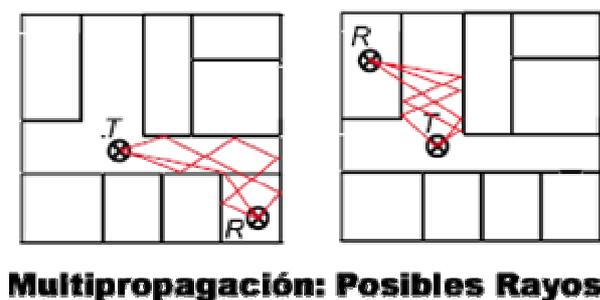


Figura. 2. 10. Multipropagación: Posibles Rayos.

Según lo demostrado en esta figura, diversos rayos pueden alcanzar el receptor pasando la misma secuencia de cuartos y que penetran las mismas paredes. Las contribuciones de esos rayos que ofrecen el mismo número de interacciones a la

fuerza total del campo, son muy similares, y si otros rayos demuestran más interacciones, estos se pueden omitir debido a su alta atenuación. El nuevo modelo presentado por la AWE Communications introduce las trayectorias dominantes para describir todos los rayos que pasan los mismos cuartos y paredes. Las trayectorias dominantes para los escenarios de la figura. 2.10, se muestran en la figura. 2.11.



Figura. 2. 11. Representación de multitrayectorias a través de un camino dominante.

El segundo efecto de la multipropagación se muestra en la figura. 2.12.

Otro punto adicional a considerar, es que, hay diversas trayectorias “dominantes”, pasando diversos cuartos y penetrando diversas paredes. Estas trayectorias no contribuyen igualmente a la fuerza total del campo, y no se pueden representar por una sola trayectoria.

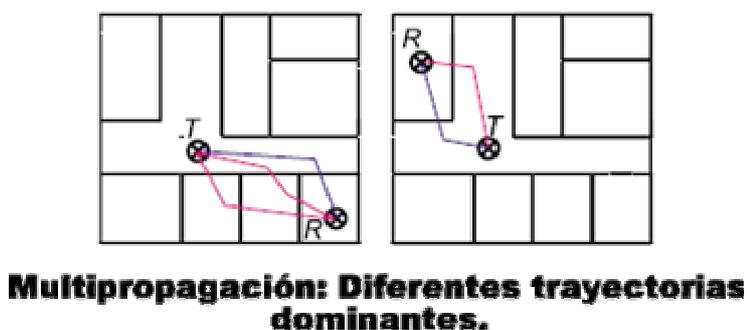


Figura. 2. 12. Multipropagación: Diferentes trayectorias dominantes.

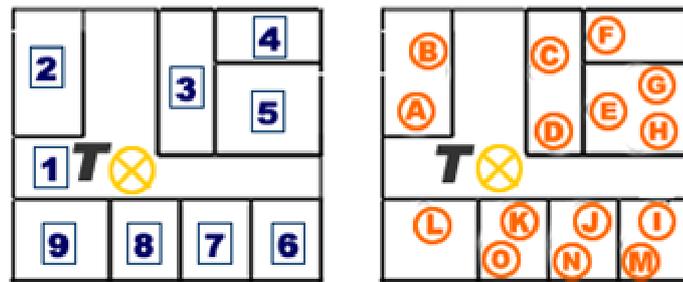
La diferencia de las pérdidas entre dos trayectorias dominantes para el mismo punto receptor es a menudo mayor que 6 [dB]. Estas trayectorias, con una alta atenuación se pueden despreciar para el cómputo de la fuerza total del campo, porque su contribución es muy pequeña con respecto a la trayectoria principal. En la mayoría de los casos solamente es necesario determinar la trayectoria dominante principal para conseguir una predicción exacta. Más de una o dos trayectorias dominantes son necesarias en situaciones muy particulares, pero el error descuidando la tercera o cuarta trayectoria es generalmente muy pequeño.

Otra mejora del modelo de trayectorias dominantes, con respecto a modelos determinísticos, consiste en el hecho de que admite tolerancias pequeñas en errores de localización de las paredes, porque tales errores tienen solamente una influencia limitada en las trayectorias, en contraste con los modelos de rayos-ópticos. Con los trayectos dominantes no hay localización exacta de los puntos de reflexión y difracción necesaria para la determinación de la trayectoria.

Determinación de las trayectorias dominantes.-

Localización de cuartos: La base de datos de un edificio contiene generalmente solo la información sobre la localización y el material de las paredes, pero ninguna información sobre cuartos. Para determinar las trayectorias dominantes, una información detallada sobre la localización de los cuartos es obligatoria, sin embargo, la herramienta de software de AWE Communications, WinProp, incorpora un nuevo algoritmo para el cómputo de la localización de cuartos y fue puesto en ejecución en dos y tres dimensiones (2D y 3D). Mientras que los algoritmos más rápidos de 2D se pueden utilizar en casos donde es necesario considerar un solo piso, los algoritmos de 3D funcionan más eficazmente en los edificios “multi-pisos”. En un primer paso se computan las intersecciones de las líneas que simbolizan las paredes. Así se ubican las esquinas de los cuartos, en 2D. En 3D las líneas que se intersecan definen cuñas. El segundo paso combina las paredes (o las cuñas) a los cuartos. La determinación de los cuartos incluye un análisis de los cuartos vecinos. Para cada sitio se determinan todos los cuartos y paredes vecinos que se juntan a estos cuartos. El espacio alrededor del edificio también se considera como cuarto.

A. *Diagrama de árbol para la relación de los cuartos:* La información sobre los cuartos vecinos se utiliza para computar la estructura del cuarto del edificio a través de un diagrama de árbol. Para el edificio que se muestra en la figura. 2.13 el diagrama de árbol de la estructura de cuarto se demuestra en la figura. 2.14.



Número de cuartos Asociación de paredes

Figura. 2. 13. Número de cuartos (izquierda) y acoplamiento de paredes (derecha).

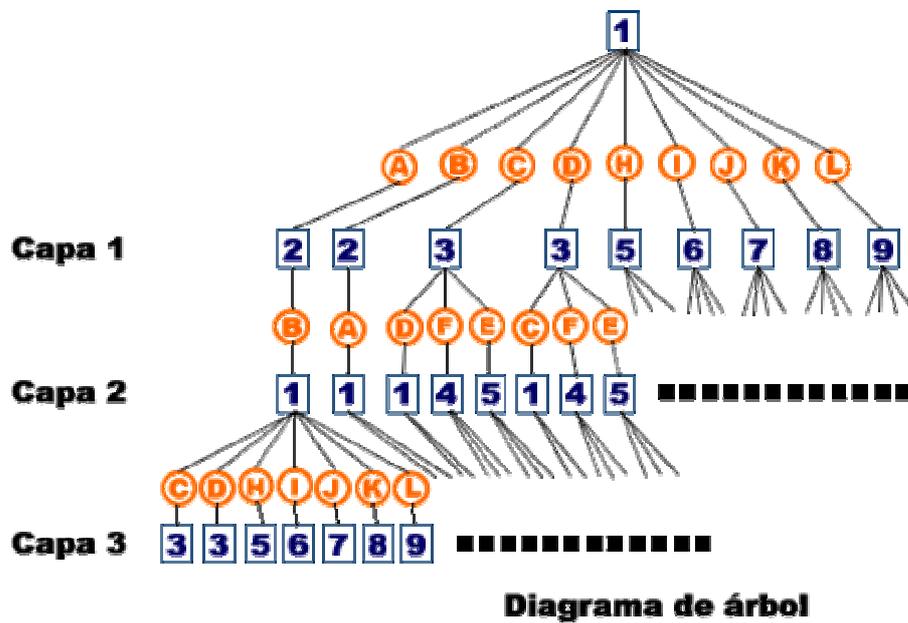


Diagrama de árbol

Figura. 2. 14. Diagrama de árbol. Estructura de cuarto de la figura 2.13.

La raíz del árbol corresponde al cuarto en el cual el transmisor está situado. La primera capa contiene todos los cuartos vecinos y si hay más de una pared que se

junta entre el cuarto del transmisor y de los cuartos vecinos, el cuarto vecino se pone en la primera capa tantas veces estén allí los “coupling walls” entre los dos cuartos. Todas las otras capas se determinan de una manera similar. Todas las paredes del acoplador a los cuartos vecinos conducen a una nueva rama en el árbol, excepto si la pared ya se utiliza en esta trayectoria en una capa de arriba.

Después de determinar el diagrama de árbol, las trayectorias dominantes entre el transmisor y el receptor pueden ser calculadas y computadas fácilmente, porque el árbol representa en sus ramas todas las trayectorias dominantes posibles y la secuencia de los cuartos pasados. Si el receptor está situado en el sitio [i], el diagrama de árbol se debe examinar solamente para el sitio [i]. La trayectoria dominante correspondiente puede ser determinada siguiendo todas las ramas del sitio [i] de nuevo hacia la raíz del árbol.

B. *Combinación de cuartos:* Para la determinación de las trayectorias dominantes, el mismo algoritmo debe ser aplicable a situaciones donde una trayectoria pasa con una secuencia de cuartos, o donde el transmisor y el receptor están situados en el mismo cuarto. Si una trayectoria pasa con una secuencia de cuartos, todos los cuartos considerados son combinados para formar un nuevo cuarto, borrando todas las paredes del acoplador en la rama que representa la trayectoria dominante en el árbol del cuarto (véase la figura 2.14). Esta combinación de diversos cuartos a un nuevo cuarto se demuestra en la figura 2.15 para los dos ejemplos dados en la figura 2.10. Ahora la trayectoria dentro del nuevo cuarto puede ser calculada y computada usando el algoritmo descrito en la siguiente sección.

C. *Determinación de las trayectorias dentro de un cuarto:* Si el transmisor y el receptor están situados en el mismo cuarto, las trayectorias dominantes dentro de este sitio se determinan con la información sobre las esquinas convexas como se muestra en la figura 2.15.



Figura. 2. 15. Esquinas convexas (o cuñas) de un cuarto y de su influencia en la determinación de las trayectorias.

Cada sitio es descrito rodeando sus paredes. Por motivo de simplicidad las siguientes explicaciones se refieren al caso 2D. En el caso 2D todas las esquinas convexas del cuarto son asignadas con un número distinto.

Aquí existen dos diferentes escenarios para la determinación de la trayectoria entre el transmisor y el receptor: Línea de vista y línea de vista obstruida. El primer caso es muy fácil, porque la trayectoria dominante es el rayo directo entre el transmisor y receptor. En la línea de vista obstruida, la trayectoria dominante debe conducir al receptor a través de las esquinas convexas. Para la determinación de la trayectoria se debe construir un diagrama de árbol con las esquinas convexas. Todas las esquinas visibles de la esquina examinada es la nueva rama del árbol. Como se demuestra en la figura 2.16, el comienzo del diagrama de árbol es por medio de las esquinas visibles del transmisor. El receptor también se incluye en el diagrama de árbol. Cada vez que el receptor se encuentra en el árbol, las esquinas a lo largo de la trayectoria pueden ser determinadas siguiendo las ramas de regreso al transmisor.

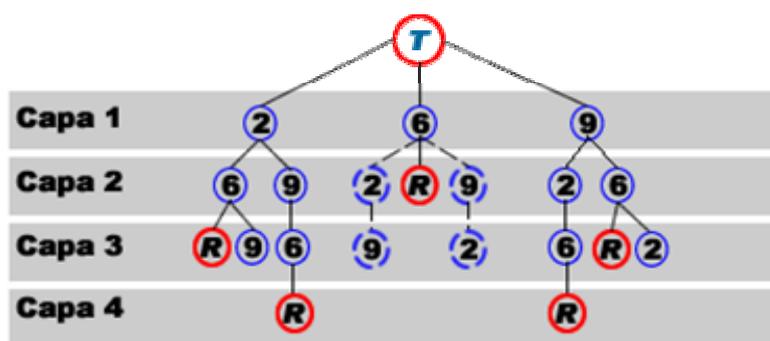


Figura. 2. 16. Relación entre las esquinas convexas del cuarto de la figura 2.15.

D. *Selección de las mínimas pérdidas de la trayectoria dominante (minimum-loss dominant path [MLDP]):* El algoritmo para la determinación de las trayectorias dominantes conduce a más de una solución, pero en la mayoría de los casos solamente una solución con la pérdida de trayectoria más pequeña es necesaria para una predicción exacta. Esta trayectoria más importante se llama “mínimas pérdidas de la trayectoria dominante” (MLDP). El MLDP es elegido utilizando el siguiente criterio para las pérdidas [L]:

$$L = w_{FS} * L_{FS} + w_T * L_T + w_I * L_I \quad [1]$$

L representa la determinación empírica de la atenuación total a lo largo de la trayectoria y consiste en tres diferentes partes:

Atenuación del espacio libre L_{FS} . - La pérdida en el espacio libre LFS, depende de la longitud de trayectoria [l] y de la frecuencia [f]:

$$L_{FS} / dB = -27.56 dB + 20 \log f [MHz] + 20 \log l [m] \quad [2]$$

Pérdidas de transmisión L_T .- La pérdida de transmisión total aumenta de acuerdo a todas las paredes que se tienen que atravesar y es representada por L_T . Si en la trayectoria se intersecan n paredes, estas presentarán una pérdida individual L_I en la transmisión. Para calcular la pérdida total de transmisión (L_T), se suman todas las pérdidas individuales L_I .

$$L_T = \sum_{i=1}^{N_T} L_I \quad [3]$$

Pérdidas de interacción L_I .- Los cambios en la dirección de la trayectoria vienen dados por el ángulo α_i en el punto i y representan una pérdida adicional. Todos los ángulos α_i se acumulan y se normalizan con un factor α_L para dar las pérdidas de interacción L_I .

$$L_I = \frac{1}{\alpha_L} * \sum_{i=1}^{N_i} \alpha_i \quad [4]$$

Los mejores resultados se logran con $\alpha_L = 5^\circ \dots 8^\circ$. Si algunas paredes están soportando cambios en la dirección (waveguiding) a un punto específico, la contribución de las pérdidas de trayectoria en este punto se reducen.

Diversas trayectorias se determinan para cada punto receptor y la trayectoria con la atenuación total más pequeña L se elige y es llamada “mínima pérdida de la trayectoria dominante” (MLDP). Es posible determinar diferentes tipos de trayectorias dominantes ajustando los tres factores de peso W_{FS} , W_T y W_I .

2.3.2.2 La suite de software WinProp. AWE Communications utilizó sus investigaciones en el desarrollo de una herramienta de software que permitiera modelar redes de comunicaciones móviles, para realizar predicciones de su desempeño, bajo condiciones específicas. El software incorporó varios modelos de predicción, empíricos y determinísticos, para realizar cálculos de patrones de pérdidas y cobertura de redes de comunicaciones celulares, en ambientes o escenarios outdoor urbanos, ciudades enteras. La planificación de redes móviles empezó con las comunicaciones celulares, así que AWE creó este producto o herramienta para facilitar el diseño y planificación de esos sistemas, presentándolo por primera vez en el año 2000 con el nombre de “WinProp” y poniéndolo al servicio del público en general, como alternativa a herramientas equivalentes de otros fabricantes que también empezaban a figurar en el mercado.

El software fue perfeccionado continuamente desde entonces, adaptándolo a nuevas aplicaciones como la predicción en ambientes outdoor de tipo rural, donde las condiciones son totalmente distintas a los escenarios urbanos. Y otra gran adaptación que se le hizo en el año 2001 fue para los escenarios indoor, interiores de edificios. A partir de este avance, WinProp pudo ser utilizado para planificación de redes de comunicaciones tipo WirelessLAN en escenarios indoor.

Los años de investigación y desarrollo por parte de los científicos de AWE rindieron sus frutos en Septiembre del año 2004, cuando presentaron a la IEEE y comunidad científica en general su propio modelo de predicción de path loss (pérdidas de trayecto) y propagación de ondas de radio, para redes de comunicaciones móviles, adaptado a condiciones prácticas. El modelo Dominant Path (DP) fue desarrollado y presentado con éxito como un nuevo sistema para estimar el desempeño de redes de comunicaciones móviles, en escenarios outdoor, urbanos e indoor.

La evolución del software WinProp fue otra necesidad obligatoria para AWE, que necesitó tan solo 2 meses para incorporar el modelo DP a las otras opciones de modelos de predicción con que el programa había alcanzado cierta madurez y éxito,

por lo que gozaba ya de la confianza de empresas de la talla de Siemens, Alcatel, Ericsson, France Telecom, Nokia, entre otras, que lo utilizan para experimentos y planificación de redes celulares en varias ciudades alemanas y europeas. Algunos módulos, funcionalidades y modelos de WinProp, tales como el Intelligent Ray Tracing (IRT¹⁰), fueron incorporados al software industrial de las multinacionales de telecomunicaciones. AWE desarrolló tales adaptaciones a paquetes como Aircom, NetAct de Nokia, Atoll de Alcatel, Tornado de Siemens, lo que explica que WinProp sea perfectamente compatible con ellos, para leer y modificar proyectos y resultados.

La aplicación de WinProp para diseño y planificación de WirelessLAN ha sido impulsada principalmente por centros de investigación, universidades como las de Stuttgart, Viena y Lisboa, y empresas relacionadas con desarrollo y comercialización de redes WI-FI. El software ha sido distribuido mediante licencias hábilmente orientadas hacia los diversos sectores que lo requieren, desde grandes multinacionales hasta usuarios individuales, pasando por universidades y centros educativos que lo utilizan con fines didácticos y pedagógicos.

Actualmente, WinProp es una excepcional suite de software de interfase gráfica, que incluye tres programas, cada uno con una función específica en el proceso de planificación de redes de comunicaciones móviles: WallMan, AMan, ProMan. A continuación una explicación breve de cada uno:

- 1) *WallMan*.- Wall Manager o administrador de paredes, programa diseñado para construir un modelo o plano tridimensional y realista del edificio, campus o ciudad sobre el cual se planifica una red de comunicaciones. Es similar a programas de diseño y arquitectura, aunque no tan robusto. Su fortaleza está en permitir el desarrollo de modelos con detalles imprescindibles para predicciones de propagación de ondas, como por ejemplo dimensiones, formas

¹⁰ *Intelligent Ray Tracing, o 3D IRT*, modelo determinístico tridimensional de trazado de rayos para la predicción de propagación de ondas, presentado por AWE Communications en 1999, que le valió el premio Best Paper Award, en la conferencia PIMRC de la IEEE, realizada en Japón.

tridimensionales, ubicación y composición de elementos tales como paredes, puertas, ventanas, escaleras, etc., con sus propias especificaciones de espesor, materiales, propiedades físicas, parámetros dieléctricos. AWE denomina al plano elaborado como “database”, porque es la base de datos para el cálculo de la predicción realizado con los otros programas de la suite.

- 2) *AMan.*- Antenna Manager o administrador de antenas, es otro programa opcional que incluye el paquete WinProp, y sirve para elaborar patrones de radiación de antenas diseñadas por el usuario. Los patrones elaborados con AMan se importan desde otro programa para calcular predicciones utilizando antenas de diseño propio, o bien antenas sectoriales. Si el caso es una WirelessLAN con antenas omnidireccionales, este programa no es necesario.

- 3) *ProMan.*- Propagation Manager o administrador de propagación. Es el complemento de los dos programas anteriores y probablemente el más útil, porque utiliza las database y patrones de antenas elaborados con los otros programas para elaborar lo que AWE llama un “proyecto de red” o Network Project, que consiste en ubicar equipos de comunicaciones, como radiobases celulares o Access Points, dentro de la database creada anteriormente (plano de ciudad o edificio), para virtualmente construir una red de comunicaciones debidamente valorada, compilar el programa y que éste elabore los archivos con los resultados de la predicción. ProMan permite establecer todas las características reales que una red involucra, tales como sistema de comunicaciones (GSM, CDMA, WI-FI), potencias de transmisión, frecuencia de ondas, tipos de modulación, ganancia de antenas, ubicación tridimensional de los transmisores, etc. A continuación, en el programa es posible seleccionar el modelo de predicción a ser utilizado: empíricos como el Okumura-Hata o el COST 231; determinísticos como el IRT, e incluso el nuevo modelo de predicción de AWE, el Dominant Path DP. Con todos los parámetros de cálculo definidos, se puede compilar el Network Project creado, tras lo cual ProMan crea los archivos de resultados, consistentes en gráficos de la database marcados con colores que indican potencias recibidas, cobertura de celdas, tasas de transmisión, análisis probabilísticos, etc.

ProMan puede realizar análisis de propagación de ondas de un solo transmisor en el proyecto, o también con varios transmisores simultáneos, y verlos operando simultáneamente. Lo anterior es el caso de redes celulares, que establecen celdas a través de varias radiobases ubicadas sobre un área urbana, o bien pudiera ser el caso de una red WI-FI, donde los transmisores son Access Points, que también crean celdas de cobertura dentro de edificios, si se ha modelado una database de ambiente indoor.

Para este proyecto de diseño de una WirelessLAN, AWE Communications proveyó la suite completa de WinProp, y concedió una licencia para fines educativos por un período de 3 meses, exclusiva para la planificación del Network Project del CATI.



Figura. 2. 17. Arranque del programa ProMan, parte de la suite WinProp de AWE Communications.

2.3.3 Determinación de número y ubicación de Access Points. Ésta es la tarea más importante en el diseño de una WirelessLAN. Los Access Points son los equipos transmisores y receptores de las ondas electromagnéticas que establecen la cobertura de la red WI-FI, por lo que su número y ubicación óptimos tienen influencia decisiva en la calidad de la red, tanto en el desempeño técnico, como en su costo de inversión.

Para determinar estos dos parámetros básicos, se utilizarán las herramientas de AWE, el modelo de predicción DP y su herramienta de cálculo, la suite de software WinProp. El método de diseño consistirá en simular la WirelessLAN en el CATI con posibles ubicaciones de los Access Points. Así se obtendrán predicciones del desempeño de cada alternativa probada, y será factible establecer comparaciones entre los resultados de las diferentes combinaciones de número y ubicación de los AP. El análisis y comparación de los resultados de las simulaciones evidenciarán la mejor alternativa, así como sugerirán probables cambios o ajustes a la solución que mejores resultados arroje.

Lo anterior es un método de aprovechamiento de las facilidades que brinda WinProp para realizar modelamiento y simulación de redes de comunicaciones móviles, y estudiar su desempeño con gran confiabilidad, mientras que ahorra inmensas cantidades de tiempo porque evita hacer pruebas y mediciones de campo para cada nueva combinación de número y ubicación de AP. También es más práctico y exacto que realizar predicciones matemáticas de cobertura y propagación, utilizando cualquiera de los modelos empíricos disponibles. Recordemos que WinProp puede predecir esos datos en base a un modelo nuevo y superior que es el DP. Y ejecutar una predicción determinística como el Trazado de Rayos, sin una herramienta de software, es una tarea extremadamente compleja, poco menos que imposible.

Finalmente, antes de empezar, es indispensable establecer tres condiciones iniciales eminentemente técnicas, obligatorias, para crear las simulaciones e interpretar los resultados:

- 1) *Tasas de transmisión pretendidas.*- Se definió la cobertura y calidad de servicio que deberá presentar la red WI-FI, así que se busca conceder a los usuarios una conexión con las tasas de transmisión más altas de la norma IEEE 802.11g, esto es 36, 48 y 54 Mbps.

- 2) *Factor de diseño.*- Aunque el modelo de predicción DP y las simulaciones con WinProp ofrezcan buen grado de confiabilidad en los resultados obtenidos, no descuidamos considerar factores indeterminados que introduzcan errores e incertidumbre en las predicciones. Tales factores pueden ser muy variados, desde fallas en la elaboración de la database o errores acerca de las propiedades de los materiales de los edificios, hasta imprecisiones en las características de los equipos que integren la red WI-FI, pasando por interferencias y factores externos difíciles de establecer, como el mobiliario y cruce de personas por los rayos. Por tanto, es indispensable considerar un Factor de Diseño que empeore intencionalmente las condiciones resultantes de la simulación. Técnicamente, la conexión dependerá de la potencia recibida en los puntos de interés de cobertura, y se la considerará válida en 3 dB por debajo de la potencia recibida que indique WinProp. Ahora bien, esos 3 dB equivalen a bajar un nivel más la mínima tasa de transmisión aceptable, que en el ítem anterior fue fijada en 36 Mbps. Por tanto, considerando este factor de diseño, la nueva tasa de transmisión mínima aceptable queda fijada en 24 Mbps.

- 3) *Mínima potencia de señal recibida.*- La gran mayoría de tarjetas inalámbricas de usuario para acceso a redes WI-FI tienen prácticamente estandarizados algunos parámetros técnicos tales como la potencia de transmisión, que es de 15 dBm, y la sensibilidad, especialmente importante para captar la señal de los AP. Esta sensibilidad se refiere a la capacidad de detección del nivel de potencia recibida por la tarjeta desde los AP, para establecer con ellos una conexión a cierta velocidad de transmisión. Si las tasas mínimas aceptables quedaron establecidas en 54, 48, 36 y 24 Mbps, a ellas les corresponde una sensibilidad en el receptor de -68, -69, -75 y -79 dBm respectivamente, dato técnico de los principales fabricantes. En conclusión, se pretende que el mínimo nivel de potencia recibida

desde los AP, en las zonas de cobertura, sea de -79 dBm, a fin de garantizar una conexión al menos de 24 Mbps.

2.3.3.1 Creación de la Database. La unidad de trabajo para la predicción de propagación con WinProp es la database. El programa WallMan es comparable con AutoCAD, aunque menos robusto y complejo. El hecho es que permite establecer los materiales que componen los edificios a modelar, con sus propiedades físicas y eléctricas, para crear un modelo matemático que simula la estructura de los edificios o ciudades, en 3 dimensiones, con su real distribución de columnas, paredes, techos, lozas, ventanas, puertas, etc. Es dentro de este modelo matemático tridimensional que se simulará luego la propagación de ondas de una red de comunicaciones.

A continuación se muestran los materiales que componen los edificios del CATI. Las propiedades físicas, tales como espesor, alturas, composición, etc., han sido establecidas en la exploración de instalaciones. Las propiedades eléctricas para los elementos encontrados en la database han sido proporcionadas por AWE Communications:

<i>Paredes (f = 2440 MHz.)</i>	
Propiedades físicas generales	Descripción
Material	Ladrillo
Espesor	20 cm
Altura	3 m
Propiedades eléctricas (AWE)	Cantidad
Pérdidas de transmisión	11.22 dB
Pérdidas de reflexión	9.51 dB
Pérdidas de difracción	24 dB
Permitividad relativa	4

Permeabilidad relativa	1
Conductividad	0.064 S/m

Tabla. 2. 3. Propiedades físicas y eléctricas de las paredes componentes de la database.

<i>Puertas ($f = 2440$ MHz.)</i>	
Propiedades físicas generales	Descripción
Material	Madera
Espesor	5 cm
Altura	2.10 m
Propiedades eléctricas (AWE)	Cantidad
Pérdidas de transmisión	3.5 dB
Pérdidas de reflexión	16.5 dB
Pérdidas de difracción	28 dB
Permitividad relativa	1.7
Permeabilidad relativa	1
Conductividad	0.057 S/m

Tabla. 2. 4. Propiedades físicas y eléctricas de las puertas componentes de la database.

<i>Vidrio, puertas y ventanas ($f = 2440$ MHz.)</i>	
Propiedades físicas generales	Descripción
Material	Vidrio
Espesor	1 cm
Altura	Variable
Propiedades eléctricas (AWE)	Cantidad
Pérdidas de transmisión	1.8 dB

Pérdidas de reflexión	7.53 dB
Pérdidas de difracción	23 dB
Permitividad relativa	6
Permeabilidad relativa	1
Conductividad	0.006 S/m

Tabla. 2. 5. Propiedades físicas y eléctricas de elementos de vidrio en la database.

<i>Pisos, columnas, techos ($f = 2440$ MHz.)</i>	
Propiedades físicas generales	Descripción
Material	Concreto
Espesor	20 cm
Altura	Variable
Propiedades eléctricas (AWE)	Cantidad
Pérdidas de transmisión	13.5 dB
Pérdidas de reflexión	7.51 dB
Pérdidas de difracción	23 dB
Permitividad relativa	6
Permeabilidad relativa	1
Conductividad	0.093 S/m

Tabla. 2. 6. Propiedades físicas y eléctricas de pisos, columnas y techos en la database.

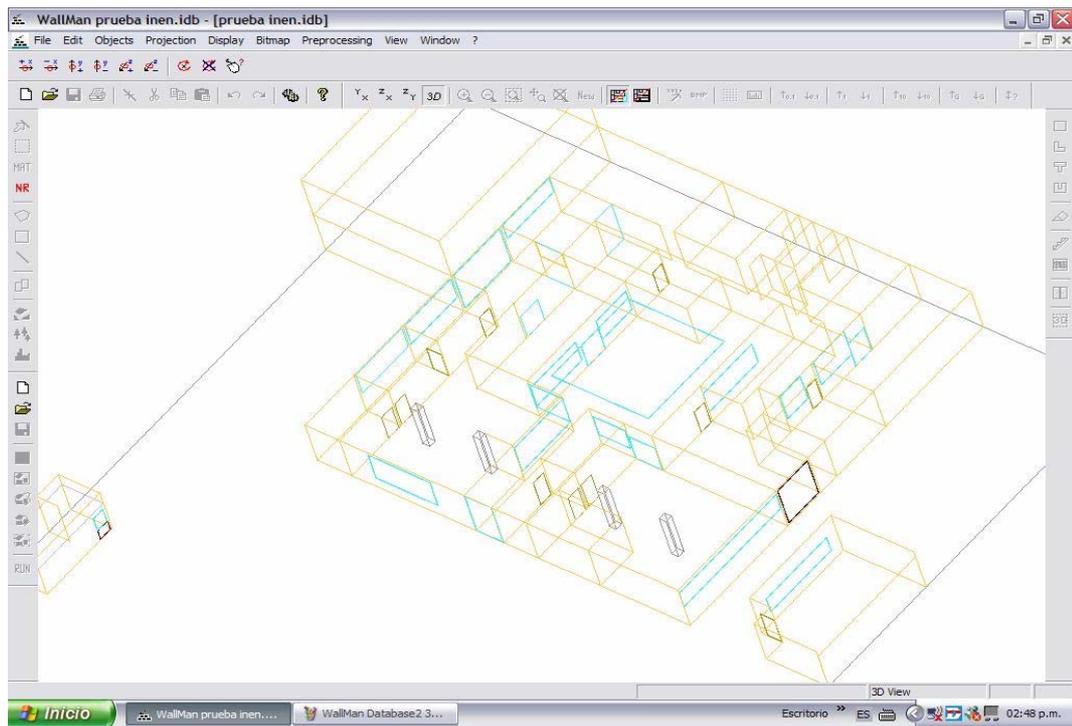


Figura. 2. 18. Database creada con WallMan, correspondiente al edificio Metrología y anexos.

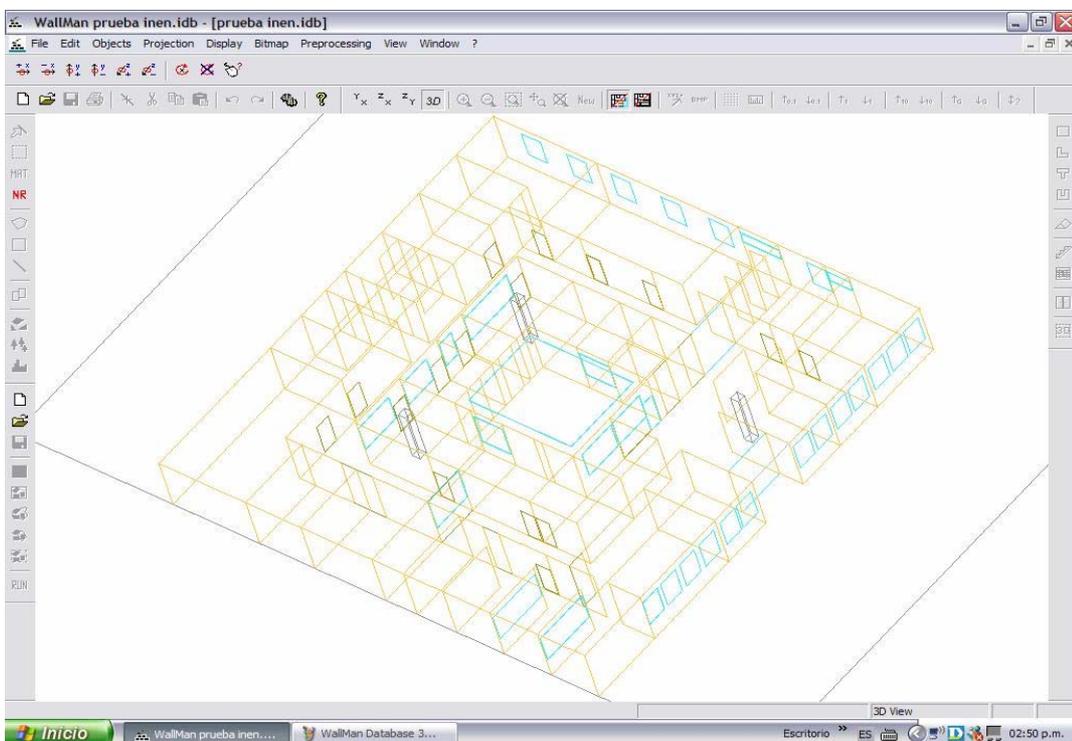


Figura. 2. 19. Database creada con WallMan, correspondiente al edificio de Química.

2.3.3.2 Proyecto de WirelessLAN con 1 AP por edificio (2 en total). Al observar la Figura 2.7, el gráfico sugiere utilizar 1 solo AP en cada edificio, con un total de 2 en toda la WirelessLAN. En una combinación de este tipo, 2 AP ubicados cada uno en el centro de un edificio, operando en canales diferentes sin traslapamiento, para evitar interferencias. Sus señales deberán atravesar muchas paredes, por lo que cada AP transmitirá con una antena omnidireccional de alta ganancia, como por ejemplo 14 dBi, que es una opción disponible en el mercado.

Los fabricantes ofrecen AP con potencias de transmisión de 15, 17, 18 o 20 dBm, según la marca y tipo. En general, uno de línea media o empresarial transmite 17 dBm, y si le agregamos la antena de 14 dBi, se conforma un transmisor de potencia efectiva radiada EIRP de 31 dBm.

Entonces, con ProMan se creará un Network Project utilizando 2 transmisores de 31 dBm de potencia EIRP, ubicados en el centro de cada edificio principal. Los resultados de la simulación con estas condiciones son los siguientes:

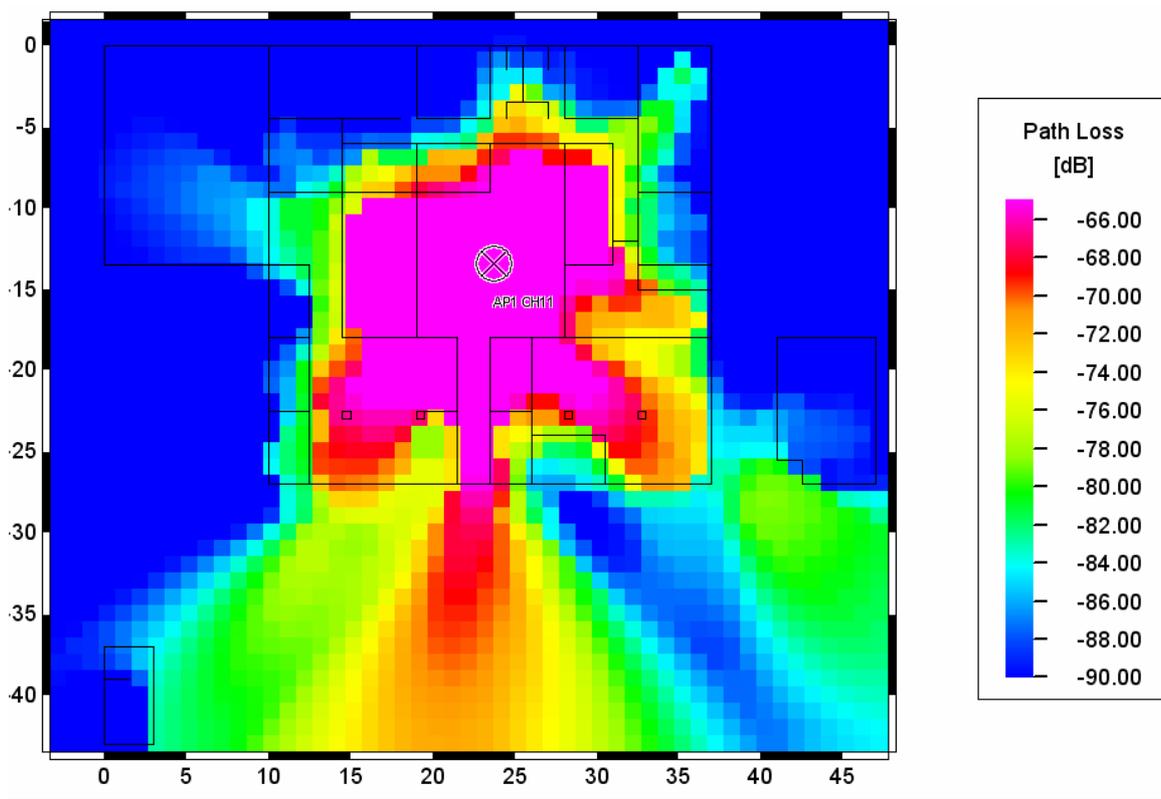


Figura. 2. 20. Potencia recibida en edificio Metrología, con 1 transmisor de 31 dBm EIRP.

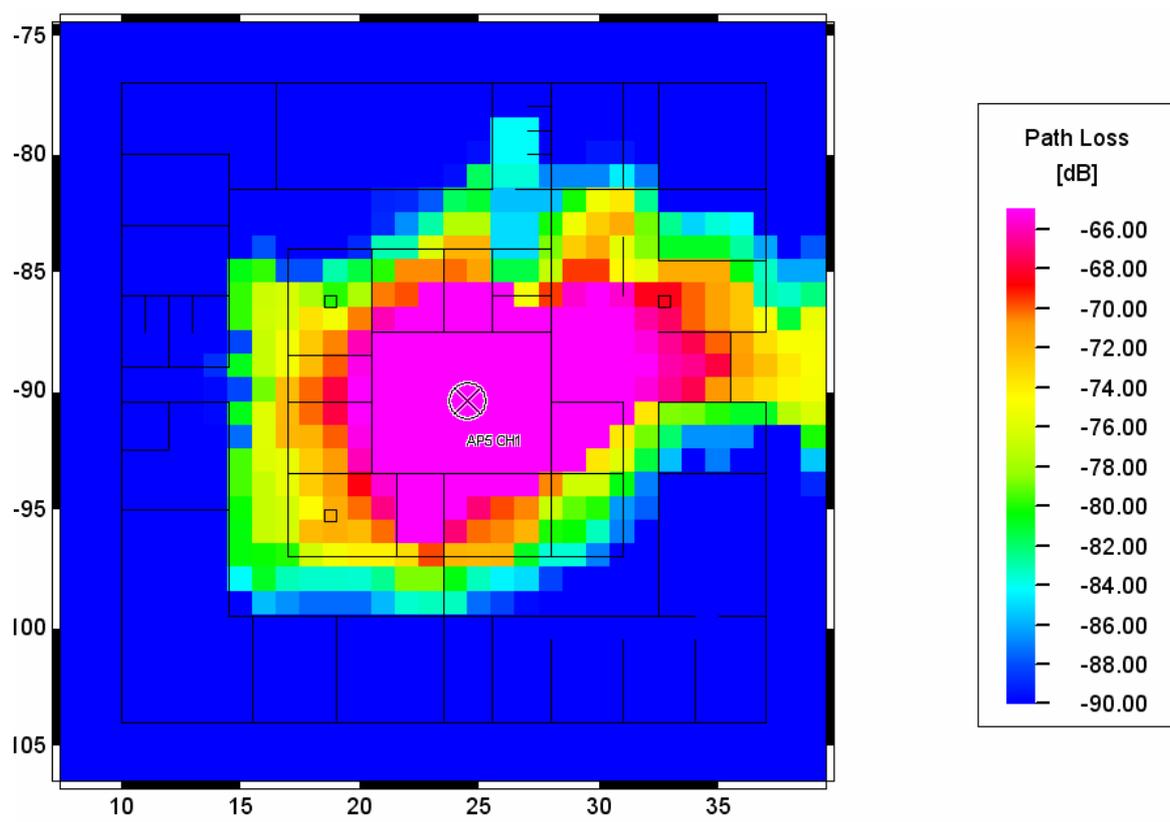


Figura. 2. 21. Potencia recibida en edificio Química, con 1 transmisor de 31 dBm EIRP.

La escala de colores indica que un 80% del área total del edificio Metrología es irradiada con una potencia de -79 dBm o más, y que el restaurante, cuarto de refrigeración y áreas de espacio abierto reciben potencias inferiores a la mínima aceptable. En el edificio Química, que tiene una mayor concentración de paredes y ambientes, apenas un 50% del área total es irradiada con la potencia mínima admisible. Los edificios tienen planta de forma cuadrada, por lo que, si se cambian de ubicación los transmisores, se descuidará siempre alguna zona, y tampoco el resultado será satisfactorio. En general, el resultado de la simulación indica que, a pesar de las antenas de 14 dBi con que cuentan los AP, éstos no son capaces de establecer la cobertura requerida, en una configuración de 1 AP central en cada edificio. Queda claro que debe colocarse un número mayor de esos equipos.

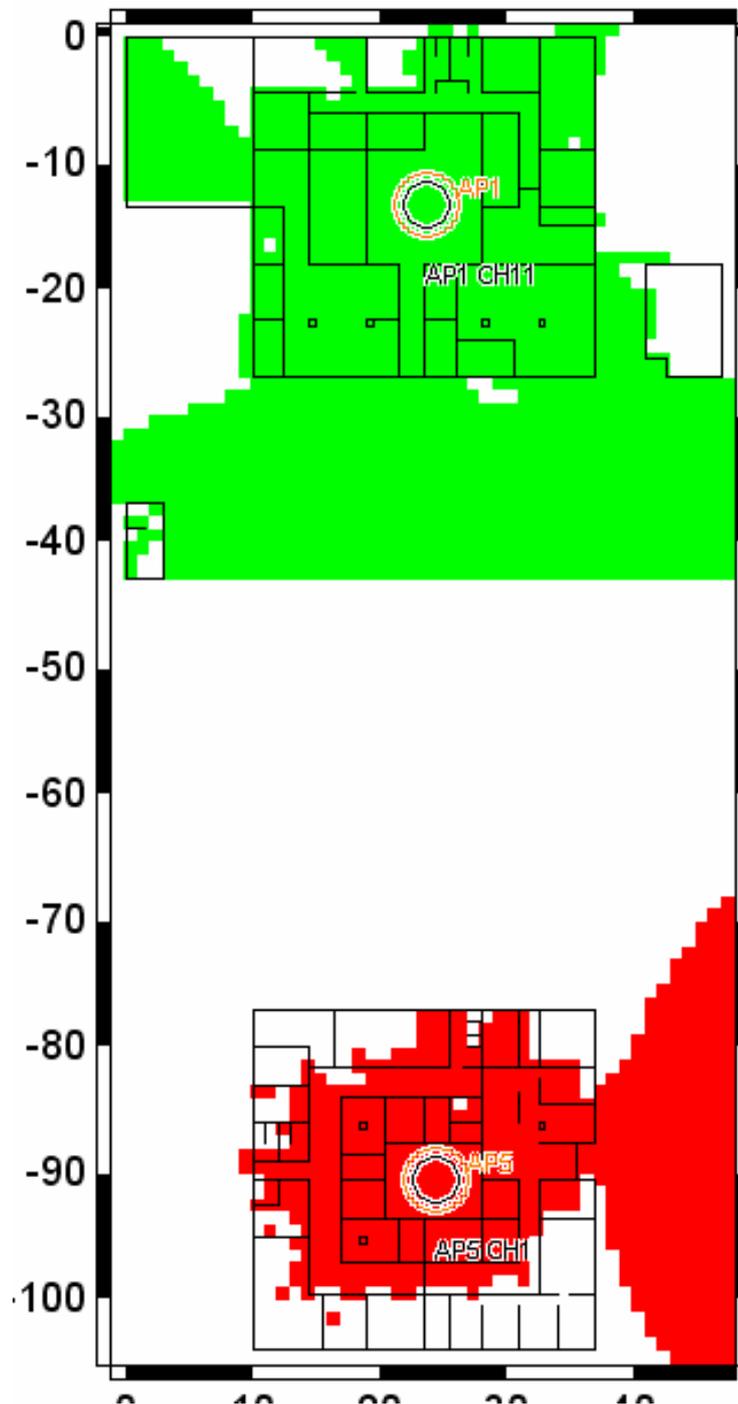


Figura. 2. 22. Celdas de cobertura creadas en el proyecto de 1 AP por edificio. La verde corresponde a canal 11, la roja a canal 1. Las zonas de color blanco indican áreas fuera de cobertura de las celdas.

2.3.3.3 Proyecto de WirelessLAN con 1 AP por ambiente (12 en total o más).

Esta nueva alternativa es exactamente la opuesta al proyecto de la sección 2.3.3.2. En ese caso, la idea era utilizar un mínimo número de AP, con una ubicación central y privilegiada de esos equipos en cada edificio, y combinados con costosas pero potentes antenas. Como esa opción ya fue descartada, en esta sección puede considerarse el caso contrario: muchos AP de baja potencia, con antenas de poca ganancia, ubicados en varios ambientes de cada edificio, para así cumplir con los requerimientos de cobertura y calidad de servicio.

En realidad, el conformar la red WirelessLAN de ese modo, con varios AP concentrados en cada edificio creando celdas de cobertura más pequeñas pero con mejor tasa de transmisión, es una idea que puede eventualmente cruzarse en la mente del diseñador. Pero inmediatamente se advierten dificultades técnicas y económicas derivadas de una combinación de número y ubicación de AP de ese tipo:

- En primer lugar, los AP de menor potencia en el mercado son los llamados de línea de hogar o pequeña oficina (SOHO), que transmiten con 15 dBm, y suelen venir equipados con antenas omnidireccionales de 1 y 2 dBi. Su costo puede ser dos o tres veces inferior a uno de línea empresarial, sugiriendo inicialmente un ahorro económico para la red WI-FI conformada con estos equipos sencillos. Lamentablemente el ahorro en el hardware de los AP sería contrarrestado con el mayor gasto en el sistema de distribución de red, es decir la instalación de más puntos de la red LAN cableada que interconectaría los AP con los servidores de red, y más lejanos, como los exteriores.

- Otra dificultad, en este caso de orden técnico más que económico, sería el problema de organización de varias celdas creadas por cada AP en cada edificio. Si hablamos de 1 AP por ambiente, no debe tomarse literalmente, porque existen 22 ambientes en el edificio de Metrología y 35 en Química, aparte de exteriores, refrigeración y restaurante. Sería más razonable considerar 5 AP por edificio, uno central y 4 en cada ángulo de la planta cuadrangular, más uno en refrigeración y

otro en el restaurante, lo que daría un total mínimo de 12 AP conformando la red. El problema consiste en tener 5 celdas por edificio, más las adyacentes de exteriores, refrigeración y restaurante. Recordemos que la norma seleccionada para la red WI-FI es 802.11g, que tiene solamente 3 canales sin traslapamiento. El resultado sería por lo menos 2, de las 5 celdas, con canales repetidos, debido a la imposibilidad de gestionar una adecuada distribución de frecuencias, y esta situación produce un fenómeno totalmente inconveniente para redes de comunicaciones inalámbricas, celulares y WirelessLAN: la interferencia co-canal (co-channel interference). Este fenómeno ha sido ampliamente documentado para redes WI-FI desde sitios donde existen muchas redes conviviendo sobrepuestas unas a otras, y es que la interferencia co-canal ocasiona desde disminución del Troughput o rendimiento del enlace, hasta el completo “enloquecimiento” de un adaptador de acceso inalámbrico a la red, que no resuelve a qué AP debe asociarse y autenticarse.

En conclusión, es indispensable considerar un ahorro de celdas en el espacio físico donde la WirelessLAN se despliega, para minimizar el efecto de la interferencia co-canal, así como para disminuir el tamaño del sistema de distribución de red. Este análisis deja sin piso la posibilidad de implantar una red WI-FI con los criterios supuestos en esta sección, por lo que es preferible omitir una predicción con la suite WinProp. Es innecesaria.

2.3.3.4 Proyecto de WirelessLAN con 1 AP por sector (8 en total). Técnicamente constituye una propuesta de diseño intermedia a las dos anteriores. Procura acercarse más a la forma de los edificios, aumentar el número de AP, como se decidió anteriormente, mientras que mantiene austeridad con el número de celdas creadas y por tanto, con el presupuesto.

El considerar la forma de los edificios, que tienen planta cuadrangular, es un criterio no utilizado aún. Si desde el centro no se pudo abarcarlos completamente, conviene acercarse hacia los ángulos de la planta, simétricamente. Esto crearía 4 sectores en

cada edificio, 8 en total, con 1 AP dentro. Si se analiza la zona del edificio de Metrología, se nota que dos de los sectores mencionados son adyacentes, por un lado a la zona exterior y refrigeración, y por otro al restaurante. Puede tratarse, entonces, de incluir esas zonas exteriores al edificio a cada uno de esos 2 sectores, quedando así cubiertas con conectividad sin aumentar el número de celdas, y por tanto de equipos. Como están físicamente más distantes, para estos dos sectores puede considerarse la posibilidad de aumentar la ganancia de la antena en el AP que cubra cada uno de estos 2 sectores especiales.

La WirelessLAN resultante constaría de 8 celdas creadas por igual número de AP, la mitad en cada edificio. Y con 4 celdas por edificio, es más fácil planificar una distribución de frecuencias con los 3 canales que están disponibles en 802.11g. Apenas un canal debería ser reutilizado convenientemente, entre las celdas más distantes dentro de cada edificio.

Utilizando ProMan podemos predecir la propagación de ondas en un esquema como el propuesto, con AP de línea empresarial y antenas incluidas con el equipo, por lo general de 2 dBi (para evitar adquirir antenas adicionales que involucran mayor costo), que componen un transmisor por sector de 19 dBm de potencia EIRP. En los sectores adyacentes a refrigeración y restaurante, la predicción considera transmisores de 22 dBm EIRP, suponiendo AP con antenas de 5 dBi de ganancia, en función de mejorar la cobertura a las zonas exteriores al edificio de Metrología.

Los resultados de ProMan para una predicción en esas condiciones son los siguientes:

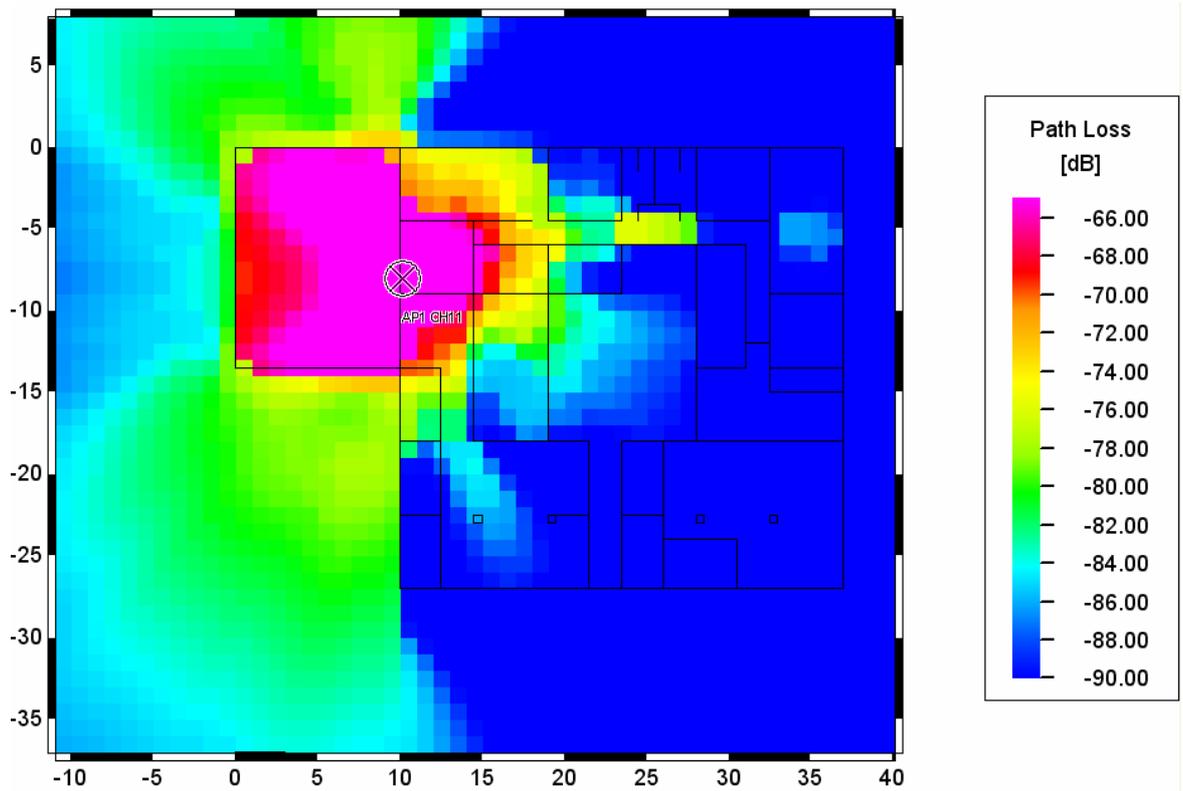


Figura. 2. 23. Sector #1 Metrología, con transmisor AP1 de 19 dBm EIRP, y celda de canal 11.

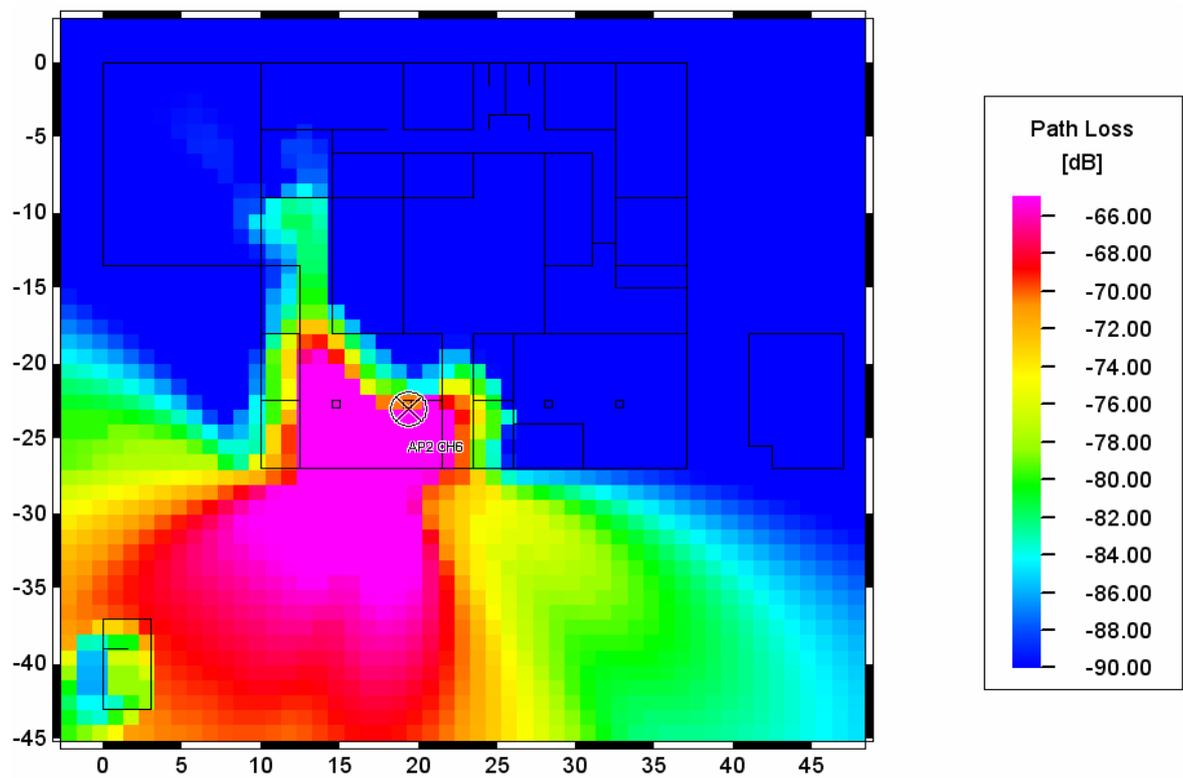


Figura. 2. 24. Sector #2 Metrología, con transmisor AP2 de 22 dBm EIRP, y celda de canal 6.

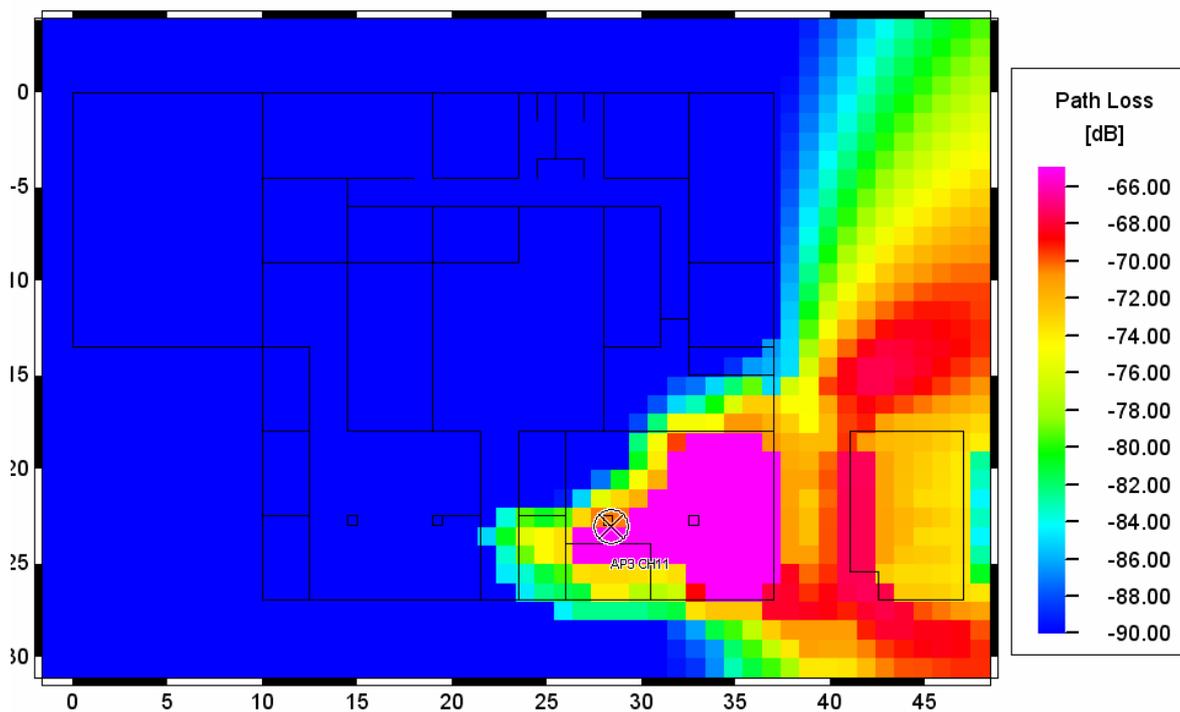


Figura. 2. 25. Sector #3 Metrología, con transmisor AP3 de 22 dBm EIRP, y celda de canal 11.

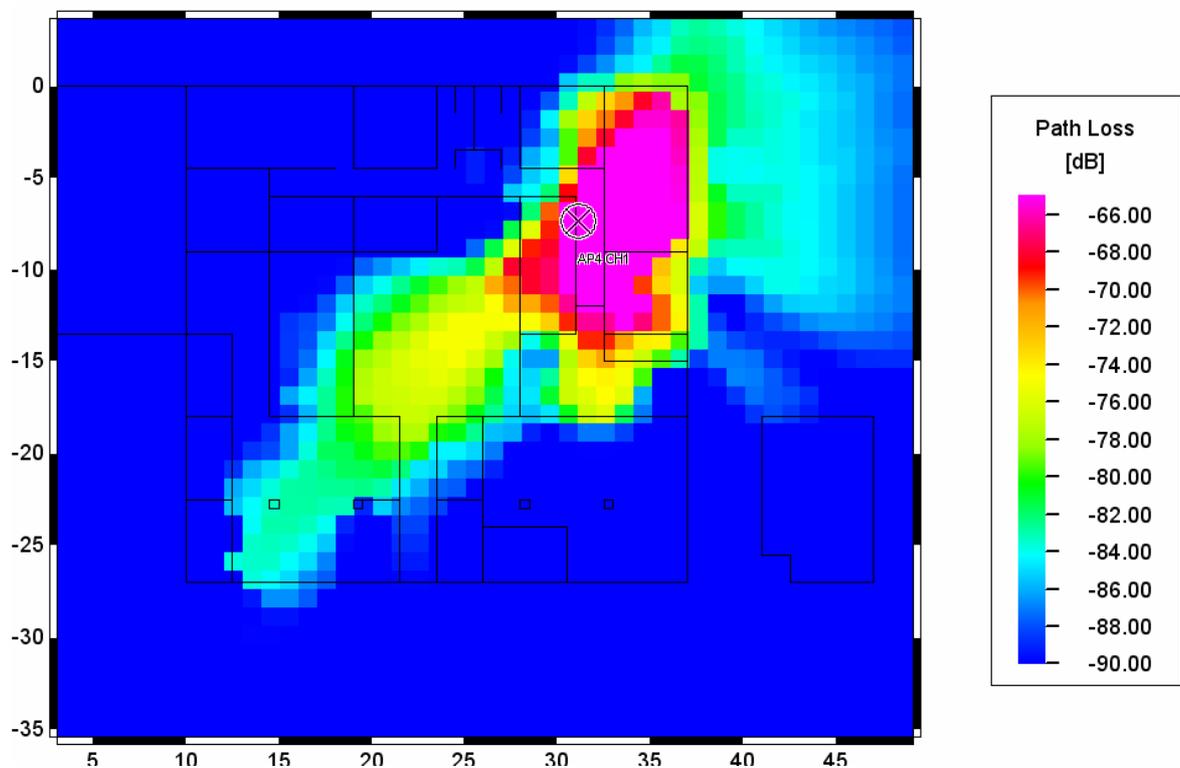


Figura. 2. 26. Sector #4 Metrología, con transmisor AP4 de 19 dBm EIRP, y celda de canal 1.

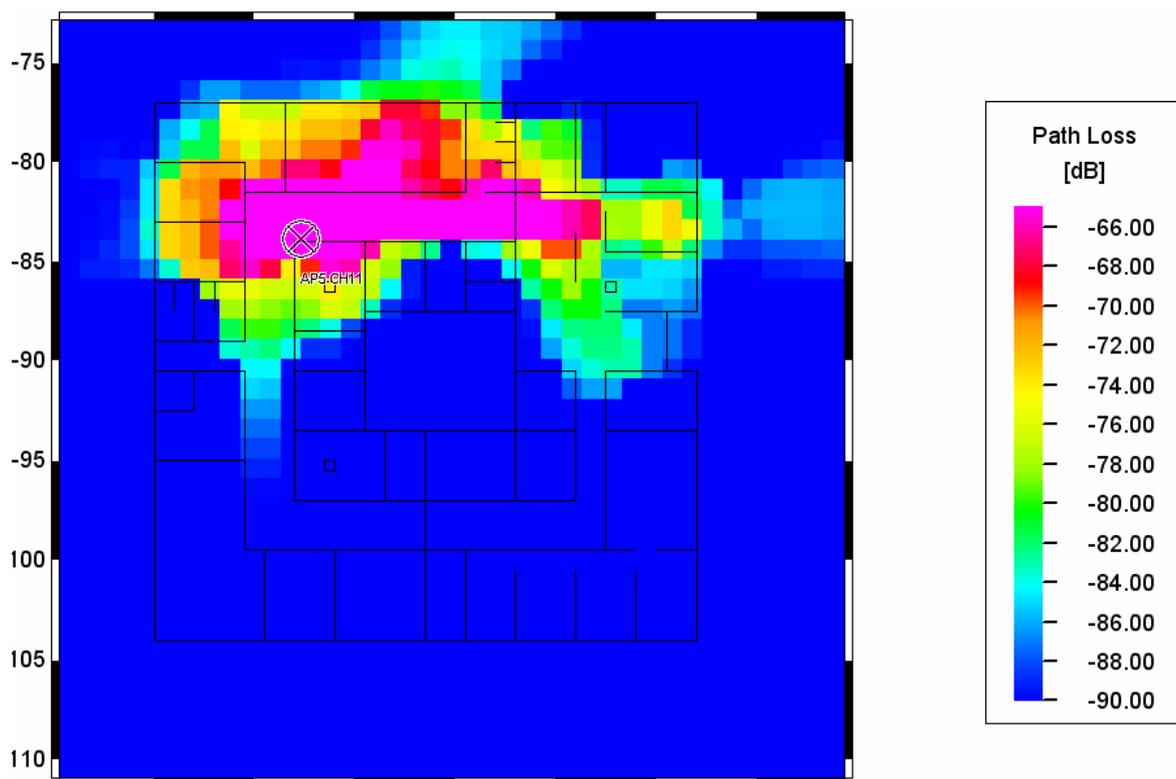


Figura. 2. 27. Sector #5 Química, con transmisor AP5 de 19 dBm EIRP, y celda de canal 11.

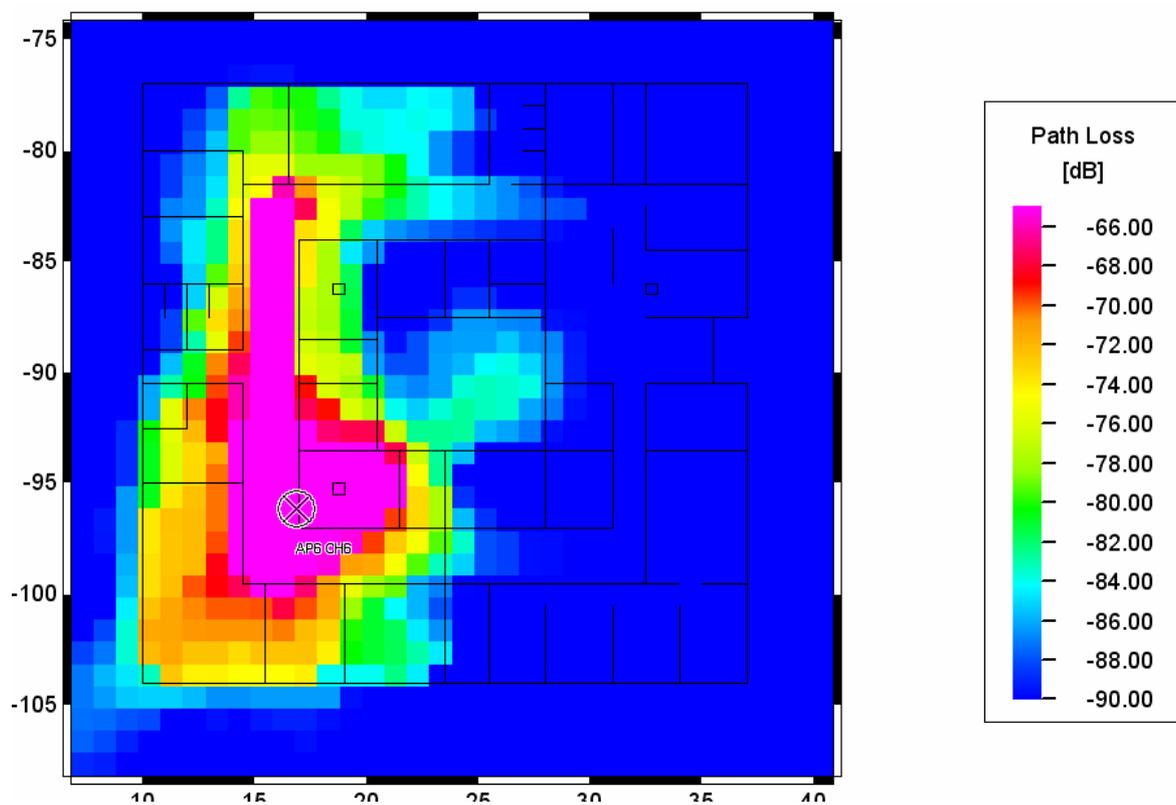


Figura. 2. 28. Sector #6 Química, con transmisor AP6 de 19 dBm EIRP, y celda de canal 6.

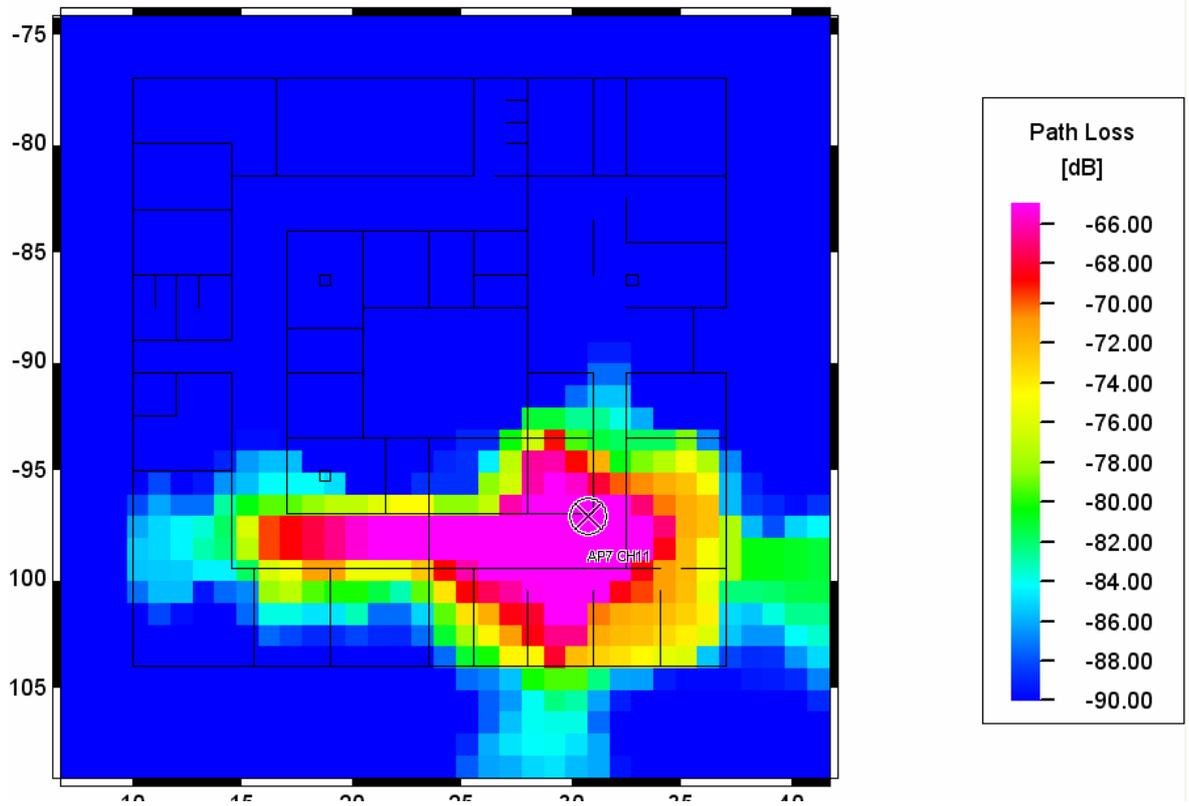


Figura. 2. 29. Sector #7 Química, con transmisor AP7 de 19 dBm EIRP, y celda de canal 11.

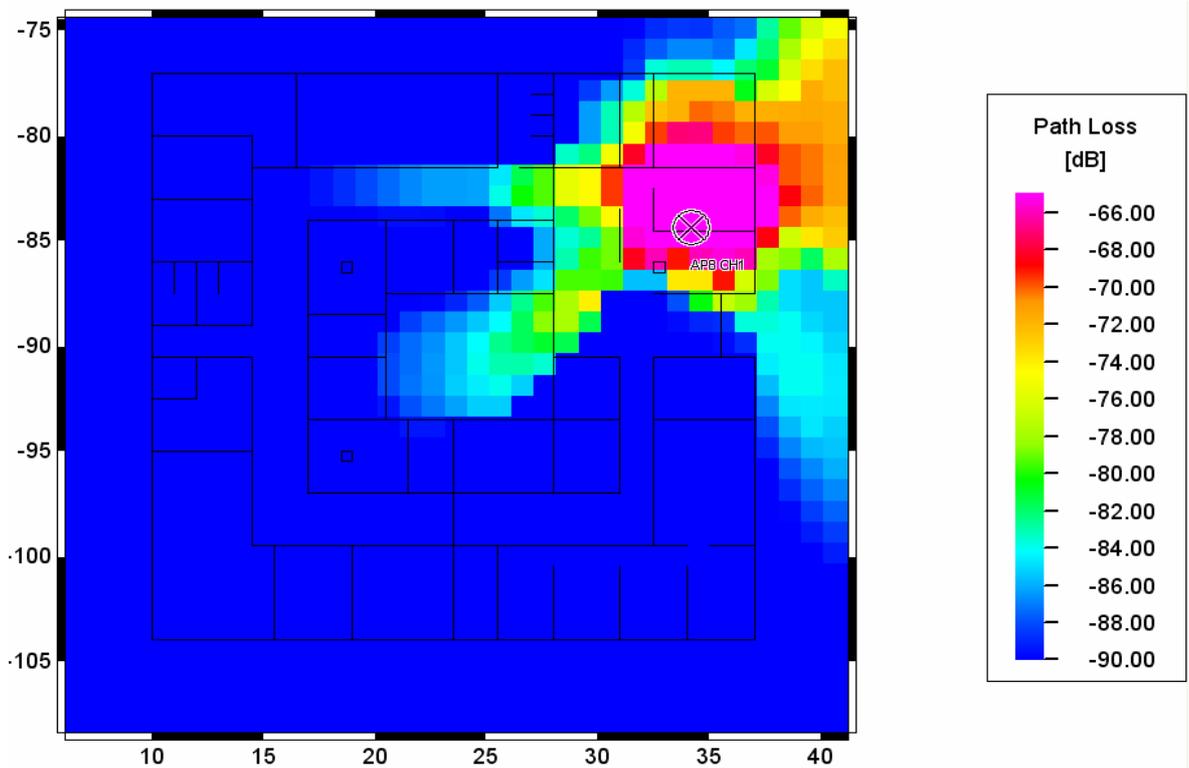


Figura. 2. 30. Sector #8 Química, con transmisor AP8 de 19 dBm EIRP, y celda de canal 1.

Se realizaron varios ensayos con ProMan, buscando la ubicación más conveniente de los AP en su respectivo sector. A fin de cuentas, esa es la ventaja de contar con esta herramienta de software, el poder cambiar varias veces la posición de los transmisores, compilar el proyecto (que tiene un tiempo de proceso de alrededor de 20 segundos, con el modelo DP) y estudiar los resultados, para tomar decisiones.

En las posiciones indicadas en las figuras anteriores, se pretendió ubicar cada AP de modo que cubra lo mejor posible su sector, al mismo tiempo que la invasión de sus ondas hacia otros sectores sea mínima. También son importantes las posiciones del AP2 y AP3, correspondientes a las zonas adyacentes a exteriores, refrigeración y restaurante. Esas posiciones fueron modificadas varias veces hasta que ProMan arrojó predicciones que permitan asegurar que esos sitios, aunque estén fuera del edificio de Metrología, sí queden incluidos dentro de las celdas de los AP mencionados. Las Figuras 2.24 y 2.25 demuestran que ese objetivo se logró, evitando enlaces cableados hacia esos puntos, que de otra manera habrían tenido que ser instalados por debajo de los adoquines del parqueadero.

ProMan también ofrece la posibilidad de graficar las celdas creadas por cada transmisor, según el nivel de potencia recibida en cada punto del área de cobertura, que esté dentro de los niveles de sensibilidad de las tarjetas o adaptadores de red inalámbrica del mercado. Por supuesto, estas celdas están supuestas cuando la tasa de transmisión es la mínima requerida por el proyecto, es decir 24 Mbps. El área de cobertura ha quedado distribuida en celdas como se muestra en la Figura 2.31.

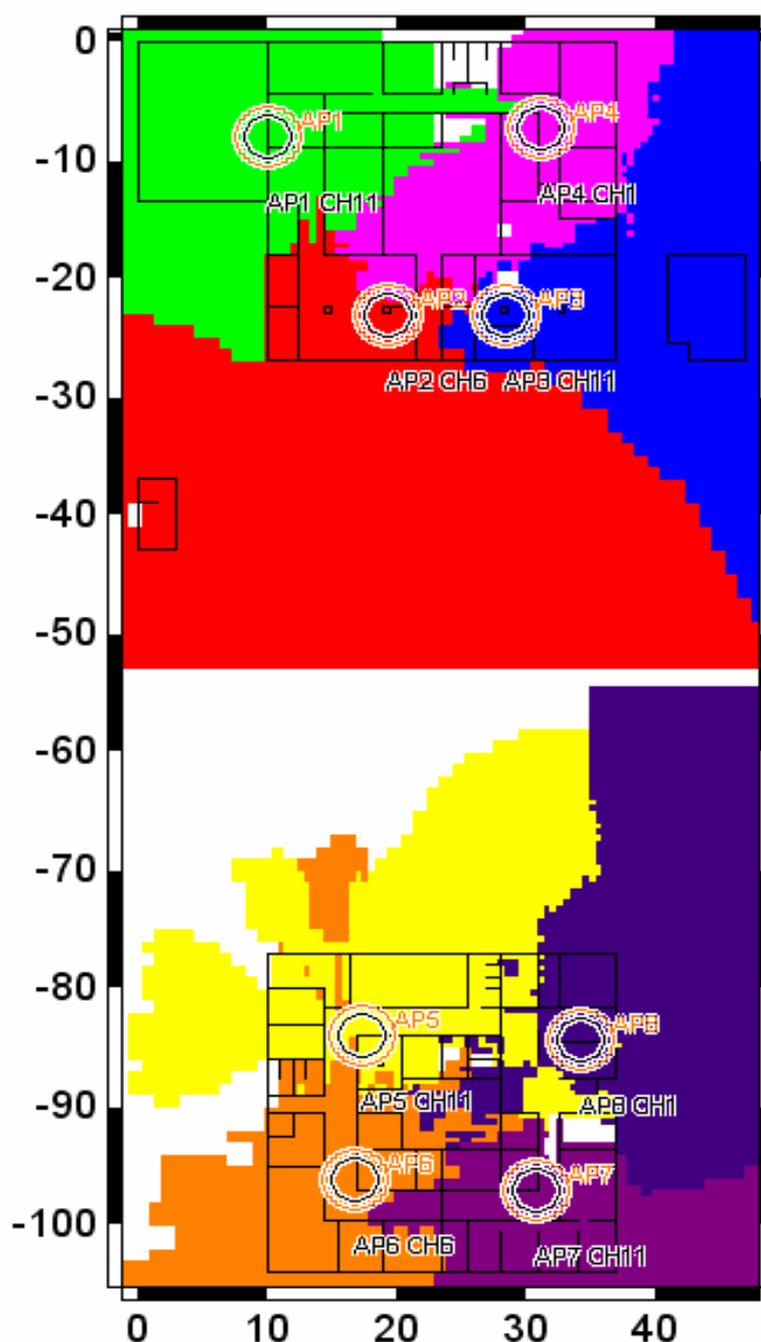


Figura. 2. 31. Distribución de celdas en el área de cobertura de la WirelessLAN, con velocidad de transmisión de 24 Mbps o superior.

2.3.3.5 Solución óptima. Las predicciones del desempeño de una WirelessLAN WI-FI en el CATI, realizadas con la suite WinProp, demuestran que el mejor rendimiento es obtenido en el Proyecto de la sección 2.3.3.4, desde el punto de vista técnico porque cumple todos los resultados esperados de la red, y desde el punto de

vista económico porque lo hace con la menor cantidad de hardware posible. En cuanto a la cobertura, la Figura 2.32 permite apreciar todas las áreas de interés con la probabilidad de recepción de una de las celdas, para la mínima tasa de transmisión aceptable, según esa solución.

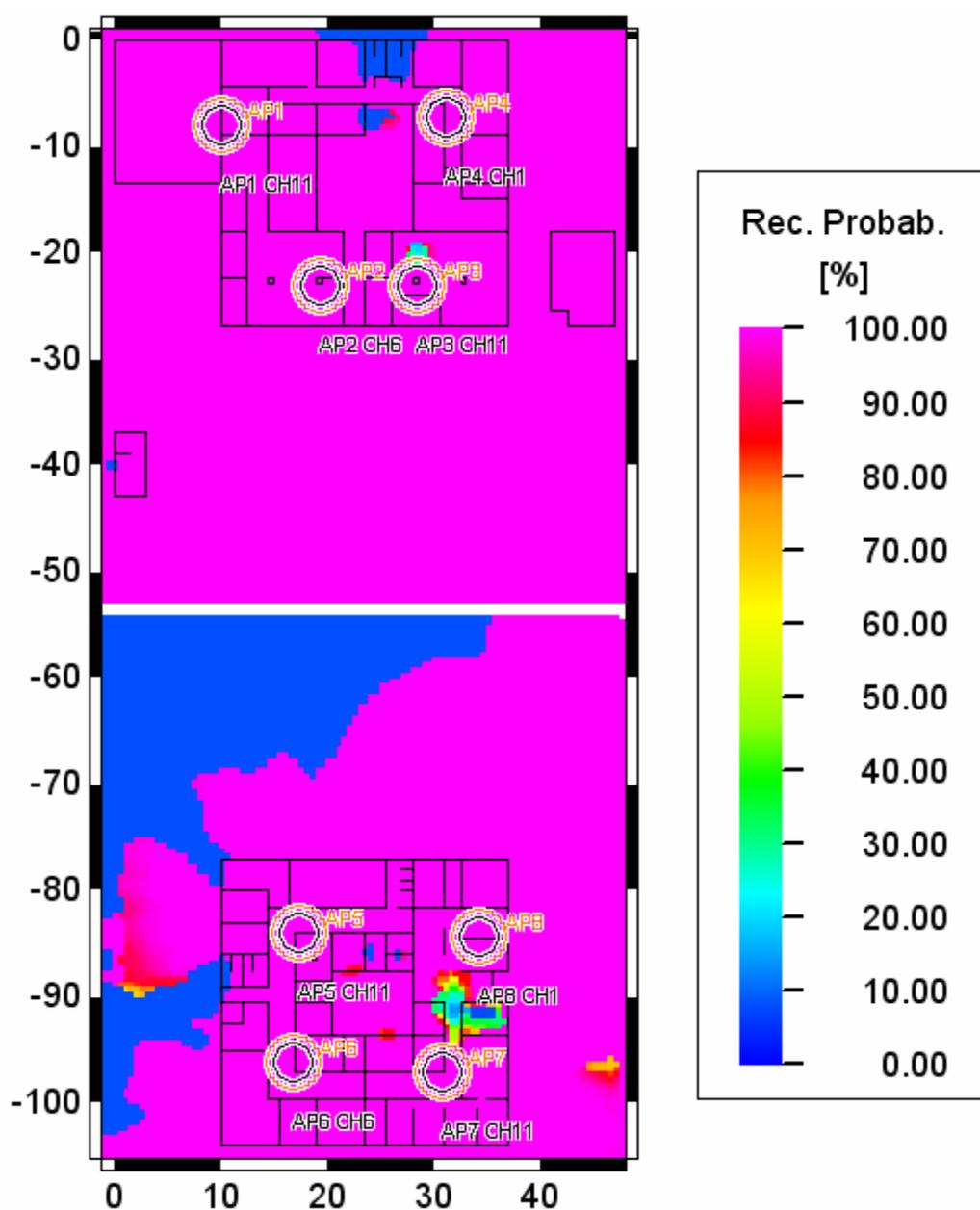


Figura. 2. 32. Probabilidad de recepción de la señal que permitiría establecer la conexión esperada a la red WI-FI.

2.3.4 Bases técnicas de los dispositivos de WirelessLAN. Se ha establecido el diseño de la red inalámbrica para los laboratorios del INEN. En concordancia con el diseño, se indicarán ahora las características y especificaciones mínimas que deberán tener los equipos que conformarán esa red, en lo que se refiere a la capa 1 del modelo OSI. Estos datos constituyen las bases técnicas con las que deberán seleccionarse los AP y las tarjetas de red.

2.3.4.1 Access Points.

1. Deben ostentar la certificación WI-FI.
2. Operación bajo el estándar IEEE 802.11g.
3. Potencia mínima de transmisión de 17 dBm, o 50 mW.
4. Sensibilidad mínima de -70 dBm, para conexión a 54 Mbps.
5. 6 AP con antenas omnidireccionales de al menos 2 dBi de ganancia.
6. 2 AP con antenas omnidireccionales de al menos 5 dBi de ganancia.
7. Deben soportar la función de roaming.

2.3.4.2 Adaptadores de red WirelessLAN.

1. Deben ostentar la certificación WI-FI.
2. Operación bajo el estándar IEEE.802.11g.
3. Potencia mínima de transmisión de 15 dBm, o 32 mW.
4. Sensibilidades mínimas de:
 - -70 dBm para conexión a 54 Mbps
 - -72 dBm para conexión a 48 Mbps
 - -75 dBm para conexión a 36 Mbps
 - -79 dBm para conexión a 24 Mbps

2.4 ARQUITECTURA DE LA RED ETHERNET

En las secciones previas tratadas en este capítulo han sido establecidas las características básicas de la red LAN que será implantada en las instalaciones del CATI, tales como su Topología, su técnica de acceso al medio, etc. Los detalles más específicos que permitirán construirla no pudieron ser determinados, por no contar con un diseño definitivo de la WirelessLAN.

La red inalámbrica WI-FI ha quedado totalmente diseñada, a través del establecimiento del número y ubicación exacta de los AP que la conforman. Esta información permite continuar el proyecto con el diseño minucioso de la red LAN cableada, que constituye el llamado Sistema de Distribución de los AP. Muchas decisiones técnicas están pendientes, acerca de la red cableada, por lo que su determinación y especificación corresponde a la ejecución de la verdadera Arquitectura de la red, en función del uso que se dará a la misma.

2.4.1 Dimensionamiento de la Intranet. El diseño de la red LAN de tipo Ethernet debe realizarse de manera que considere el requerimiento de escalabilidad, tratado en la sección 2.1.4 del presente capítulo.

Desde el punto de vista del número de usuarios, la red debe soportar a 55 usuarios al momento de arranque, y se tiene previsto que el incremento en el número de usuarios no llegue a ser mayor de un 20%, con lo que la red soportaría hipotéticamente a 66 usuarios simultáneamente, en el peor caso. Como esos usuarios accederán a la Intranet a través de los AP, es importante considerar la capacidad de esos dispositivos. En el mercado existen AP que soportan desde 48 hasta 248 usuarios simultáneamente. Tomando en cuenta que son 8 los AP que integran la WirelessLAN, la capacidad teórica de ésta sería al menos de 384 usuarios, por lo que la red cumple y ampliamente sobrepasa la posibilidad de crecimiento en el número de usuarios.

Desde el punto de vista del tráfico, la Intranet en el CATI funcionará inicialmente para brindar servicio de Internet (limitado actualmente a un ancho de banda del enlace muy pequeño, según las observaciones de la sección 1.2.2, Capítulo 1), servicios de FTP y transporte de archivos entre usuarios, en general. En el corto plazo, su función principal será soportar un Software o Sistema de procesamiento de datos, para la automatización de las actividades técnicas del INEN. Ese sistema, según se había vislumbrado anteriormente, podría ser diseñado para funcionar a través de páginas html, que serían accedidas a través de la Intranet, utilizando simplemente el programa navegador de Internet o browser. Este tráfico es ligero, si todos los 65 usuarios descargaran páginas html, internas o externas a la red al mismo tiempo, se estima provocarían un tráfico pico de 6.5 Mbps, sobre el sistema de distribución o backbone de la red LAN Ethernet. Por tanto, el tráfico inicial de la red no sería alto, en lo referente al Internet y Sistema de procesamiento de datos, sin embargo, la transmisión de archivos, documentos, MP3 y demás información que seguro transitará por la red, producen una carga mucho más alta que las páginas html. Por tanto, es importante disponer de un adecuada capacidad y velocidad de transmisión de datos en la red LAN, de manera que no se afecte la calidad de servicio. Además, es muy importante considerar que permanentemente aparecen nuevas aplicaciones requiriendo mayores capacidades de transmisión de datos.

En general, con las distancias tan pequeñas entre los AP y desde ellos hasta el cuarto principal de telecomunicaciones donde estará el MDF, las opciones tecnológicas para montar una red Ethernet son pocas: 10, 100, 1000 Mbps sobre fibra óptica o pares de cobre. Todos los AP del mercado incorporan un conector RJ-45 para cable de red Ethernet a 100 Mbps, que perfectamente soportaría el tráfico generado por la octava parte de los usuarios totales, incluso si hubiera sobrecarga de usuarios sobre un sector, que incremente esa octava parte.

2.4.2 Backbone de la red LAN. Está claro que la conexión de los 4 AP de cada edificio ha de ser hacia un concentrador tipo switch, ubicado en el respectivo cuarto de comunicaciones tanto de Metrología como de Química. Como las distancias son cortas, el enlace será a través de cables UTP CAT5E, el más común en redes LAN Ethernet.

Todo el tráfico de datos captado por los AP de los terminales de usuarios encausado hacia los switches de cada edificio, conformando las estrellas o ramificaciones de la topología seleccionada para esta red. Suponiendo que en algún momento todos los AP recibieran tantos datos que saturen su conexión hacia el switch, y como cada AP aporta con 100 Mbps hacia ese dispositivo, hipotéticamente, el máximo tráfico que recibirán los switches es 400 Mbps cada uno.

Por tanto, el sistema de distribución de AP debe tener capacidad para soportar un nivel de tráfico mayor al soportado por las conexiones Fast Ethernet o 100 BaseT, a 100 Mbps. Ese sistema de distribución constituye el backbone o troncal de la red LAN, que canalizará todos los datos provenientes de los switches, hacia los servidores de red, que también “enfrentarán” todo el sistema hacia el Internet.

El backbone debe entonces interconectar las estrellas de cada edificio hacia los servidores. Esto equivale a crear un enlace entre los switches de cada edificio, y conectarlos hacia el servidor, con la consideración de que por este backbone circularán los datos de todos los AP simultáneamente, y por tanto requiere mayor capacidad.

Las opciones para construir el backbone son básicamente 3: Giga Ethernet sobre pares de cobre, WI-FI, Ethernet sobre fibra óptica. Muy importante tener en cuenta la distancia de los switches hacia los servidores: desde el switch de Química hacia el cuarto MDF en Metrología, en línea recta la distancia es 55 metros. Desde el switch de Metrología hasta los servidores la distancia es no mayor a 5 metros, por estar dentro del mismo cuarto.

Para decidir cuál de las 3 opciones será escogida para integrar el backbone de la red LAN, se plantea un sencillo análisis al siguiente cuadro comparativo:

<i>Cuadro comparativo tecnologías para el backbone de la red LAN</i>			
	Giga Ethernet	WI-FI	Fibra Óptica
Velocidad de transmisión (Mbps)	1000	108 o menos	400 / 1000
Distancia máxima	90 m	1 Km	600 m
Dificultad de instalación	Media	Media/Alta	Media/Alta
Costo	Medio	Medio	Alto

Tabla. 2. 7. Cuadro comparativo de tecnologías para conformar el backbone de la red LAN.

Para el caso del presente proyecto, el enlace entre los dos edificios, de switch a switch, es más conveniente realizarlo con la nueva tecnología Giga Ethernet, que perfectamente puede ser soportada por pares trenzados de cobre o cable UTP. Con este medio, la distancia del enlace sería de 80 metros, considerando acometidas, ángulos y enterramiento del medio físico. Giga Ethernet 1000 BaseT se hizo para compatibilidad con cableado UTP CAT5E y el nuevo CAT6. Soporta una velocidad de transmisión de 1000 Mbps, además de que las tarjetas o adaptadores de red, así como los switches de capa 2 para Giga Ethernet son solo ligeramente más altos de precio que los corrientes para Fast Ethernet. La Tabla 2.7 no deja dudas sobre las ventajas de la solución con Giga Ethernet 1000 BaseT sobre otras opciones de radio, como la misma WI-Fi, o Fibra Óptica, que por su alto costo deja de ser práctica en distancias tan cortas como las del backbone de la red LAN del CATI.

Entonces, el backbone se define como el enlace entre los switches de cada edificio, y la conexión de los mismos hacia los servidores de red. Para que la capacidad de transmisión de datos de esta troncal sea efectivamente de 1000 Mbps, es indispensable que los dos switches, el de MDF de Metrología y el de IDF de Química, soporten conexión Giga Ethernet, o 1000 BaseT. También las tarjetas o adaptadores de red instaladas en los servidores deben ser de tipo Giga Ethernet. Precisamente esas tarjetas

o NIC se diseñan para equipar servidores de red, que tienen comunicación con los backbone.

2.4.3 Cableado estructurado. Sobre el cableado utilizado en la red LAN, para la conexión de los AP hacia su respectivo switch se tienen distancias máximo de 40 m de una conexión Fast Ethernet, por lo que ya redefinió realizar esos enlaces de red con cable tipo UTP CAT5E. Cada AP deberá contar con un punto de red y alimentación eléctrica.

El backbone será integrado por cable UTP CAT6, recomendado por los desarrolladores de tecnología Giga Ethernet por sus prestaciones superiores en cuanto a niveles de atenuación, resistencia a la diafonía, y sobre todo su ancho de banda de 250 MHz, ampliamente superior a los 100 MHz que ofrece el CAT5E. Otros motivos por lo que es preferible utilizar CAT6 en la troncal de red es porque el enlace entre los edificios se acerca a los 90 metros límite que establecen las normas, y como Giga Ethernet utiliza los 8 hilos de cobre que componen el cable UTP (a diferencia de los 4 hilos que usa Fast Ethernet), el rendimiento en general de un enlace con CAT6 será muy superior. Finalmente, su precio también es bajo, aunque no tanto como el del CAT5E.

Serán necesarios dos soportes (racks) de pared o piso, pequeños, donde se instalarán los switches tanto en el MDF del edificio de Metrología, como en el IDF del edificio de Química. En esos soportes deberá organizarse todo el cableado, utilizando patch pannels, face plates, patch cords, jacks, etiquetas, etc. Todos los materiales de cableado estructurado que se utilicen en la conformación del backbone de red, igualmente deberán ser de CAT6, y hay buena disponibilidad de esos elementos en el mercado: jacks, patch cords, etc.

La protección de todo el cableado deberá realizarse principalmente con tubería EMT de 3/4 de pulgada, para guardar concordancia con las normas de seguridad industriales

vigentes dentro de los laboratorios del INEN, y en zonas específicas donde la estética sea importante, como las oficinas, se utilizará canaleta decorativa.

Determinados ya todos los elementos, parámetros y componentes de la red LAN y también de la WirelessLAN, queda terminado el diseño físico de la Intranet a implantar en el CATI, lo correspondiente a la capa 1 según el modelo OSI, y algunos aspectos de la capa 2. En el desarrollo de un proyecto real, es difícil separar con exactitud el diseño capa por capa del modelo referencial OSI, aunque sí es posible utilizarlo como guía. La etapa de diseño y planificación que se ha concluido requiere especial creatividad y adaptación a las particulares condiciones del caso, mientras que para las restantes capas del referido modelo OSI, las decisiones técnicas son “de facto”, como citan algunos expertos.

En la Figura 2.33 se ofrece un esquema general de la Intranet completa a instalarse en el CATI, con detalle de la red LAN, la WirelessLAN, así como algunos usuarios.

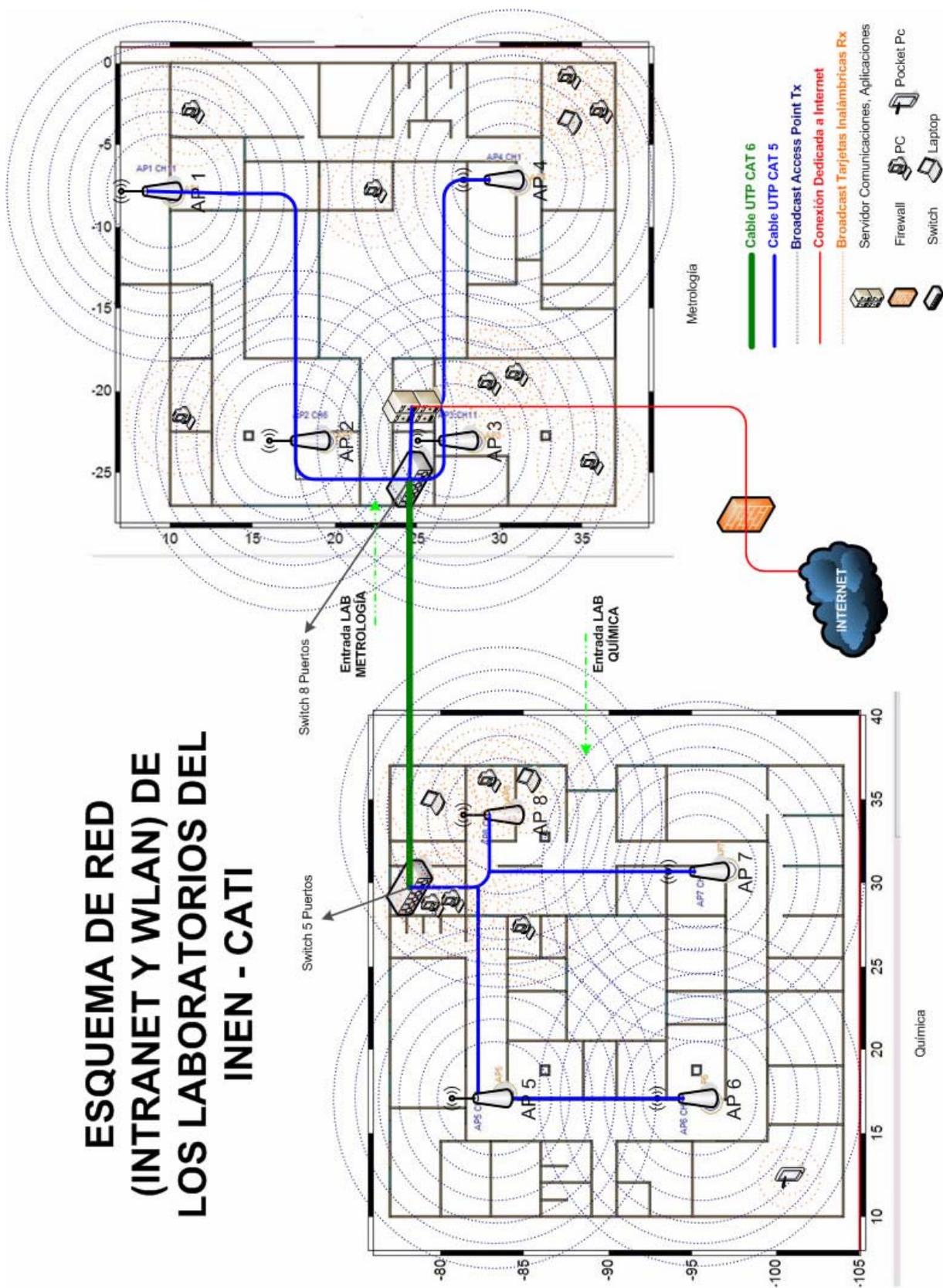


Figura. 2. 33. Esquema general de la Intranet del CATI. Se observa la posición de los AP que integran la WirelessLAN WI-FI, y su sistema de distribución constituido por una red LAN tipo Ethernet.

2.4.4 Bases técnicas de equipos de red LAN.

2.4.4.1 Switches de backbone.

1. Un switch capa 2, tipo Giga Ethernet 10/100/1000 BaseT, mínimo 8 puertos.
2. Un switch capa 2, tipo Giga Ethernet 10/100/1000 BaseT, mínimo 5 puertos.

2.4.4.2 Tarjetas de red (NIC) para servidores.

1. Tarjeta de red 32/64 bits, tipo Giga Ethernet 10/100/1000 BaseT.

CAPÍTULO III

GESTIÓN DE RED

En el capítulo anterior ha quedado íntegramente definido el diseño de la Intranet del CATI, desde el punto de vista estructural y constitutivo. Han quedado establecidas la topología y arquitectura en detalle, para la construcción física de la red, y también se han determinado los elementos que deben integrarla, con sus especificaciones.

Lo anterior ha sido una tarea sin duda delicada, ya que incide directamente en el resultado de la cobertura y alcances de la red, que en primera instancia es una de las necesidades básicas que deben ser satisfechas por el proyecto, además de que influye directamente en su costo final. De ahí que hayan sido considerados criterios tan especiales de telecomunicaciones, y se hayan tomado en cuenta los últimos avances en investigaciones y herramientas de diseño, como la suite de software WINPROP, a fin de que el resultado obtenido sea en verdad óptimo.

Observando este trabajo previo, desde el punto de vista del modelo OSI¹¹, se ha completado íntegramente el diseño de la primera capa o capa física de la Intranet, y ciertos detalles de la segunda capa, la de enlace. Probablemente esta etapa sea la que mayormente exigió creatividad de parte del diseñador, porque superada esta fase, la puesta en marcha de la red puede hacerse siguiendo una “receta”, obtenida de las soluciones más utilizadas para las capas restantes del modelo OSI.

¹¹ *Open System Interconnection*, modelo referencial para desarrollo de redes, elaborado por el Organismo de Estandarización Internacional (ISO).

Por tanto, el objetivo del presente capítulo es complementar el diseño integral de la Intranet para el CATI, según las 6 capas del modelo OSI que aún no han sido abordadas, y que son: enlace, red, transporte, sesión, gestión y aplicaciones.

Debe entenderse que no se hará una descripción técnica profunda del citado modelo referencial y sus capas, porque es tema de otros trabajos, mientras que el presente proyecto es eminentemente práctico, las secciones a continuación están orientadas a sustentar y planificar la real implantación de la Intranet.

3.1 AUTENTICACIÓN Y ASOCIACIÓN EN LA WIRELESSLAN

A continuación se abordará el tema de la autenticación y asociación, a nivel de dispositivos para la red inalámbrica del CATI.

La autenticación de la WirelessLAN ocurre en la capa 2 del modelo OSI. Es el proceso de autenticar el dispositivo, no el usuario. Este es un punto crítico a recordar cuando se considera la seguridad de la WirelessLAN, la localización de averías y la administración total. La autenticación puede ser un proceso nulo, como en el caso de un nuevo Access Point y de una NIC¹² con configuraciones por “default”, por defecto. El dispositivo enviará una trama de solicitud de autenticación al AP y la trama deberá ser aceptada o rechazada por el AP. Notifican al dispositivo de la respuesta a través de una trama de respuesta de la autenticación. El AP se puede también configurar para dar la tarea de la autenticación a un servidor de autenticación, que realizaría un proceso de “credentialing” más cuidadoso.

La asociación, realizada después de la autenticación, es el estado que permite que un usuario utilice los servicios del AP para transferir datos.

Existen tres tipos de autenticación y asociación dentro de las redes WirelessLAN:

¹² *Network Interface Card*, otra denominación del adaptador de red inalámbrica o tarjeta para acceso a WirelessLAN.

❑ **No Autenticado y no Asociado.**

El usuario es desconectado de la red y no se asocia a ningún Access Point.

❑ **Autenticado y no Asociado.**

El usuario se ha autenticado en la red pero todavía no se ha asociado con el Access Point.

❑ **Autenticado y Asociado.**

El usuario está conectado con la red y es capaz de transmitir y de recibir datos a través del Access Point.

Los métodos de autenticación IEEE 802.11 se clasifican en dos tipos de procesos para la autenticación:

- ❑ El primer proceso de la autenticación es el “Open System” o sistema abierto. Éste es un estándar abierto de la conectividad en el cual solamente el SSID¹³ debe ser igual. Esto se puede utilizar en un ambiente seguro o no-seguro, aunque la capacidad de la red queda a un nivel bajo de protección, debido a que se puede descubrir el SSID de la WirelessLAN y así poder acceder a la red.
- ❑ El segundo proceso es la “shared key” o llave compartida. Este proceso requiere el uso de encriptación “Wireless Equivalency Protocol” o protocolo de equivalencia inalámbrico (WEP). WEP es un algoritmo bastante simple utiliza 64 y 128 bit para las llaves. El AP es configurado con una llave de encriptación y los usuarios que procuran tener acceso a la red con el AP deben tener una llave que sea igual a la del AP. Las llaves son estáticamente asignadas. WEP proporciona un nivel más alto de seguridad que el “Open System” o sistema abierto, pero no es definitivamente la única seguridad para el acceso a la WirelessLAN.

3.1.1. Acceso a la Intranet. Los AP se encargan de controlar los accesos a la red, pudiendo ser configurados de modo que requieran la utilización de “username” y

¹³ *Service Set Identifier*, Servicio de Identificador de Grupo.

“password”, e incluso el control de las NIC, de las tarjetas o dispositivos wireless; cuando un usuario es activado dentro de la WirelessLAN, comenzará "a escuchar" un dispositivo compatible con el cual se "asociará". Esto se refiere como "scanning" y puede ser activo o pasivo.

El “scanning” activo causa una petición de prueba que se enviará desde el nodo wireless que intenta buscar la conexión con la red. La petición de prueba contendrá el identificador determinado del servicio SSID de la red que desea conectar. Cuando un AP con el mismo SSID es encontrado, el AP enviará una respuesta de prueba. Se terminan los pasos de la autenticación y de la asociación.

En el “scanning” pasivo, los nodos escuchan para guiar las tramas que son transmitidas por el AP (modo de infraestructura) o los nodos punto-punto (Ad Hoc). Cuando un nodo recibe una trama que contenga el SSID de la red, él trata de conectarse, se hace una tentativa de conectar a la red. El “scanning” pasivo es un proceso continuo y los nodos pueden asociarse o desasociarse de los AP mientras que la fuerza de la señal cambia.

En la red WirelessLAN del CATI el Service Set Identifier (SSID), es el nombre designado para la Wireless Local Area Network (WLAN). En los AP el SSID que viene configurado por default es “**default**”. El SSID lo cambiamos por el nombre que tendrá la red WirelessLAN del CATI para conectarse con esa red WI-FI que se ha instalado, el nombre de la red es WCATI, por lo tanto, el SSID será “**WCATI**”. Este nombre “**WCATI**” (SSID), deberá ser configurado en todos los AP, así como en todas las tarjetas de red inalámbricas, tanto las PCI como las USB. Esto se realiza debido a que todos los equipos deberán estar configurados dentro de la misma red. La razón de estas configuraciones es porque dentro de las dependencias del CATI se puede instalar otra red inalámbrica, o se recibe señal de otra WirelessLAN ubicada en la misma zona geográfica. Las tarjetas de red inalámbricas pueden detectar la señal de otras redes cercanas que tengan cobertura sobre las instalaciones del CATI, por lo tanto, mostrará en su configuración todas las redes inalámbricas que estén en su alcance. Esto no afecta a la red “**WCATI**”, ya que el usuario podría elegir a que red se quiere conectar en caso

de que tuviera el acceso a estas otras redes, de lo contrario solo estará limitado a utilizar la red a la cual tiene acceso.

Una vez que se realiza la configuración del SSID en todos los AP y tarjetas de red inalámbricas, la red está en correcto funcionamiento. Debemos considerar que hasta este momento no se encuentran habilitadas las seguridades y el sistema está configurado como un “**Open System**”. Por tal razón, es muy importante el tema de seguridades para la protección de la red del CATI.

3.2 COMUNICACIÓN ENTRE LA RED WI-FI Y LA RED DE ÁREA LOCAL

Después de establecer la conectividad con la WirelessLAN, un nodo pasará tramas de manera semejante como en cualquier otra red 802.X. Las redes WI-FI no utilizan tramas del estándar 802.3. Por lo tanto, usar el término “Wireless Ethernet” es engañoso. Existen tres tipos de tramas del estándar 802.3: control, administración y datos. Solamente la trama de datos es similar a las tramas del estándar 802.3.

IEEE 802.3 Tipos de Trama
Management Frame - Trama de Administración
Association Request Frame / Trama de Solicitud de Asociación
Probe Request Frame / Trama de Solicitud de Prueba
Beacon Frame / Trama de Guía
Authentication Frame / Trama de Autenticación
Control Frames - Trama de Control
Request to Send / Solicitud y Envío (RTS)
Clear to Send / Seguro y Envío (CTS)
Acknowledgment / Certificar (Ack)
Data Frames - Trama de Datos

Tabla. 3. 1. Tipos de Trama estándar IEEE 802.3.

El “payload” o carga útil de las tramas wireless y del estándar 802.3 es de 1500 bytes; Sin embargo, una trama Ethernet no puede exceder de los 1518 bytes, mientras que una trama wireless podría ser tan grande como unos 2346 bytes. Generalmente el tamaño de las tramas WirelessLAN es limitado a 1518 bytes mientras esta conectado con una red Ethernet cableada.

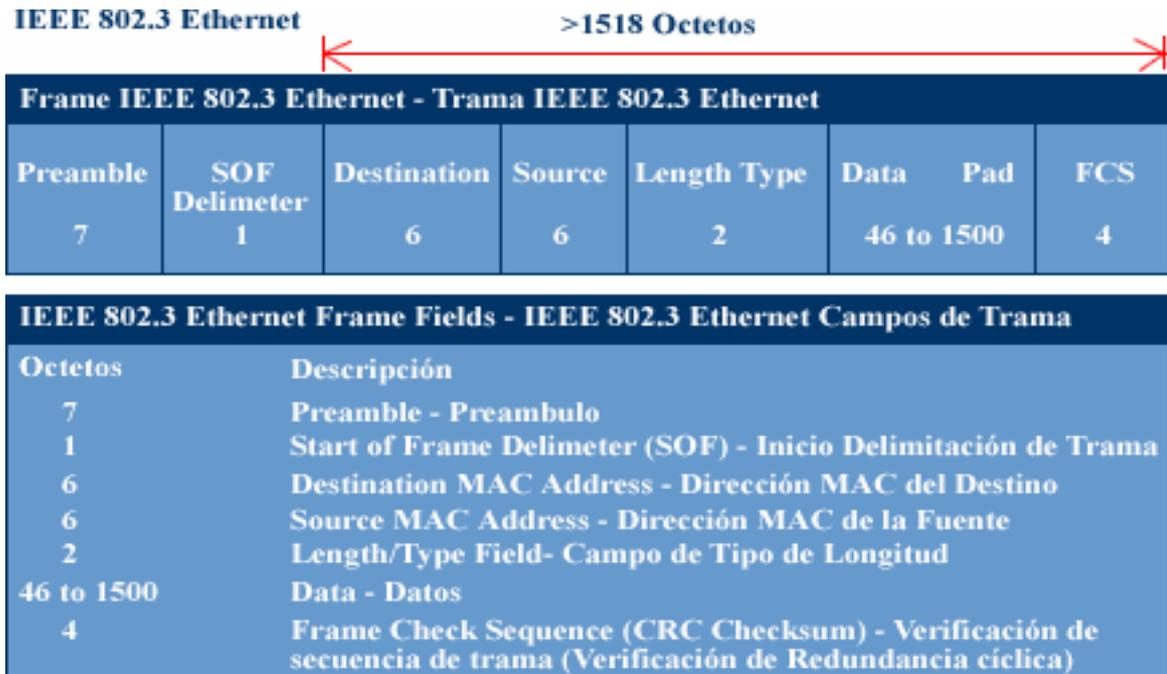


Figura. 3. 1. IEEE 802.3 Trama Ethernet.

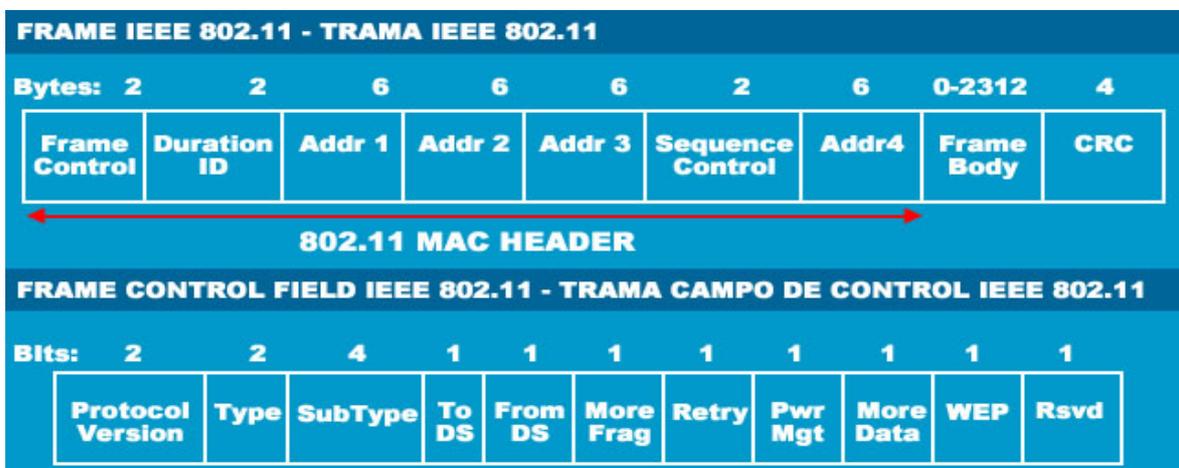


Figura. 3. 2. Trama IEEE 802.11.

Además, la limitación en cuanto al número máximo de clientes wireless no está dada tanto por el número de clientes en sí mismo, sino por el hecho de ser un medio compartido, es decir, puesto que el aire (Radiofrecuencia RF) es el único medio para la Tx, las colisiones pueden ocurrir justo como lo hacen en un medio compartido cableado. La principal diferencia es que no hay método por el cual el nodo de la fuente pueda detectar que ocurrió una colisión. Para evitar ese múltiple acceso al medio del portador, la tecnología WirelessLAN utiliza Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance - CSMA/CA¹⁴. Esto proceso es similar al de Ethernet Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection- CSMA/CD¹⁵.

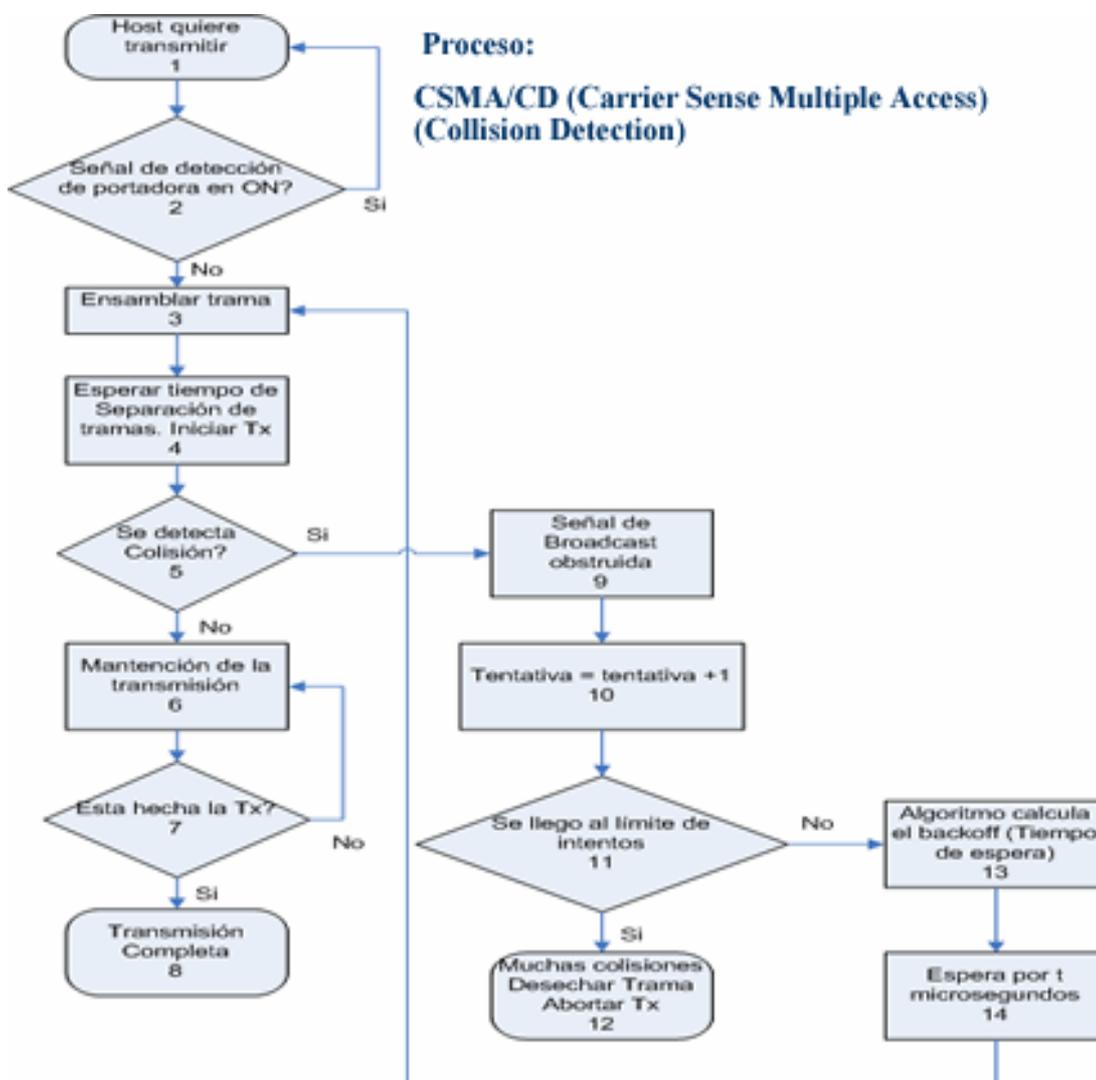


Figura. 3. 3. Proceso del algoritmo CSMA/CD.

¹⁴ CSMA/CA: Acceso Múltiple por detección de Portadora / Anulación de Colisiones – Usado en Ethernet.

¹⁵ CSMA/CD: Acceso Múltiple por detección de Portadora / Detección de Colisiones – Usado en IEEE 802.11

Como podemos observar en la Figura 3. 3, se muestra el diagrama de proceso del CSMA/CD, que es similar al que utilizan las redes wireless (CSMA/CA) y como ya se mencionaba anteriormente, la única diferencia de CSMA/CA con el CSMA/CD es que en el acceso múltiple inalámbrico no hay método por el cual el nodo de la fuente pueda detectar que ocurrió una colisión.

En las normas 802.11 el control de acceso al medio (MAC) soporta dos protocolos de acceso al medio: el de contención basada en el Distributed Coordination Function (DCF) y un opcional el Point Coordination Function (PCF). Cuando el PCF es habilitado, el canal wireless es dividido dentro en supertramas. Cada supertrama consiste de un Contention-Free Period (CFP) para el PCF y un Contention-Period (CP) para el DCF. En el comienzo del CFP, el punto de coordinación (usualmente es el AP) compite para acceder al canal wireless. Una vez que adquiere el canal, cíclicamente censa con una alta prioridad a las estaciones y concede los privilegios de la transmisión. A pesar que PCF es opcional, esta diseñado para brindar retardos limitados, lo que esta centralizado y puede siempre ser usado en redes de este tipo de infraestructura. En adición, se dejan especificaciones de PCF fuera de muchas publicaciones que no están resueltas:

- ❑ Experiencias sustanciales en cuanto al retardo en bajas cargas. Las estaciones deben siempre esperar para censar, incluso en otro sistema desocupado o sin uso.
- ❑ Desde el AP se necesita competir por el canal utilizando DCF al empezar de un CFP, el período efectivo de CFP puede variar.
- ❑ Es muy difícil para el punto coordinador administrar el censado de un largo número de “interactive streams”, sin dañar la aplicación utilizada por la contención DCF.

Adicionalmente, PCF se centraliza acercándose de tal manera que sufre a partir de errores que dependen de la localización. Por consiguiente, PCF no tiene mucha atención desde cualquier comunidad de investigación o industrial, y además que existen esquemas presentados para el mejoramiento de DCF, el cual es un completo protocolo de distribución.

DCF se basa en el uso de CSMA/CA, en lugar del CSMA/CD, porque las estaciones no pueden escuchar en el canal para colisiones mientras se transmite. En IEEE 802.11, carrier sensing (CS) es desempeñado por ambas capas del modelo OSI, la capa física CS y la capa de enlace de datos MAC virtual CS. Si la longitud de la trama MAC (Incluido el “payload” y 34 bytes de encabezamiento MAC) exceden el RTS_threshold (umbral Request to Send) y el CTS (Clear to Send) usadas por estaciones resolviendo las terminales ocultas y problemas de efectos de captura. Un protocolo MAC Protocol Data Unit (MPDU) contiene la información de encabezamiento, “payload”, y 32-bit Cyclic Redundancy Check (CRC); La duración del campo indica la cantidad de tiempo, después del fin de la presente trama el canal podrá ser usado para completar exitosamente la transmisión de los datos o de de la administración de la trama. Las estaciones usan la información en la duración del campo para ajustar su red asignando el vector (NAV, Network Allocation Vector), el cual indica la cantidad de tiempo que debe transcurrir hasta que la actual sesión de transmisión es completada y el canal pueda ser censado de nuevo para obtener un estado desocupado.

Cada AP envía periódicamente un “beacon” de broadcast con una potencia de transmisión constante que indica su presencia. IEEE 802.11 realiza estrictamente esta periodicidad del beacon sujeto al jitter causado por la interferencia del canal. Cada estación móvil mide el nivel de la señal del beacon recibido. Cuando el beacon es recibido con certeza, las estaciones móviles se registran con el AP. Las estaciones móviles escogerán al AP que brinde una mayor fuerza de señal.

En la Figura 3. 4. se muestra el control de acceso al medio en base a la norma IEEE 802.11, la cual contempla CFP bajo el control de PCF y CP que opera en el modo DCF. IEEE 802.11 esta diseñada solamente para servicios de “best effort”, como es el caso de DCF.

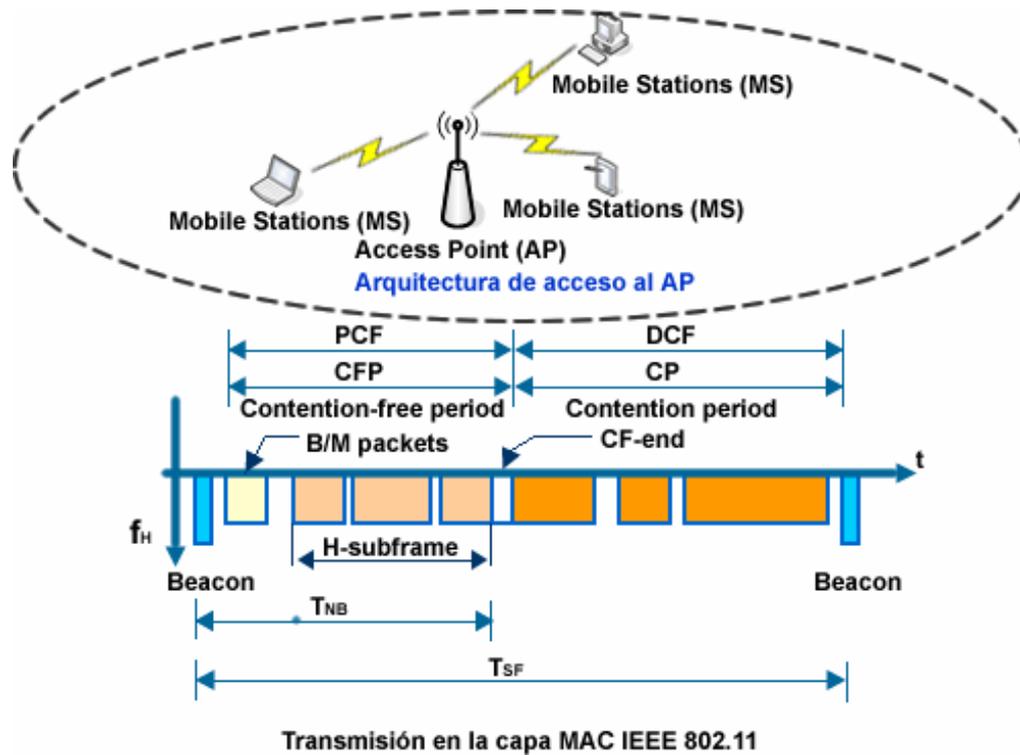


Figura. 3. 4. Control de Acceso al Medio IEEE 802.11.

Cada AP provee de un HOME channel (H-channel) dentro de su rango de cobertura. Cada AP y las estaciones móviles tienen siempre un solo medio (RF) y la actividad de Tx y Rx es a través del canal H. En la Figura 3. 4. se muestra el diagrama de tiempo. En IEEE 802.11, el AP establece una supertrama de longitud T_{SF} , que abarca múltiples intervalos de beacon. Las subtramas DCF o CP durante la cual el AP tiene activo el enlace en el canal H, este período de tráfico es pasado entre el AP y la estación móvil usando los procedimientos de infraestructura basados en DCF. Además, en la figura 3. 4 se muestra las secciones de la supertrama, se indica cada beacon de supertrama, cualquier pequeño tráfico de broadcast o multicast que es transmitido. Esto es de acuerdo con el estándar IEEE 802.11 y se indica B/M packets. CF-End significa que el CP empieza. Para el período de duración del PCF se especifica una duración de T_{NB} , esta acción indica que todas las estaciones móviles no pueden acceder al canal H por una duración igual a T_{NB} , entonces las estaciones móviles deben ser configuradas para asociarse con el vector NAV, con este valor.

En DCF, antes que una estación envíe una trama de datos, ésta censa el canal. Si el canal está desocupado durante un mínimo DCF interframe space (DIFS), la trama es transmitida. Caso contrario, un slot para el tiempo de backoff es escogido aleatoriamente en el intervalo $[0, CW]$. En la Contention Window (CW) o ventana de contenciones se incrementa exponencialmente con un número de incremento de las tentativas de retransmitir tramas. Sobre el recibo de un correcto paquete, las estaciones esperan para recibir un intervalo short interframe space (SIFS) o corto espacio entre tramas y transmiten una trama de acknowledgment positiva (ACK), de regreso hacia la estación fuente, indicando que la transmisión fue exitosa.

Durante el período de backoff, el contador del backoff es decrementado en términos del slot time como longitud, como el canal es determinado para saber que está desocupado. Cuando el contador de backoff llega a cero, la trama de datos es enviada. Si ocurre una colisión, un nuevo slot time de backoff es escogido y el procedimiento de backoff comienza hasta algún límite de tiempo donde es excedido. Después de una exitosa transmisión, la CW es reseteada a una CW_{min} . Por otro lado, para el incremento de la utilización del canal wireless, la longitud del “payload” es dividido dentro de fragmentos de pequeño tamaño (si es excedido el $Frag_threshold$); antes un paquete es transmitido dentro de una CW. La ventaja de esta técnica es que si un error ocurre durante la transmisión de un fragmento específico, una estación no tiene que esperar un procedimiento de backoff, hasta que el completo “payload” es transmitido. Además, no se tiene que retransmitir fragmentos previos, que tienen que ser transmitidos exitosamente.

A continuación se muestra un gráfico con un diagrama de tiempo de CSMA/CA-RTS/CTS.

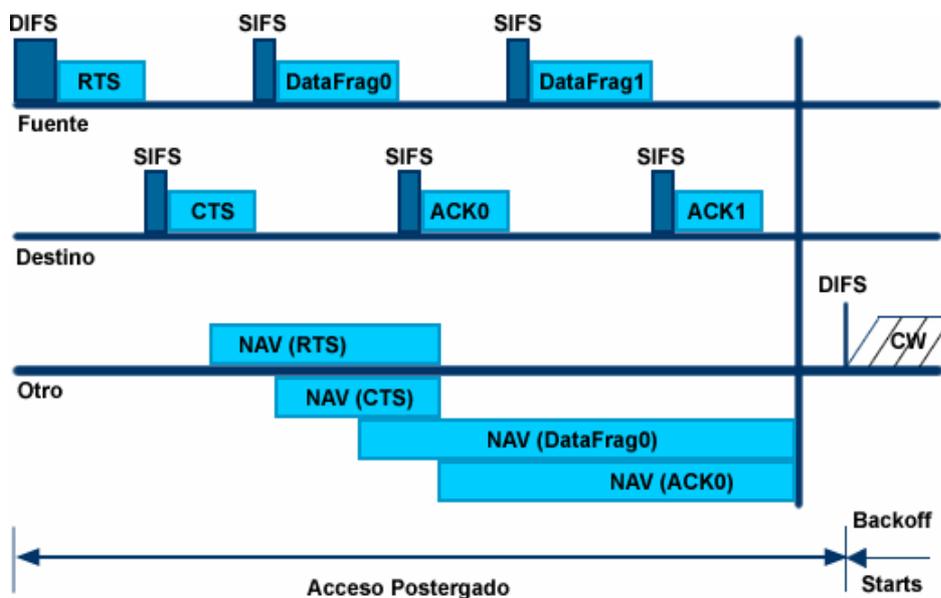


Figura. 3. 5. Esquema de Acceso CSMA/CA – RTS/CTS.

El rango de `RTS_threshold` es de 0 a 2347 bytes (default), mientras que el rango de `Frag_threshold` es de 256 a 2312 bytes (default). Sin embargo, los proveedores pueden escoger los rangos para ambos thresholds (umbrales).

Una vez que ocurre un error, un paquete tiene que ser retransmitido por la tentativa de una estación. Los errores pueden ser causados por muchas situaciones posibles. Por ejemplo, la correspondiente trama de CTS puede no ser retornada después de una trama de RTS que fue transmitida.

Lo anterior puede ocurrir debido a:

- Colisión con la transmisión de otra estación.
- Interferencia en el canal durante la transmisión de otras tramas RTS/CTS.
- La estación recibe la trama RTS teniendo activado la condición virtual CS (Indicando un período de tiempo porque el medio está ocupado).

Dos retry counters, el short retry count y el long retry count, están definidos para el uso en la retransmisión de paquetes. Paquetes pequeños RTS_threshold están asociados con el short retry count; otros están asociados con el long retry count. Los retry counters empiezan en cero (0), y se incrementan cuantas veces una trama (o fragmento) de transmisión falla. Una trama es dada de baja si el retry count es excedido al límite máximo de intentos.

El short count es reseteado a cero cuando:

- Una trama CTS es recibida en respuesta a una trama transmitida RTS.
- Un ACK es recibido después de una transmisión no fragmentada.
- Una trama de broadcast o multicast es recibida.

Debemos recordar que todo este procedimiento de acceso al medio se encuentra dentro de la capa de enlace de datos (capa 2) del modelo OSI y es la que permite proveer el acceso compartido de las tarjetas de red inalámbricas al medio físico (aire), es decir, define la forma en que se va acceder al medio físico empleado en la red para el intercambio de datos.

Además, se considera que cuando un nodo de la fuente envía una trama, el nodo de recepción devuelve un “acknowledgment” o reconocimiento positivo (ACK). Esto se considera ya que puede causar consumo del ancho de banda disponible. Este consumo indirecto, cuando se combina con los gastos indirectos del protocolo de anulación de colisiones, reduce el rendimiento de procesamiento de datos real (throughput). Este aspecto es muy importante, ya que en la red inalámbrica del CATI se utilizan tarjetas PCI o USB bajo la norma 802.11g, las que no se ven muy afectadas por este consumo de ancho de banda por su alta tasa de transmisión de 54Mbps, pero al considerar las PDA, debemos tener en cuenta que éstas trabajan con la norma 802.11b y en este caso el consumo del ancho de banda por este proceso puede reducirse en un 50% del rendimiento de datos real, entonces se tendría que la tasa de transmisión se reduciría a un máximo de 5,0 a 5,5 Mbps en la WirelessLAN 802.11b, de los 11 Mbps totales que ofrece la norma. A todo esto se le

debe añadir que el funcionamiento de la red inalámbrica también se verá afectado por fuerza y la degradación de la señal debido a la distancia o a la interferencia.

Mientras la señal se va haciendo más débil, la “Adaptive Rate Selection” (ARS) o selección adaptativa de la tasa puede ser invocada. Este proceso viene establecido por el fabricante de los Access Point. En el caso del CATI, los AP que se utilizarán deberán tener estas especificaciones. Esto quiere decir que en el AP que transmite, la tasa de datos caerá.

A continuación se muestra la ARS de los AP a utilizarse en la red inalámbrica del CATI:

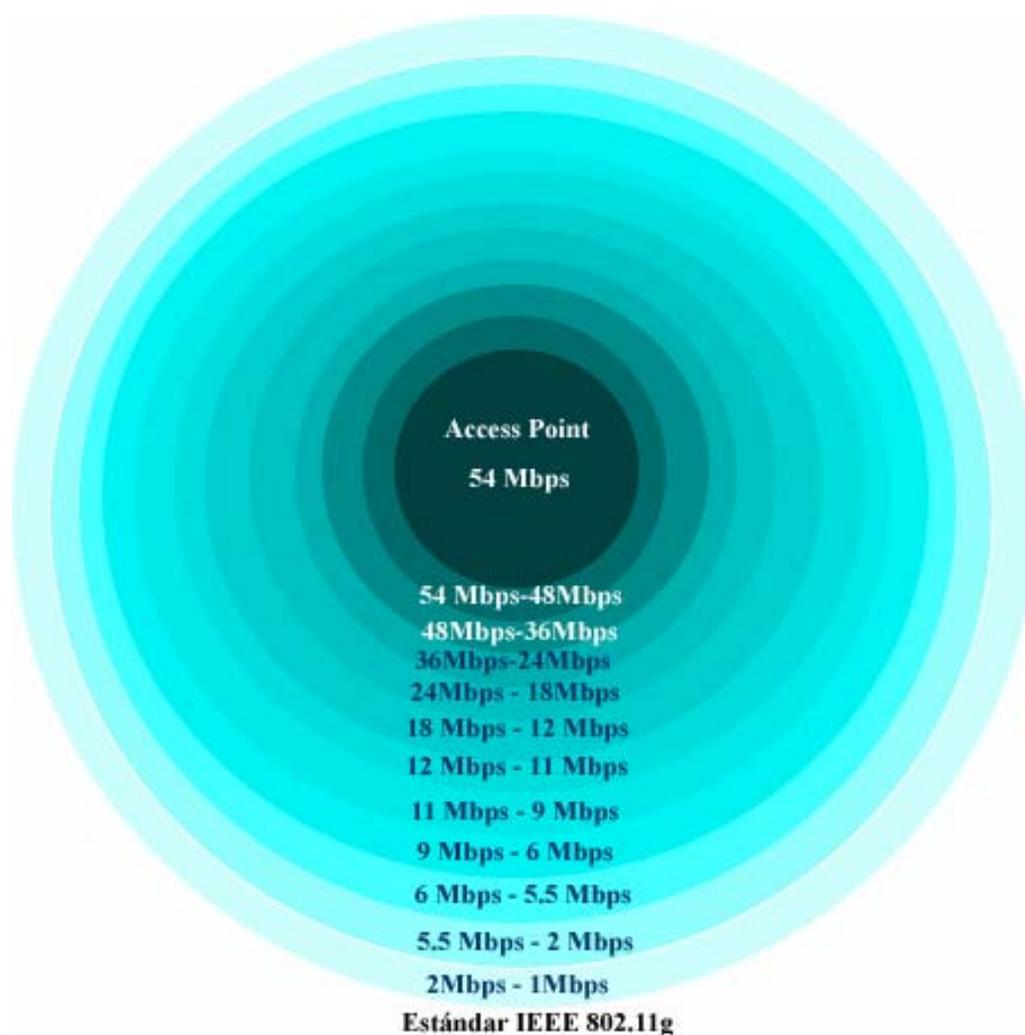


Figura. 3. 6. Adaptive Rate Selection (ARS) Access Point IEEE 802.11g.

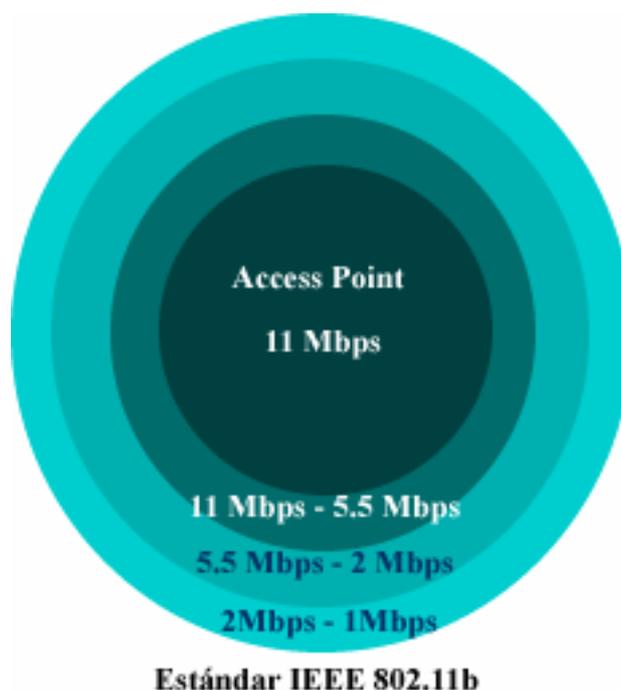


Figura. 3. 7. Adaptive Rate Selection (ARS) Access Point IEEE 802.11b.

3.3 SEGURIDADES DE ACCESO EN LA WIRELESSLAN DEL CATI

En lo que se refiere a la seguridad en la red inalámbrica, WI-FI utiliza el método WEP¹⁶ basado en RC4 PRNG de RSA Data Security Inc. Este algoritmo proporciona encriptación de datos con claves de hasta 128 bits. El algoritmo es “seguro”, aunque existen programas que son capaces de capturar la clave en el momento de la autenticación y de esta forma poder, en un momento dado, tanto suplantar la identidad de un tercero como interceptar sus comunicaciones. Muchas empresas ven con recelo la utilización del WI-FI en su red, debido a la falta de garantías de seguridad. Por ello, en los últimos años han sido desarrollados nuevos métodos que incrementan el grado de seguridad de estas redes (Estándar IEEE802.1X), eliminándose todos estos problemas anteriores de seguridad.

Las redes inalámbricas no disponen de barreras físicas que impidan la conexión, ya que su carácter inalámbrico hace que inicialmente las ondas de radio se reciban desde cualquier punto dentro de la zona de alcance o cobertura. Los diversos dispositivos que se han ido

¹⁶ Wireless Equivalent Privacy, Privacidad Inalámbrica Equivalente.

desarrollando han incorporado en estos últimos años una serie de mecanismos que permiten garantizar niveles de seguridad variables en función de la solución o soluciones adoptadas. Las actualmente disponibles son las siguientes:

- ❑ **Direcciones MAC, filtrado de direcciones de red:** Gracias a esta característica, los Puntos de Acceso únicamente permiten acceder a la red a aquellos dispositivos cuya dirección física de la red Ethernet sea una de las permitidas. Las direcciones MAC¹⁷ las asigna el fabricante y están relacionadas con la tarjeta de red fabricada. Es un mecanismo robusto pero vulnerable para expertos que sepan suplantar en un dispositivo de red una determinada dirección MAC autorizada, aunque es necesario conocer dicha dirección MAC.

- ❑ **Encriptación WEP¹⁸.** Se trata de un mecanismo de encriptación basado en claves de longitud 40, 104 o 232 bits. Existe un generador de números pseudoaleatorio cuya salida es “combinada” con el contenido de los bits integrantes de los paquetes de datos, la técnica de encriptación se basa en el algoritmo RSA RC4. Se ha demostrado su vulnerabilidad y han aparecido aplicaciones que “escuchando” las comunicaciones iniciales de un “cliente” que realiza el acceso a la red WirelessLAN, son capaces de averiguar la clave y a partir de aquí pueden realizar escuchas en “claro” de lo transmitido por la red.

- ❑ **Estándar IEEE 802.1X.** Es un entorno para autenticación basado en la utilización de puertos y distribución de claves, que mejora la autenticación de dispositivos. Windows XP incorpora esta característica. Sirve como soporte para implementaciones de seguridad sobre servidores de autenticación, el estándar define el EAP¹⁹ que usa un servidor central de autenticación, para justamente autenticar a cada usuario de la red. En cuanto a dispositivos de fabricantes como Agere, Cisco y Enterasys disponen de productos que cumplen el estándar.

¹⁷ *MAC Address:* Identificación propia y única de cada dispositivo de red.

¹⁸ *WEP:* Wireless Equivalent Privacy.

¹⁹ *EAP:* Extensive Authentication Protocol.

- ❑ **WPA²⁰ v1.** Elimina alguna de las vulnerabilidades del WEP. Esta tecnología puede ser instalada en el hardware existente a través de una actualización del software residente (firmware). Incorpora TKIP²¹, y la autenticación de usuarios IEEE802.1X.

- ❑ **Estándar IEEE802.11i.** (conocido como WPA v2). Proporciona nuevos protocolos de encriptación que añaden niveles de seguridad elevados. Describe la transmisión encriptada de datos entre los sistemas 802.11a y 802.11b. Define igualmente nuevos protocolos de encriptación, incluyendo el protocolo TKIP así como el Advanced Encryption Standard (AES).

- ❑ **Virtual Private Network (VPN).** La mejor forma de tratar a los usuarios de las redes WI-FI es hacerlo como usuarios “no confiables”, procediendo a manejarlos como usuarios venidos de Internet. Internet es una red pública y de ámbito extenso, no segura. En este sentido, las soluciones empleadas para redes cableadas, cuando las ponemos en contacto con Internet, son perfectamente aplicables a un entorno WI-FI. La protección en base a firewalls activos con soporte VPN compatible con los diferentes fabricantes y sistemas operativos es una buena solución. Algunos operadores presentan servicios con la solución soportada desde la red IP. En caso de desear desarrollar nuestra propia solución, podemos utilizar VPN sobre PPTP o L2TP para niveles de seguridad medios y soportados tanto en Windows como Linux, licencia para sistemas operativos Windows. En este caso el nivel de seguridad es muy elevado. Con una solución VPN una pequeña empresa dispondrá de niveles de seguridad comparables a los alcanzados en los sistemas de grandes corporaciones. La conexión a través de una VPN es cifrada a través de todos los segmentos de red IP. De esta forma se protegen tanto las comunicaciones inalámbricas como las cableadas a través de Internet.

²⁰ WPA: Wi-Fi Protected Access.

²¹ Temporally Key Integrity Protocol.

Por tanto, se encuentran disponibles muchas herramientas a la hora de incorporar la seguridad de la red inalámbrica. Sería factible y conveniente disponer de la mayoría de ellas para la protección de la WirelessLAN, pero esto no es posible ya que demanda un incremento en los costos para la seguridad. Este punto es importante, ya que si bien es lógico pensar que el implantar todas las herramientas producirá una red con alto grado de seguridad y protección, también es posible considerar que al no implantar todas las seguridades podemos alcanzar la seguridad deseada, y sin incrementar los costos.

Empecemos el análisis sobre cómo se trata el tema de seguridad en la red inalámbrica del CATI.

Primero debemos recordar la ubicación geográfica del CATI. Las instalaciones de los laboratorios se encuentran dentro de un área de terreno sumamente extenso de casi 6 hectáreas, lo cual es el punto de partida para el análisis. El área de cada laboratorio es de aproximadamente 900 m^2 y se encuentran separados por unos 55 m de distancia. Entonces estamos hablando de un área de cobertura de más o menos unos 5500 m^2 . Por tanto, las instalaciones no son área urbana ni metropolitana, donde podrían existir cerca dispositivos o computadores que traten de acceder a la red WI-FI. Basados en este punto, si consideramos que la red trabaja bajo un “Open System”, vemos que no tenemos ningún inconveniente ya que el área de cobertura es completamente interna a los límites del perímetro del CATI, fuera del alcance de personas externas. A continuación en el gráfico se muestra el esquema de la cobertura:

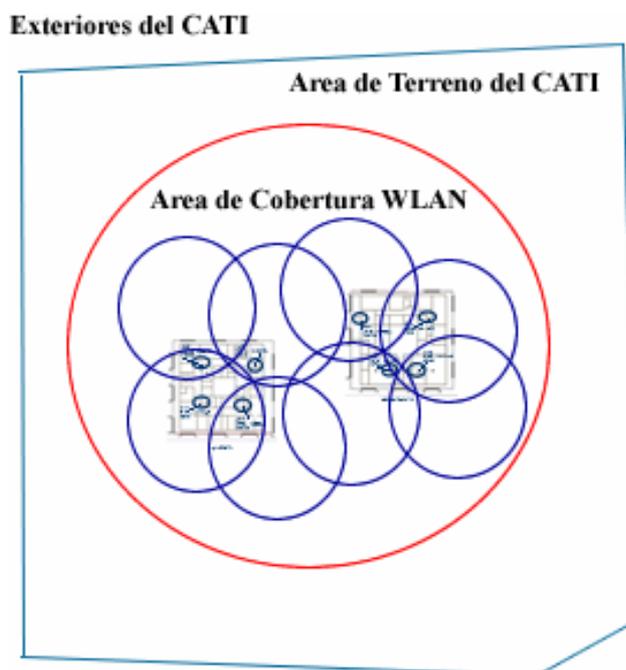


Figura. 3. 8. Esquema de cobertura WLAN CATI.

Como se muestra en la Figura 3. 8, se aprecia que el área de cobertura de la red no sale de las instalaciones del CATI, por lo tanto estamos trabajando dentro de un entorno privado. Debemos además considerar que los recursos que se van a compartir en la red son de uso de todas las personas que trabajan en los laboratorios, es por tal razón que las restricciones que se tendrán dentro de las instalaciones se analizarán más adelante.

Se ha considerado un punto respecto a la seguridad y acceso a la WirelessLAN del CATI. Ahora analizaremos el acceso interno dentro de la red.

En lo que se refiere al acceso interno de la WirelessLAN, se podría considerar el trabajar como un “Open System” dentro de los laboratorios, para esto se debe suponer que el personal que ingresa a los laboratorios solo son personas autorizadas y que trabajan en el CATI. Esto no es así, por lo que se tiene que plantear el aspecto de seguridad interno de acceso a la red inalámbrica. La información que se maneja en el CATI es completamente

confidencial, y por tal razón, se deben configurar las seguridades internas para que solo pueda tener acceso a la red el personal que trabaja ahí.

Como vimos en lo que corresponde a la parte de autenticación dentro de la red, podemos hacerlo utilizando: WEP, WPA, IEEE802.1X y VPN.

Ahora debe decidirse qué tipo de seguridad implantar. Las seguridades WPA por lo general requieren de sistemas operativos Windows XP SP2 para la configuración de las tarjetas de red inalámbricas para la autenticación en la red. En los laboratorios del CATI no tenemos todas las computadoras con el sistema operativo Windows XP, tenemos Windows ME y XP/SP1. Esto ya es un inconveniente a la hora de implantar este tipo de seguridad. Por otro lado, WPA con EAP 802.1X (EAP-MD5/TLS/TTLS/PEAP) hacen que el Access Point no proporcione la autenticación al cliente, sino que pase esta tarea a un dispositivo más sofisticado, posiblemente un servidor dedicado, diseñado para ese propósito. Esto quiere decir que se debe incorporar al sistema un nuevo servidor, comprar el software con su respectiva licencia añadiendo costos a la red. Por último, el uso de la tecnología de VPN es la seguridad más recomendable a utilizar ya que cierra con eficacia la red wireless, puesto que una WirelessLAN sin restricción remitirá automáticamente tráfico entre los nodos que parecen estar en la misma red. Además, WirelessLAN se extiende a menudo fuera del perímetro del hogar o la oficina en la cual están instalados y sin seguridad, los intrusos pueden infiltrarse a la red con poco esfuerzo. Por lo tanto, usar una tecnología integrada con un servidor VPN crea un túnel encima de un protocolo existente tal como IP. Esto es una conexión de la capa 3 del modelo OSI, en comparación con la conexión de la capa 2 del modelo OSI entre el AP y el nodo que envía. Como vemos, lo más óptimo es crear VPN en la red, aunque con un inconveniente: al ser una conexión de capa tres requerimos instalar un router que permita establecer este canal virtual en la red. Lo anterior representa nuevamente un innecesario incremento en el costo del sistema global.

Se han analizado algunos factores correspondientes a la seguridad. Está claro que no se debe exagerar en este punto, ya que primero se tiene que evaluar las condiciones en la cual opera la red inalámbrica.

El acceso a la red WirelessLAN del CATI es para todas las personas que trabajan dentro de los laboratorios, además se considera que las visitas externas a las instalaciones no son muy frecuentes y solo acceden personas cuando realmente es necesario y bajo una cita previa. Las personas que acuden a las instalaciones del CATI no son consideradas como personas de riesgo (hackers) o capaces de violar las seguridades para acceder a la red. Por tal razón con la configuración de la seguridad WEP es suficiente para solucionar el tema de seguridad interna de la red WI-FI, aún con terminales actualmente en diferentes versiones de Windows.

La encriptación WEP se deberá habilitar en los Access Point de los laboratorios del CATI. Se deberán ingresar dos llaves WEP, la principal es la que da el acceso a todos los usuarios de la red “**WCATI**”, y la segunda para el caso de que se quiera dar acceso a una persona externa a la red, de este tema se hace cargo el administrador de red.

Otra manera de reforzar la seguridad interna es utilizando el filtrado de las direcciones MAC. Al momento no se encuentra realizado ningún filtrado, esto es decisión de los directores del CATI y por el momento no se requiere que se realice un filtrado de las direcciones MAC, debido al movimiento de computadores clientes de la red.

Queda establecida la manera de trabajar en el aspecto de seguridad de la red inalámbrica del CATI. Lo interesante de aprovechar las características de seguridad inalámbrica, claves y autenticación de los AP, es haber evitado la necesidad de más hardware y software. Gracias a ciertos factores como la ubicación propia de las instalaciones, así como el control de ingreso de personal a los laboratorios, ayudaron a configurar la red como se la plantea hasta el momento. Cabe resaltar que el aspecto de seguridades siempre es un tema de actualidad que se debe tener en cuenta en cualquier entorno de red, cableada o inalámbrica, y que depende del funcionamiento de la misma para que se requiera reforzar la seguridad o seguir trabajando en las condiciones actuales.

3.4 ACCESO A RECURSOS DE RED

La red que se implementará en los laboratorios del CATI es una red que funcionará bajo el esquema “Client/Server” o cliente servidor para el acceso a sus recursos.

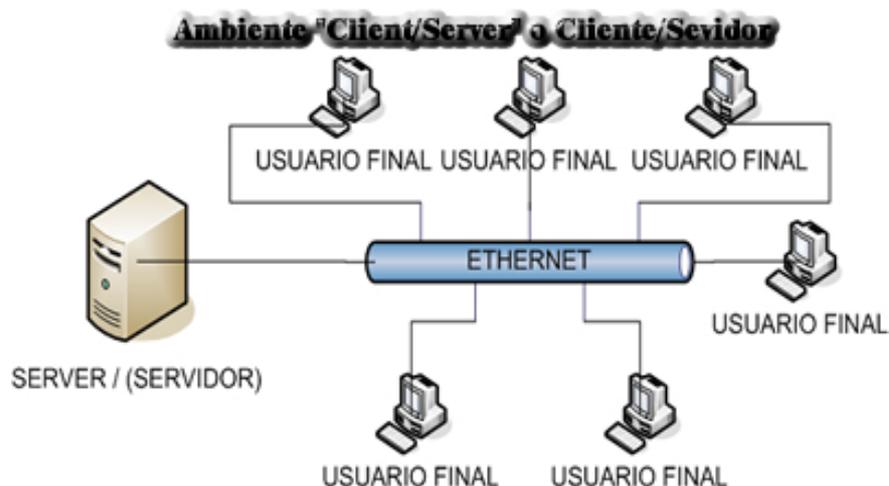


Figura. 3. 9. Esquema de red Cliente/Servidor.

En la configuración cliente/servidor, los servicios de red están localizados en una computadora dedicada llamada servidor. Este servidor responde a las solicitudes realizadas por los usuarios. El servidor es un computador central que continuamente está dispuesto a responder las solicitudes realizadas por los usuarios para transferir archivos, compartir recursos de impresión, aplicaciones y otros servicios que brindan los servidores. En la Figura. 3. 9 se puede apreciar este esquema.

Los servidores están diseñados para manejar solicitudes desde cualquier usuario simultáneamente. Antes que un usuario quiera acceder a los recursos de un servidor, el usuario debe ser identificado y estar autorizado a utilizar ese recurso. A cada usuario se le asigna una cuenta de “username” y “password”, la cual será verificada por el servidor cuando se quiera acceder a algún servicio. Esta concentración de los recursos de red permite realizar un fácil respaldo de la información y una óptima administración de la red.

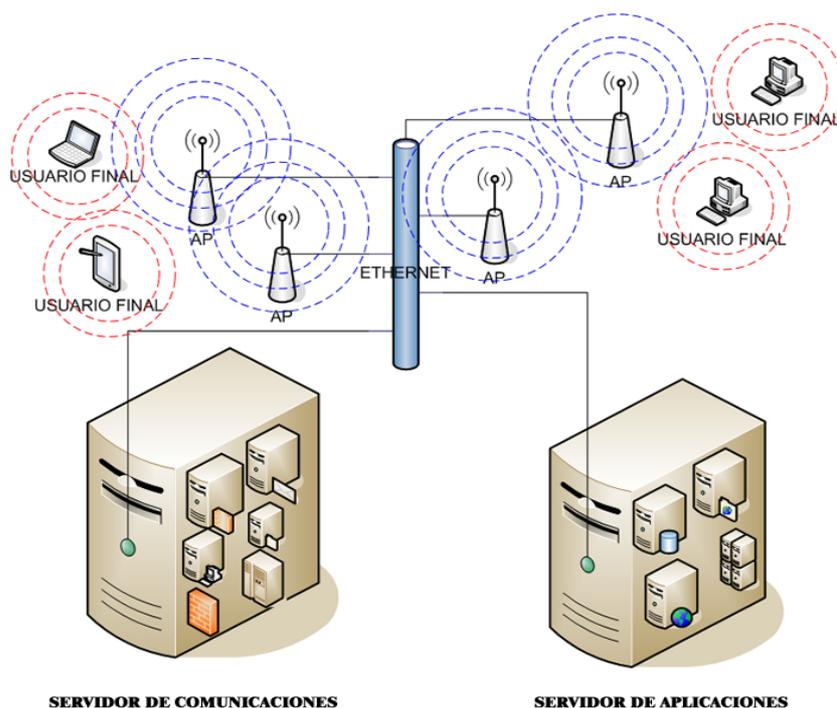


Figura. 3. 10. Servidores de la red Cliente/Servidor del CATI.

En la Figura. 3. 10 se muestra el esquema de los dos servidores que brindarán el servicio de acceso a recursos en la red que se implantará en el CATI. Al centralizar las funciones en una red “client/server” se logran muchas ventajas y algunas desventajas, las cuales resumimos en la siguiente tabla:

<i>Ventajas en una Red “client/server”</i>	<i>Desventajas en una Red “client/Server”</i>
Proveen de una mejor seguridad.	Requieren demasiada administración de
Fácil de administrar cuando la red es grande, porque la administración es	red especializada y de software
	operacional.

centralizada.	Requieren servidores más potentes y
Todos los datos son respaldados en una	costosos.
locación central.	Requieren contar con una administración
	profesional de la red.
	Tienen un solo punto de falla. Cuando el
	servidor se cae o falla, los usuarios se
	quedan sin servicio.

Tabla. 3. 2. Ventajas y desventajas de una red “client/server”.

En la implantación de la red se instalará un servidor de comunicaciones, el cual brinda los servicios de administración de red (monitoreo de red), proxy, autenticación de usuarios, DHCP, firewall, herramienta de correo y servidor de dominio (DNS). Posteriormente se instalará el servidor de aplicaciones, que controlará todos los procesos de automatización de los ensayos que se realizan en el CATI. Este servidor contará con un servidor WEB (Apache), un servidor de PHP, un servidor de base de datos (MySQL) y un servidor FTP, con los cuales se administrarán todos los procesos de automatización a través de un sistema informático desarrollado para el efecto.

El servidor de comunicaciones se manejará bajo la plataforma LINUX, con software complementario que se enlista a continuación:

- DEBIAN SARGED, versión SERVER (Kernel 2.4x).
- IP TABLE (Firewall).
- SQUID (Proxy).
- WEBMIN (Gestión de Administración Remota, Herramienta de monitoreo de red, DHCP).
- NTOP (Herramienta de correo WEB).
- SAMBA (DNS y Servidor de Archivos).

Físicamente, el servidor se montará en un PC genérico de última generación, con hardware aceptablemente robusto, y del que ya dispone el INEN, precisamente para cumplir esa función.

El servicio principal que utilizarán los usuarios será a través del browser, es decir que la confiabilidad y versatilidad dependen de la red y no de los sistemas operativos de los usuarios ni de los servidores, ya que la principal aplicación estará disponible vía web. Lógicamente, el resto de funciones de la red serán básicamente para compartir archivos y recursos de impresión.

Los servidores estarán configurados típicamente para utilizar la familia del Internet con los protocolos TCP/IP, y ofrecerán uno o más servicios del mismo.

Los usos y las funciones de los servidores incluyen servicios web usando el protocolo HTTP²², FTP²³, y el DNS²⁴. Los protocolos estándares del E-mail, apoyados por los servidores de la red, incluyen el SMTP²⁵, el POP3²⁶. Los servidores de la red proporcionarán con frecuencia servicios de impresión. El servidor también proporcionará DHCP²⁷, que asignará automáticamente direcciones IP a los sitios de trabajo de los usuarios. Además de los servicios que corren en los clientes de la red, el servidor actuará como firewall lógico, para protección hacia el exterior, es decir una red WAN. También contendrá el servicio de Proxy²⁸ y FTP²⁹, el cual permitirá transferir archivos de una computadora a otra.

En cuanto al servidor de aplicaciones, éste se manejará por medio de los browser, porque los clientes enviarán peticiones. Cuando el browser solicita datos del servidor, éste responde, y el programa del browser recibe una contestación del llamado Web Server. El browser entonces exhibe los datos del HTTP que fueron recibidos. El servidor manejará los

²² Hypertext Transfer Protocol

²³ File Transfer Protocol

²⁴ Domain Name System

²⁵ Simple Mail Transfer Protocol

²⁶ Post Office Protocol 3

²⁷ Dynamic Host Configuration Protocol

²⁸ Conversión de direcciones de red, que ocultan direcciones de red privadas internas del Internet

²⁹ File Transfer Protocol

pedidos del usuario por medio de páginas web y proporcionará servicios de http o de www. Además, el servidor provee el servicio de base de datos y los usuarios manejarán la información a través de la WirelessLAN. El usuario manejará sus tareas en formatos y presentaciones diseñadas previamente. El servidor proporcionará los servicios de almacenamiento en la base de datos, para consulta del usuario. Además el usuario también podrá procesar archivos localmente.

3.5 ANÁLISIS DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LOS PROCESOS DEL CATI

El Centro de Apoyo Tecnológico a la Industria necesita, de manera urgente, un análisis para la automatización de sus procesos, con el afán de proceder a la construcción de su aplicación de software para manejo y operación de la información que los técnicos generan, y así emitir las debidas certificaciones para las distintas empresas solicitantes de las mismas. El software a desarrollarse constituye el Sistema Informático para la automatización de los procesos en el CATI, y deberá correr sobre la red WI-FI.

3.5.1 Antecedentes. A través de los últimos años, hemos visto cómo el desarrollo de las Telecomunicaciones y sus aplicaciones se han logrado convertir en un eje fundamental para la operación y el desarrollo de distintas empresas e instituciones, en busca de la eficiencia y productividad. El crecimiento de las aplicaciones para el desarrollo de Intranets ha sido tan acelerado que hoy en día tenemos varias opciones para desarrollar software, y así poder lograr la conectividad que permita agilizar los procesos. El objetivo principal es generar automáticamente los reportes que la entidad necesita, con la solvencia de un buen soporte, que es sostenido por una base de datos.

3.5.2 Estructura del sistema. El esquema general de desarrollo que se debe elaborar para el CATI es una aplicación que correrá sobre una red WirelessLAN, la misma que deberá estar integrada en parte por servidores, que le permitan obtener los datos y resultados producto del trabajo de los técnicos del INEN. Esta información será guardada en una base de datos, en tiempo real, en la que al final de cada jornada se obtendrán los reportes que se necesitan entregar a las diferentes empresas que han solicitado una certificación INEN.

Para el diseño de la aplicación de software de la Intranet se necesitarán: Estaciones de Trabajo, para el análisis y el desarrollo del mismo, software de desarrollo, además se debe considerar que se utilizarán dispositivos PDA tipo Pocket PC para el ingreso de datos por parte de los técnicos. Por esta razón se debe considerar la forma de ingreso a través de estos dispositivos, por lo que se requiere contar mínimo con dos equipos. También se requerirá un ambiente de pruebas, el mismo que deberá existir dentro de la infraestructura de red del CATI.

Para completar la infraestructura física que se está implantando, se necesita la parte de software y aplicaciones de la red, esto conforma el proyecto global de mejoramiento de infraestructura tecnológica ya que ésta actualmente es casi inexistente, por lo que los técnicos del CATI realizan todos los procesos, ensayos y laboratorios de forma manual, lo que implica que toda la información se maneja a través de papeles escritos de puño y letra. Estos manuscritos son pasados “en limpio” por secretarías, las cuales al finalizar su trabajo devuelven estos informes a los técnicos que realizaron los ensayos, para que ellos revisen que no exista errores y que todo lo escrito en el informe final sea correcto, y se puedan enviar las certificaciones a las distintas empresas solicitantes.

Para entender de manera general este requerimiento por parte del INEN, y para empezar con el análisis de la automatización de sus procesos, debemos plantearnos de manera general un esquema, en el cual, se pueda apreciar esta situación. A continuación, en la siguiente ilustración se describen los requerimientos que se necesitan para que funcione la aplicación de software:

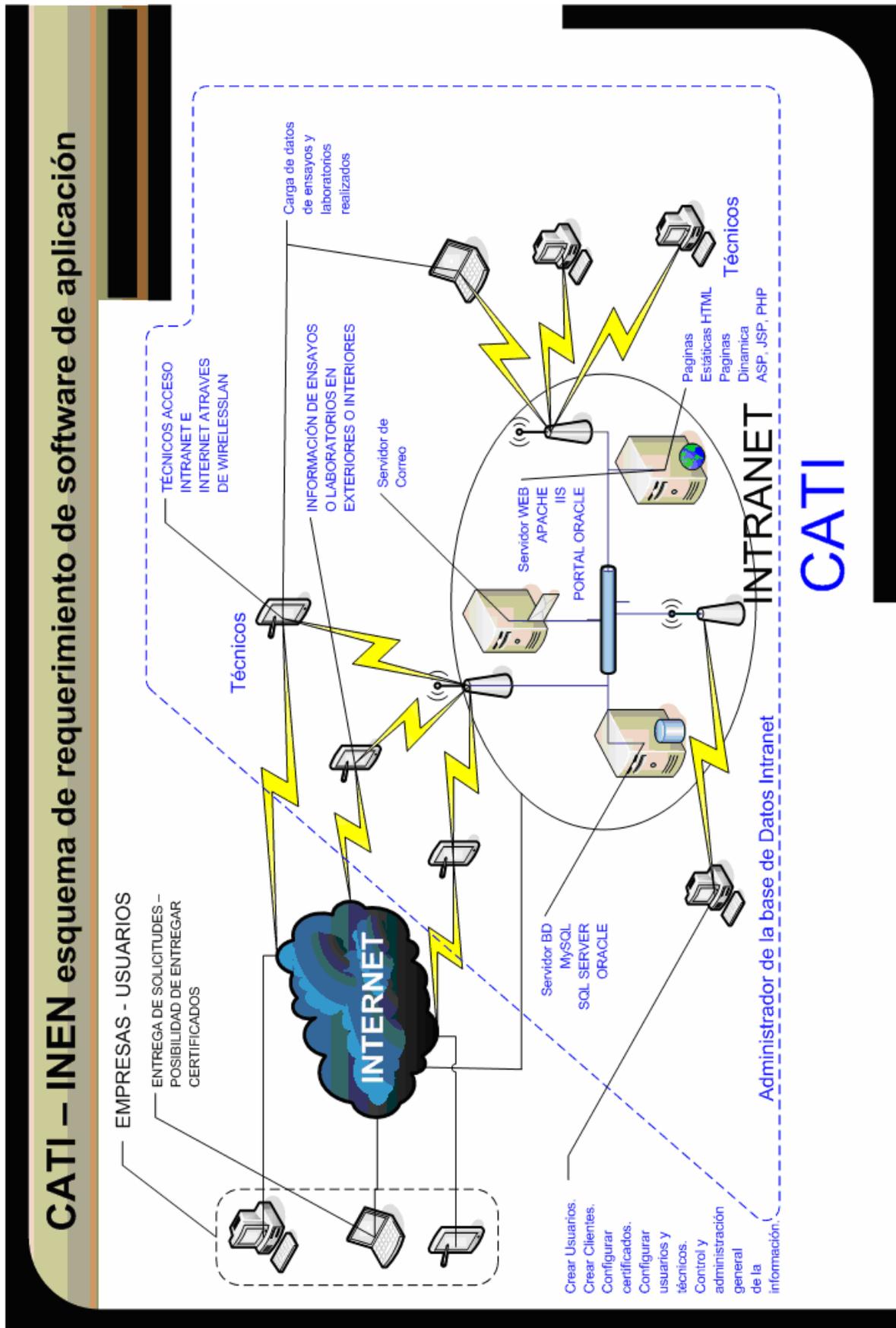


Figura. 3. 11. Esquema de requerimientos de software para la automatización de los procesos.

Como podemos apreciar en la Figura 3.11, se plantea un esquema para el funcionamiento de la aplicación, que permitirá la automatización de los procesos del CATI. En el esquema ya se define la estructura que deberá tener la aplicación, en la que podemos apreciar un funcionamiento a través de un Servidor Web, que permitirá el ingreso de los usuarios a la aplicación. De la misma manera, se define el servidor de base de datos, el mismo que almacenará todos los procesos que se realizan en los laboratorios. Todo este análisis para la estructura que deberá tener el software de aplicación se planteó y analizó con los directores del INEN, de donde surgió el esquema mostrado en la Figura 3.11.

Ahora vamos a explicar de manera general, por que se eligió este tipo de propuesta. Toda aplicación debe ser eficiente, rápida y versátil. Realizar una aplicación que corra a través del browser por medio de una aplicación web resulta mucho más conveniente que elaborar un software en cualquier otro tipo de plataforma. Esto se debe a que la aplicación corre desde el servidor y el usuario se ve libre de tener instalada en su máquina ninguna aplicación para acceder al sistema. Solo basta que ingrese al navegador o explorador de Internet y podrá conectarse con la aplicación, para realizar ensayos cuya información ingresará por medio del browser hasta la base de datos. Este es el primer punto a favor del esquema planteado, además, se tiene que analizar que no se depende de las características de las máquinas para que soporten una aplicación determinada, el único requerimiento es que tengan su explorador de Internet o cualquier otro tipo de browser, logrando de esta manera que la aplicación dependa de la velocidad propia de la red y no de otras características.

Todo lo planteado anteriormente se complementa con la elaboración y construcción de la base de datos que permita almacenar todos estos procesos, pero aquí también hace falta tener en cuenta ciertos aspectos importantes como el flujo de datos, para poder elegir la plataforma más adecuada, que cumpla con los requerimientos de este sistema.

Por esta razón, en la Figura 3.11 se plantean las alternativas de plataformas que se pueden utilizar para cumplir con este propósito.

Para dotar al Centro de Apoyo Tecnológico a la Industria de un sistema informático, aplicación sobre la Intranet, que permita justamente su operación en un medio inalámbrico, este software deberá estar conformado de manera general por el diseño y aplicación de: un servidor web, una base de datos en tiempo real y un servidor PHP, los mismos que para su desarrollo podrán ser implementados por software de desarrollo como son: Macromedia, compuesto por programas como Dreamweaver MX, Flash MX, Fireworks MX, para la realización de las formas de ingreso, formularios, consultas, etc. De esta forma se define la interfase con el usuario. Además, se pretende que la construcción de la base de datos sea realizada en MySQL SERVER, y para su integración puede utilizarse un servidor web tipo APACHE SERVER, e integrar el sistema con el SERVER PHP de Linux.

Con esto se pretende que el software de aplicación permita a los diferentes técnicos obtener resultados de los ensayos realizados, y de esta manera almacenar la información en la base de datos, para que posteriormente se obtengan los reportes y así poder enviar en plantillas determinadas por las respectivas normas los resultados de los ensayos a las distintas empresas que solicitan una certificación INEN.

Se eligieron las plataformas de APACHE, MySQL y PHP, porque funcionan bajo plataforma Linux. Por lo tanto, no se requiere de licencias, con lo que el software de desarrollo incluye solamente la propiedad intelectual y no pagar un rubro extra debido a las licencias correspondientes a otras plataformas planteadas. Esta es la principal razón por la que se eligieron las opciones mencionadas anteriormente.

Una vez definida la estructura de la plataforma, se procede con el análisis de su automatización.

3.5.3 Análisis de la automatización de los procesos. El objetivo principal de la automatización de los procesos del CATI es que, por medio del software de aplicación de la Intranet, se logre la transmisión, almacenamiento y consulta de los datos, al instante, es decir, en tiempo real, a través de un Servidor Web. Para esto se debe realizar

el levantamiento de la información necesaria, que permita describir y conocer todos los procesos propios del CATI.

Para el levantamiento de información se tiene que aprender la forma de trabajo del INEN, para otorgar una certificación. Es por esta razón, que se emprendió durante aproximadamente un mes y medio el levantamiento de información acerca de los procesos de trabajo de la organización. Esto nos permitió entender el funcionamiento, observar las complicaciones a la hora del desarrollo y sobre todo el poder plantear una propuesta para mejorar los procedimientos.

El objetivo fundamental es que el técnico, al realizar sus ensayos en los respectivos laboratorios, solo realice el ingreso de muestras o resultados en base al seguimiento y cumplimiento de diferentes normas asignadas para este tipo de ensayo. Al finalizar con su respectivo trabajo, automáticamente se calcularán y se obtendrán los resultados. Luego se elabora un informe de resultados, en donde si resulta favorable, en base al cumplimiento de las normas, puede emitirse la certificación correspondiente al laboratorio o ensayo realizado. Resaltemos que este proceso será completamente automático.

Este es el esquema de funcionamiento que debe tener la aplicación. Desde la óptica de desarrollo, mientras menos haga el técnico, significa una mayor complejidad en el desarrollo y elaboración de la aplicación. Por esta razón se ha balanceado y equilibrado esta etapa, con el fin de mantener viable el proyecto.

Los procesos propios del CATI son realmente extensos, debido a que trabajan con normas para realizar los diferentes ensayos en las múltiples áreas como son: Física, Química, Metrología. Existen millares de normas en estas tres extensas áreas. Para solucionar este problema se planteó una alternativa viable y eficaz. Con la ayuda de los técnicos, las normas se ingresarán una sola vez conforme se presente su necesidad. Dicho de otra forma, los técnicos deberán ir colocando y llenando los parámetros de las

normas, cuando éstas son utilizadas por primera vez, pero ya introducidas al sistema, quedan almacenadas permanentemente para ser utilizadas cuantas veces se requiera de ellas. Así se satisface y se resuelve el mayor y más complejo inconveniente que se presentaría en esta aplicación.

El siguiente punto a considerar es el esquema de funcionamiento, para lo cual se realizó la estandarización de los procesos de los tres laboratorios del CATI. Cabe acotar que los mismos eran independientes y cada uno tenía su método y forma de trabajo. Por medio de la estandarización se consigue describir la forma de funcionamiento del sistema.

Para lograr la integración del sistema se realizó un diagrama de procesos, el cual permite entender el funcionamiento. Posterior a esto se procede a realizar el análisis de las tablas de la base de datos y la relación que deben tener para que el sistema funcione de manera automática, en las que el usuario no se preocupe de lo que allí ocurre.

Por último, el tema de seguridades se analiza en una sección posterior de este capítulo.

Queda realizado un breve análisis de los procesos de automatización de los laboratorios del INEN. En la siguiente sección se presenta la propuesta técnica para la construcción y desarrollo del mismo.

3.5.4 Propuesta Técnica. Los Laboratorios del CATI se encuentran distribuidos en tres áreas: Química, Ensayos Físicos Generales y Pruebas de Calibración. En cada una se realizan múltiples ensayos y laboratorios, para emitir los diferentes certificados.

Como se planteó en el análisis, el sistema contiene una gran cantidad de información, la que será almacenada en una base de datos bajo la plataforma MySQL, y para poder realizar la administración del sistema, se utilizará el browser de los dispositivos por

medio de páginas web, en las que se desplegarán y se presentarán las aplicaciones del usuario. Todo este entorno se encontrará soportado por el servidor web que corre bajo la plataforma de APACHE, Además, la integración y seguridad de los datos se trabajarán con scripts realizados en PHP. Por esta razón es importante que el servidor web tenga compatibilidad con este tipo de lenguaje. De esta manera se lograra obtener el sistema para automatizar los procesos del CATI.

Adicional a esto, cabe resaltar que se puede integrar con un servidor FTP para la transferencia de archivos. Este punto es complementario para algunas aplicaciones de los usuarios.

Para empezar a describir el proceso, presentaremos un diagrama de la manera en que deberán funcionar los laboratorios, como un procedimiento estándar, para llegar a emitir los distintos certificados:

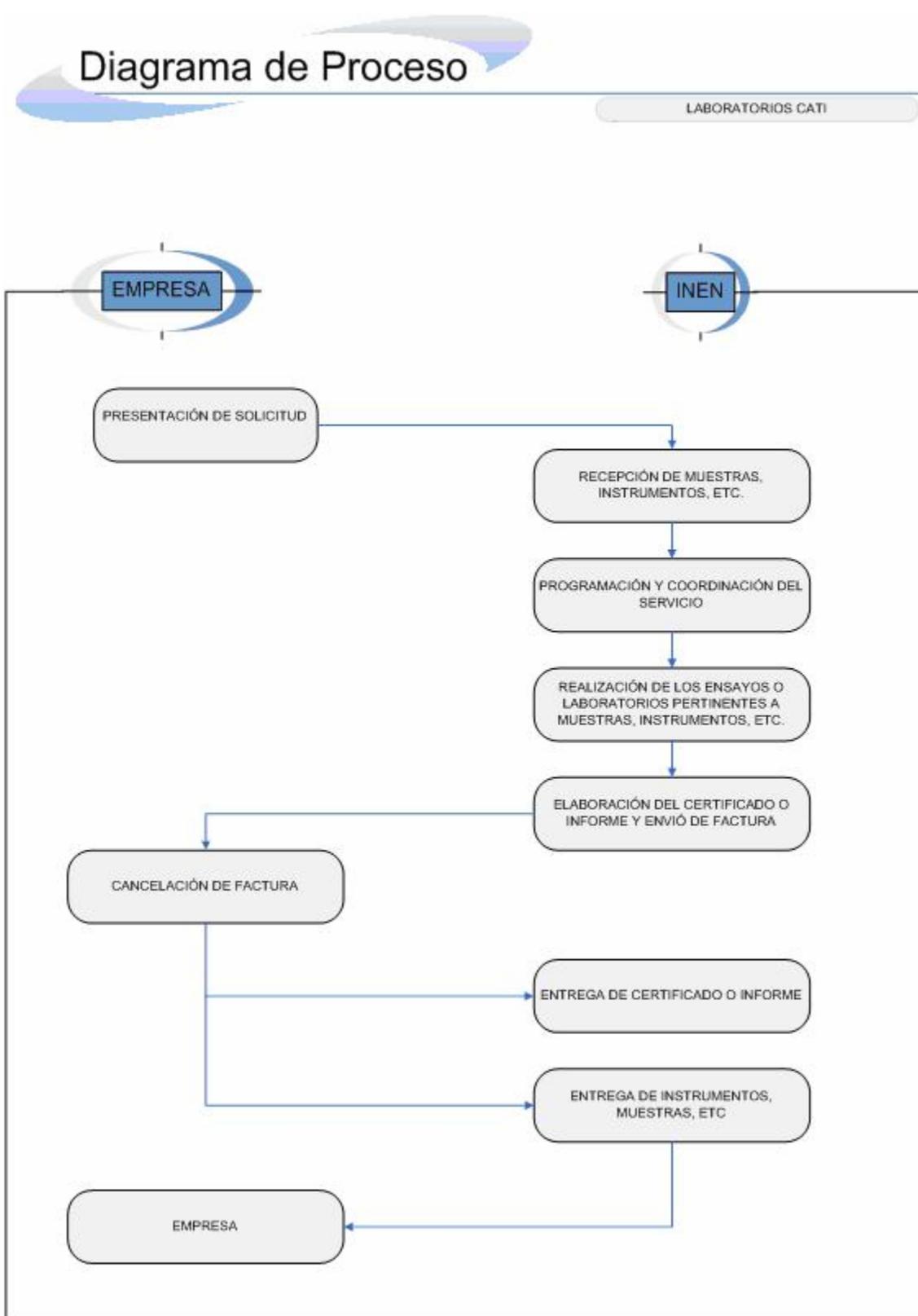
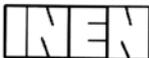


Figura. 3. 12. Diagrama de estandarización de procesos del CATI.

En el diagrama anterior se muestra el procedimiento sistemático que se deberá utilizar para el desarrollo de las actividades del CATI.

Después de realizar la estandarización de los procesos, se debe establecer la forma de relacionar los campos de la base de datos. Estos campos se obtienen de los informes, certificaciones, etc. A continuación presentamos los papeles que representan el esquema del proceso anterior, con los cuales se pueden obtener los campos que se van a utilizar, para asignar la relación que éstos deberán tener.



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION
 CENTRO DE APOYO TECNOLÓGICO A LA INDUSTRIA
 LABORATORIO DE PRUEBAS DE CALIBRACION

Formato de recepción y entrega de equipos
 Fecha: _____

Fecha de recep.	Empresa	Hoja de Ruta No.	Equipos	Código	Firma Cliente	Recepción solicitud /Hoja de Ruta		Recepción Equipos para calibrar		Fechas de Calib.	Recepcion Equipos calibrados		Recepción certificados / informes		Recepción Equipos y Certificados	
						JL		JL			TRE		TRE		Cliente	
						Fecha	Firma	Fecha	Firma		Fecha	Firma	Fecha	Firma	Fecha	Firma

Figura. 3. 13. Documento de entrega y recepción de equipos, muestras, etc.

Como podemos apreciar, este es el documento que se utiliza en el primer paso del proceso del CATI, es decir, se realiza la recepción de equipos o muestras. Se presentan los posibles campos que deberá tener la forma, para que los usuarios ingresen la información a la base de datos.

Estos campos que se ingresan, deben mantener una relación para su futuro uso en las siguientes plantillas o formas de ingreso.

En la Figura 3.15 se presenta el paso número tres del diagrama de proceso. Allí se especifica puntualmente un laboratorio en particular. En este caso, pertenece al laboratorio de ensayos Físicos y Mecánicos, y es un ensayo de tracción. Como éste, existen múltiples ensayos y laboratorios que se realizan en el CATI, es por esta razón que los técnicos deberán ingresar estos campos para los diferentes ensayos, y se relacionarán con las normas que sean asignadas, para así poder agilizar y facilitar la construcción de la aplicación. Es decir, cuando realicen por primera vez un ensayo determinado, el mismo deberá ser insertado por los técnicos; y, una vez almacenado, podrá ser utilizado para futuras prácticas.

Después de este proceso de ingreso de datos y muestras de los laboratorios y ensayos, se debe construir de manera automática el informe de resultados, en el cual, se obtienen los valores de los ensayos y se comparan con los valores de las normas con las que se realizaron. Si los resultados cumplen con las normas, se puede otorgar la certificación, caso contrario se emite solo el informe detallando el motivo por el que no se puede otorgar la certificación.

La base de datos de los ensayos se clasificará por cada laboratorio, de manera que el usuario podrá elegir por medio de “combo box” los campos que utilizará para un determinado ensayo.

De esta manera se facilita el procedimiento y elaboración de la aplicación. A continuación se presenta el esquema que tienen los informes que se elaboran en el CATI. Para poder obtener el informe de resultados, se tienen que considerar los campos de la base de datos que van desde el primer paso del diagrama de proceso hasta el último paso. Este es el motivo por el cual, se tiene que establecer una relación entre los campos de las tablas de la base de datos, los mismos que serán llamados y desplegados en las diferentes formas que se presentaron.

INEN E9-29 Tel. 501885 al 501889 E-mail: inen1@inen.gov.ec	INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION CENTRO DE APOYO TECNOLÓGICO A LA INDUSTRIA DIRECCION DE ASEGURAMIENTO METROLOGICO	CATI Autopista General Rumiñahui Puente No 5 Tel. 344-394					
Campos de base de datos REPORTE DE DE CALIBRACION No.: LPC - P - 2004 - 09 FECHA DE CALIBRACION: 2004 - 07 - 28							
IDENTIFICACION DEL CLIENTE		Página 1 de 2					
Solicitante: 0 Dirección: 0							
IDENTIFICACION DEL INSTRUMENTO							
Instrumento:	Manómetro	Rango: 0 +1000 PSI					
Marca:	NUOVA FIMA	División de Escala: 20 PSI					
Modelo o Tipo:	*****	Clase: *****					
Serie:	3311608	Localización: *****					
Observaciones:	El instrumento tiene una escala secundaria de 70 Kg/cm ²						
CONDICIONES AMBIENTALES DEL ENSAYO							
TEMPERATURA: 21 °C PRESION ATM.: 559,1 mmHg HUMEDAD REL.: 51 % METODO UTILIZADO: La calibración se realizó aplicando el procedimiento de verificación que da la norma NTE INEN 1 825:97. REFERENCIAS: El criterio de evaluación está dado por los errores máximos permitidos para este tipo de instrumentos especificados en la norma NTE INEN 1 825:97. INCERTIDUMBRE DE MEDIDA: La incertidumbre de calibración declarada en este documento es para un nivel de confianza del 95 % y se la estimó de acuerdo al documento "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" de la ISO 1995.							
MANOMETRO PATRON UTILIZADO Marca: AMETEK Modelo: T3 Serie: 10358 No. Cert.: SIC 6591 (Colombia)		CONDICIONES DE MEDICION: Medio de prueba: Agua Duración de la carga máxima: 5 minutos Pistón de rango: Alto					
RESULTADOS OBTENIDOS: TABLA DE CALIBRACION							
Patrón		Lecturas			ERRORES DE INDICACION DEL INSTRUMENTO		Histéresis
Equivalencia		Ascendente	Descendente	Promedio	Absoluto	Porcentual	
kPa	PSI	PSI	PSI	PSI	PSI	%	PSI
0,000	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0
1993,836	289,19	320,0	320,0	320,00	30,81	3,1	0
3987,866	578,40	610,0	610,0	610,00	31,60	3,2	0
5981,516	867,56	895,0	895,0	895,00	27,44	2,7	0
6479,969	939,85	965,0	965,0	965,00	25,15	2,5	0
REPETIBILIDAD							
		460,0	460,0	460,0	460,0	460,0	PSI
Incertidumbre de calibración (k = 2):				PSI	%		
				2,89	0,29		
Ing. Arturo Arévalo COORDINADOR DEL LAB. DE PRUEBAS DE CALIBRACION							

Figura. 3. 16. Construcción del informe.

INEN		INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION		
RUC		Factura Borrador		
Factura No				
Departamento:				
Cliente:				
Dirección:				
Orden de trabajo:				
Descripción del Producto y/o trabajo realizado				Informe No.
Cantidad	Código	Descripción	Valor unitario	Valor
			Total	

Son: 00/100 USD

Figura. 3. 17. Factura Borrador.

Después que el ensayo fue realizado, y el informe emitido, el técnico debe enviar una factura borrador con el costo del trabajo. Este borrador será enviado vía email a las oficinas administrativas de Quito, para que allí elaboren la factura formal que será

entregada al cliente. Este procedimiento es debido a las normas administrativas del INEN.

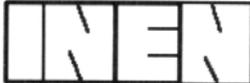
 INEN INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION LABORATORIO DE PRUEBAS DE CALIBRACION	
<h1>CERTIFICADO DE CALIBRACION</h1>	
Certificado No.: LPC - P - 2004 - 09	Página 1 de 3
Fecha de Calibración: 2004 - 07 - 28	
Instrumento: Manómetro	
Marca: NUOVA FIMA	
Modelo o Tipo: *****	
Serie: 3311608	
Rango: 0 - 1000 PSI	
División de escala: 20 PSI	
Clase: *****	
Localización: *****	
Observaciones: El instrumento tiene una escala secundaria de 70 Kg/cm ²	
Solicitante:	
Dirección:	
<p>El Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, realizó en el Laboratorio de Pruebas de Calibración, la calibración del instrumento arriba descrito utilizando los Manómetros Patrón con certificación del Instituto Metrológico Colombiano.</p> <p>Los resultados e incertidumbres de medida con su intervalo de confianza se exponen en la página siguiente y son parte de este documento.</p> <p>Este Laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento calibrado.</p> <p>El transporte del instrumento hacia y desde el Laboratorio es responsabilidad del cliente.</p> <p>El usuario está obligado a tener el instrumento recalibrado en intervalos apropiados.</p> <p>Este Certificado no significa certificación de calidad y no debe ser utilizado con fines publicitarios. Prohibida su reproducción parcial, la reproducción total deberá hacerse con la autorización escrita de la Dirección General del INEN y relaciona únicamente al instrumento arriba descrito al momento del ensayo.</p>	
<p>Felipe Urresta Ing. Civil, M.Sc. Director General</p>	
<small>Oficina Principal: Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro, casilla 17-01-3999, teléfono: 593 (2) 501-885 al 501 - 891, e-mail: inenfu@andinanet.net, Quito - Ecuador Laboratorios: Autopista Gral. Rumiñahui puente peatonal No. 5, telfax: 593 (2) 344-394, 343-716, 343-379, e-mail: inen3@andinanet.net, Conocoto - Ecuador</small>	

Figura. 3. 18. Certificación.

Para concluir, una vez que se realizó todos los procedimientos anteriores, se emite la factura al cliente. Una vez que es cancelada, se puede entregar la certificación adjunta con el informe de resultados al cliente. El último procedimiento es devolver los instrumentos, con la certificación respectiva.

A continuación se detalla cómo podría integrarse el software, a través del análisis de los reportes obtenidos de los tres laboratorios.

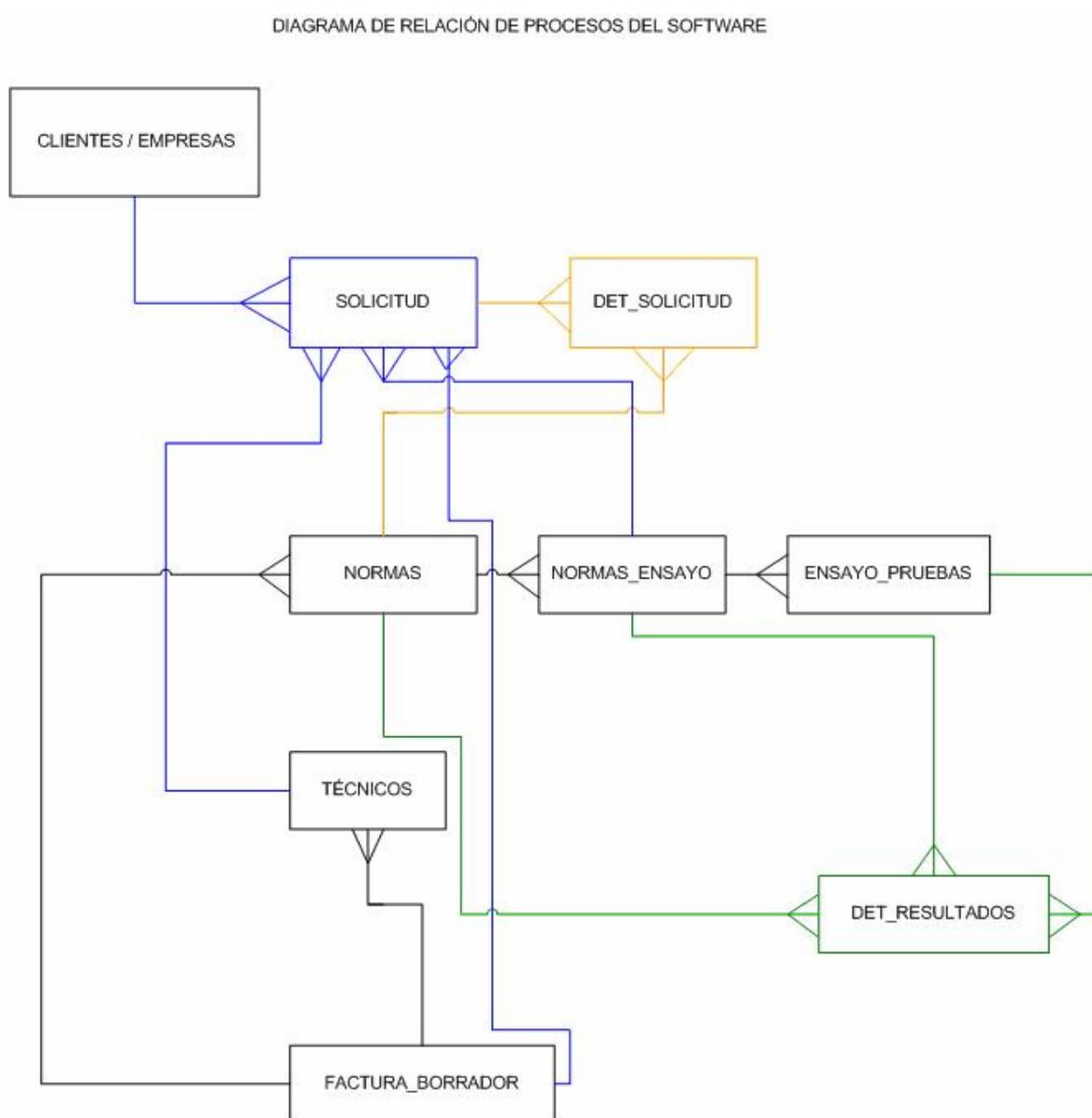


Figura. 3. 19. Diagrama de relación de procesos del software de aplicación.

En la Figura 3.19 podemos observar la relación que deben tener los campos de las tablas de la base de datos, para que éstas puedan estar relacionadas en base al proceso sistemático que deberán seguir los técnicos del CATI, es decir, al trabajo diario que se cumplirá para la elaboración final de los certificados.

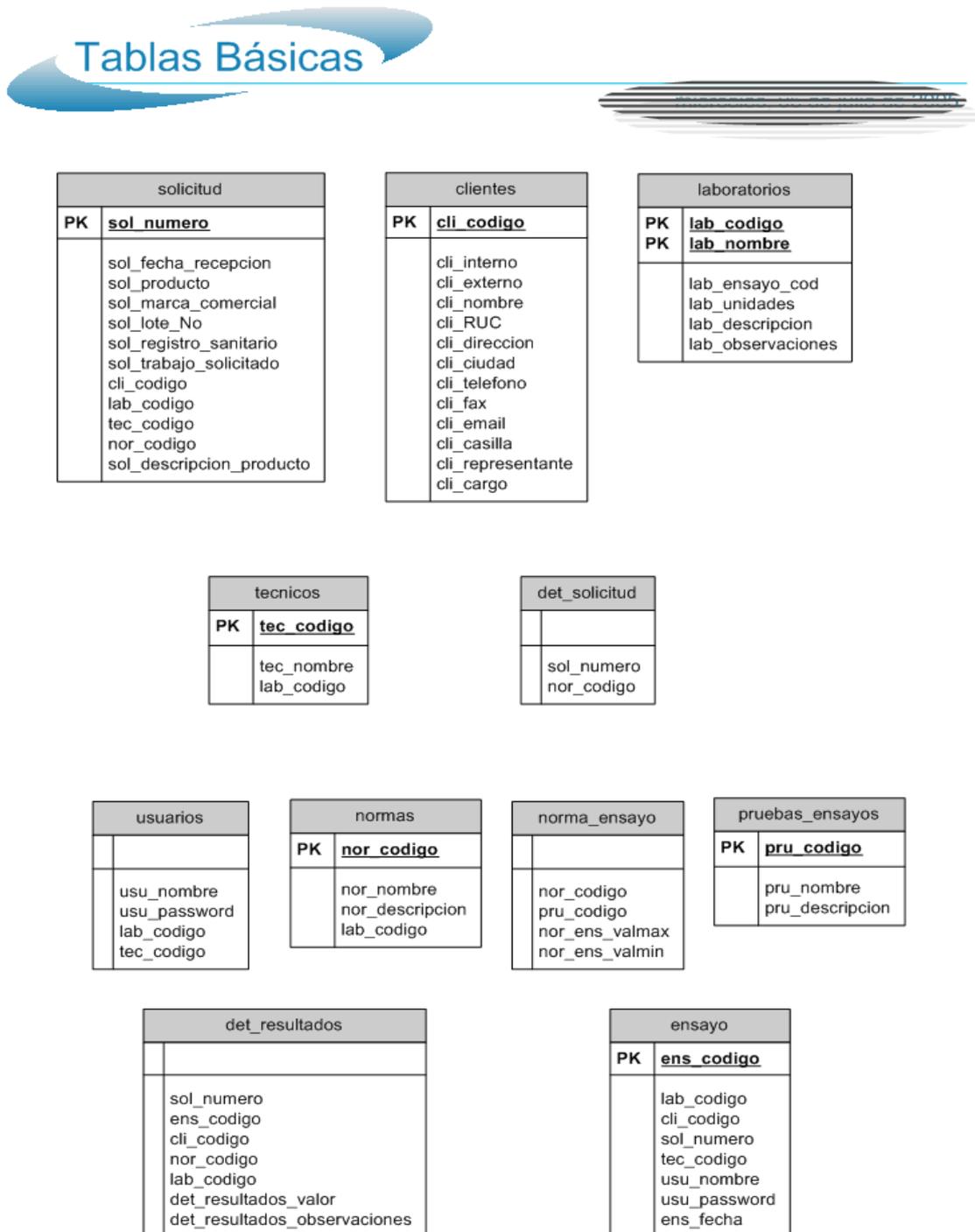


Figura. 3. 20. Tablas básicas para la integración del sistema.

En la Figura 3.20 presentamos los campos de las tablas básicas correspondientes a la Figura 3.19.

Como se puede observar en la figura anterior, se presentan las relaciones de los campos de las tablas básicas, para poder asociar unas con otras, y así lograr integrar el sistema.

Se deberán analizar los diferentes ensayos y laboratorios que se realizan, para poder empezar a desarrollar la aplicación y asociarla al certificado final, puesto que el objetivo es que, una vez terminado de realizar el laboratorio, esos datos automáticamente se procesen, se almacenen y se construya el certificado final con toda la información necesaria.

Los campos anteriores pertenecen a las tablas básicas de la base de datos, pero son los más importantes para integrar la aplicación. Son básicos porque se deberán construir más tablas y nuevos campos en la base de datos, para almacenar otro tipo de información nueva.

Con esto podemos dar por terminado el análisis de la automatización de los procesos del CATI. Como se pudo observar, se trató de resumir de la mejor manera todo el arduo trabajo que significó realizar el levantamiento de la información, y sobre todo poder elaborar y plantear la propuesta que se describió anteriormente. Con esto podemos satisfacer las necesidades tecnológicas y conformar el proyecto global de mejora de infraestructura tecnológica en que el INEN invierte.

3.6 POLÍTICAS DE SEGURIDAD EN LA AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS

En el siguiente tema se abordará todo lo concerniente a las políticas de seguridad, a nivel de usuarios.

En el aspecto concerniente a las seguridades para los procesos que se realizan en los laboratorios del CATI, cabe resaltar que ellas estarán dadas por el propio software, el cual se encargará de proporcionar las seguridades para su correcto desempeño y funcionamiento.

En la sección anterior se analiza todo lo que tiene que ver con el software. Como se indicó, el software deberá funcionar bajo un servidor web (Apache), es decir todas las aplicaciones de la automatización de procesos se llevarán a cabo a través del “browser”. Además, la información estará respaldada en una base de datos (MySQL), la misma que podrá administrar toda la información correspondiente a las certificaciones e informes que se desarrollan en el CATI. Toda esta comunicación, tanto para la base de datos como para la aplicación de formularios y consultas del “browser” se realizará a través del servidor “PHP”³⁰. El objetivo final es conseguir la integración de las páginas HTML con aplicaciones que corran en el servidor, como procesos integrados en el mismo, y no como un proceso separado. Igualmente interesa que dichas aplicaciones sean totalmente independientes del navegador (lo que no ocurría con otros lenguajes basados en scripts, como JavaScript o Visual Basic Script), independientes de la plataforma y de la Base de Datos. Además, PHP, está más orientado a conexiones entre páginas Web y servidores donde se almacenan toda clase de Bases de Datos. Lo que hace diferente a PHP es que el código se ejecuta siempre en el servidor. De esta manera, al ejecutar el script anterior, el usuario o cliente recibirá sólo los resultados de la ejecución, por lo que es imposible para el usuario o cliente acceder al código que generó la página.

Como se explicó anteriormente, vemos que el esquema para el funcionamiento de la aplicación para automatizar los procesos del CATI es óptimo y seguro. También cabe acotar que todos estos servidores deberán ser montados en un nuevo servidor el cual será el

³⁰ Preprocesador de Hipertextos.

servidor de aplicaciones, el mismo que contendrá: “Server WEB”, “Server BD”, “Server PHP”.

En cuanto a lo que se refiere a las políticas de seguridad para los procesos, éstas son las más importantes a considerar, debido a que se trata de la información de verdadero interés para la institución.

La información que provee el CATI son Certificaciones o Informes a las empresas que solicitan una certificación para algún producto o insumo. Cuando una empresa solicita una certificación el INEN envía una solicitud de trabajo a los técnicos del CATI para que ellos en base a las normas respectivas realicen ensayos para otorgar dicha certificación. En caso de no cumplir con las normas el CATI solo emite un informe en el cual se detalla los procedimientos realizados y se explica los motivos por los que no se cumple con la normativa.

Toda esta información es de suma importancia, por lo que el INEN califica de confidencial a toda la información que involucra ensayos. Está establecido dentro de una cláusula en el INEN, que la institución garantiza a las empresas que toda la información obtenida de los ensayos realizados es confidencial.

La automatización de los procesos se administrará en el servidor de aplicaciones, el cual provee a la infraestructura de red un entorno “Server/Client” o Cliente/Servidor. Toda la información se almacenará en los discos duros del servidor de aplicaciones, específicamente en el servidor de base de datos, al cual ningún usuario tiene acceso. Para poder ingresar a las aplicaciones de ensayos, consultas, etc., los usuarios deberán tener un “Username” y un “Password”, los que darán el acceso a las aplicaciones que son permitidas, dependiendo el tipo de usuario. Cada técnico solo tendrá acceso a los recursos del laboratorio al que pertenece. Por otro lado, cada técnico realiza los ensayos que le son asignados únicamente. De esta manera, cuando se deseen consultar sobre ensayos realizados, solo el técnico que realizó dicho ensayo podrá tener acceso a consultar. Esto

quiere decir que si un técnico del mismo laboratorio quiere acceder a revisar un ensayo que él no realizó, el acceso le será negado. Así se puede garantizar la integridad y confidencialidad de los resultados obtenidos. Además, para controlar este proceso existen: el director de la unidad o jefe de laboratorio y el director de los laboratorios (CATI). El director de la unidad es el responsable del laboratorio al que pertenece, en este caso existen tres directores de unidad, los cuales pueden acceder a ver la información a través de las consultas del laboratorio del cual están a cargo, y la información no puede ser modificada.

El director de los laboratorios es el responsable de firmar todos los certificados e informes que se realizan y se emiten en el CATI, por lo tanto, aparte del técnico responsable y del director de unidad, el director de los laboratorios tiene acceso a consultar todos los ensayos de todos los laboratorios y de todos los técnicos, por el hecho de ser la persona responsable de emitir los certificados y los informes para ser entregados a las empresas.

Entonces el acceso para ver toda la información está a cargo solo del director de los laboratorios, aunque sin la capacidad de modificar resultado alguno. En caso que el técnico haya cometido algún error al ingresar datos o en el desarrollo mismo de los ensayos, y estos ya se hayan guardado y actualizado en la base de datos, él no puede modificarlos, por cuestión de normativa propia del INEN. La solución es repetir el ensayo, para entonces sí emitir el certificado o informe, según el caso.

Para todo este proceso existe un responsable del control de los usuarios, y es el administrador de la red “WCATI”, quien podrá acceder a cierta información a través de las consultas, aunque no a la referente a resultados de ensayos, sino a fecha, hora, laboratorio, técnico responsable y código de ensayo.

Por último, para complementar la seguridad, el acceso a las aplicaciones solo será a través de la Intranet, quedando negado el acceso a las mismas desde el Internet.

Estas medidas son igualmente resultado de consensos, porque fueron analizadas y discutidas con el Director del CATI, el Jefe del Laboratorio de Metrología y la persona que administrará la red. Todas las partes concuerdan en que así se tiene la mejor solución.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1 SELECCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA INTRANET DEL CATI, SEGÚN ANÁLISIS DE RELACIÓN COSTO – BENEFICIO

En los capítulos anteriores ha quedado plenamente definido el diseño total de la Intranet del Centro de Apoyo Tecnológico a la Industria del INEN, desde el punto de vista técnico. Se han establecido las bases técnicas de los equipos y componentes de la red, según las características y especificaciones que el diseño en su conjunto exige.

Con seguridad existen en el mercado varias alternativas de productos, de distintos fabricantes, que cumplen con las bases técnicas elaboradas. De haber, entonces, varias marcas de productos y equipos que servirían para implantar la Intranet, se vuelve indispensable establecer las políticas y criterios que permitan seleccionar los equipos y materiales a ser adquiridos. En otras palabras, hay consideraciones especiales que deben tomarse en cuenta para realizar el análisis comparativo entre las opciones que ofrece el mercado, consideraciones que permitirán ajustar este análisis a la situación particular del INEN.

La primera consideración a ser observada es el hecho de que el INEN es una entidad pública, adscrita a un Ministerio del Gobierno Central. Por ello la institución está sujeta al reglamento de contratación vigente, el que establece que para adquisiciones de un monto superior a USD \$ 3000, la operación deberá ser llevada a un Concurso de Ofertas, en el que participarían personas naturales o jurídicas, empresas proveedoras de tecnología. Este método de adquisición de los equipos y materiales, así como su instalación, es entonces

obligatorio para el caso de este proyecto, por lo que el objetivo de este capítulo se centra en la determinación de un monto total de inversión, bajo condiciones estrictamente reales, que servirá como referencia para comparar con las ofertas presentadas por las empresas participantes en el mencionado concurso, para la adjudicación del contrato de adquisición de equipos e implantación de la Intranet.

Una segunda consideración: el INEN, como la mayoría de instituciones públicas, tiene recursos económicos limitados. Aunque es una entidad que se financia principalmente de la autogestión, los recursos que produce son administrados por el MICIP. Es fundamental, para el éxito de este proyecto, partir de la premisa de que el INEN ha destinado un presupuesto para la implantación de la Intranet en el CATI, que resulta ser muy poco flexible. Este presupuesto para la Intranet, en cuanto a su servidor, backbone y red inalámbrica, según indicación del Director Ejecutivo del CATI, está alrededor de USD \$ 7000 (siete mil dólares). En una próxima etapa, y con nuevos recursos, se licitará el desarrollo del Software para Manejo de Datos del INEN, estimado a grosso modo entre USD \$ 10000 y 20000. Culminando con éxito lo anterior, la etapa final consistirá en la adquisición de las PDA's, y su número será entre 12 y 30.

Aunque técnicamente siempre habrán varias alternativas para desarrollar un proyecto, y aunque existan equipos de distintas marcas que simultáneamente cumplan las especificaciones requeridas, la recomendación técnica se inclina por utilizar materiales y equipos de marcas reconocidas y de prestigio, para que aumente el grado de confiabilidad. Sin embargo, la mayoría de veces, esas marcas no son las más económicas.

En el proyecto de implantación de la Intranet del CATI, la situación no puede ser más apegada a la realidad de nuestro país: quienes diseñamos y esperamos implantar la nueva infraestructura nos enfrentamos al desafío de conseguir técnicamente una Intranet funcional, confiable, eficaz y cumplidora de los resultados que se esperan de ella, con un presupuesto referencial de USD \$ 7000. Esa es la realidad de nuestra vida profesional. El valor total de dinero que el INEN deba invertir en la adquisición y montaje de esta tecnología tendrá que aproximarse lo más posible a ese presupuesto referencial, porque de

ello dependerá la viabilidad del proyecto en su totalidad. Expresado de otra manera, en caso de que el presente proyecto cueste más de lo esperado, no sería factible, sencillamente no se desarrollaría. El reto es: no permitir que éste sea otro proyecto más que se quedó en los estudios, en los papeles.

Estas importantes aclaraciones previas tendrán mucha influencia en las decisiones a tomarse para la selección de equipos y materiales, y también explican algunos de los criterios de diseño previamente utilizados.

Las políticas de selección de equipos, materiales y proveedores en general, están anotadas a continuación:

- ✓ Todos los equipos a ser adquiridos deberán cumplir a cabalidad las bases técnicas establecidas en el diseño de la Intranet.
- ✓ Dichos equipos deberán acreditar un año de garantía como mínimo, que será soportada por una marca con representación en el país, a fin de asegurar futuro mantenimiento, reposición, servicio técnico, etc.
- ✓ El proveedor seleccionado deberá ofrecer una solución total, es decir que tendrá que ofrecer el hardware en su totalidad, así como será responsable de la implantación y puesta en marcha de la Intranet. Esta condición presenta varias ventajas: facilidad de contratación, gestión y coordinación al ser un solo proveedor; mejor precio final que hacerlo con distintas empresas, etc.
- ✓ Obviamente se dará preferencia a las opciones de menor precio, a fin de apegarse al presupuesto mencionado, siempre y cuando esas opciones cumplan con todas las condiciones previamente establecidas.

4.1.1 Dispositivos de red. El hardware para la Intranet consiste en los dispositivos de red para el backbone, tales como switches y tarjetas de red o NIC's (Network Interface Card); y, dispositivos para Wireless LAN o red inalámbrica, tales como puntos de acceso (Access Points) y tarjetas inalámbricas o WNIC (Wireless NIC).

Por facilidades acerca de la garantía, compatibilidad, así como por unificar el proveedor, se prefiere que estos equipos sean del mismo fabricante. A continuación se muestra un cuadro comparativo de estos equipos, en cuatro marcas muy difundidas en el Ecuador, y que se encuentran debidamente representadas en nuestro país, por varias empresas. Los precios que se muestran a continuación varían constantemente según condiciones de mercado, aunque la tendencia generalmente es a la baja, luego de pocos meses de que los modelos especificados logran un alto nivel de presencia en el mercado. Es importante aclarar que se necesitan solamente dos switches de capa 2 y una sola tarjeta de red. Por ser dispositivos de bajo costo, se los excluirá de los cuadros comparativos, para que su selección dependa de los equipos para Wireless LAN, que son muchos y representan el rubro más significativo del valor total:

<i>Cuadro comparativo de Access Points</i>				
<i>Marca :</i>	CISCO	3COM	D-LINK	LINKSYS
<i>Modelo:</i>	Aironet	Enterprise	DWL	WAP
	1100	7250	2200/7100	54G
¿Cumple bases Técnicas?	SÍ	SÍ	SÍ	NO
Garantía	1 AÑO	1 AÑO	1 AÑO	1 AÑO
Representación En el país	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Precio USD \$	617.00	499.00	258.00	115.44

Tabla. 4. 1. Cuadro comparativo de Puntos de Acceso (AP).

<i>Cuadro comparativo de Adaptadores de Red PCI Wireless</i>				
<i>Marca :</i>	CISCO	3COM	D-LINK	LINKSYS
<i>Modelo:</i>	Aironet PCI-G	OfficeConnect 802.11g PCI	DWL G-520	WMP 54GS
¿Cumple bases Técnicas?	SÍ	SÍ	SÍ	NO
Garantía	1 AÑO	1 AÑO	1 AÑO	1 AÑO
Representación en el país	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Precio USD \$	292.19	81.12	73.00	79.00

Tabla. 4. 2. Cuadro comparativo de Adaptadores de Red PCI (Tarjetas Inalámbricas).

<i>Cuadro comparativo de Adaptadores de Red USB Wireless</i>				
<i>Marca :</i>	CISCO	3COM	D-LINK	LINKSYS
<i>Modelo:</i>	Aironet USB-G	OfficeConnect 802.11g USB	DWL G-122	WUSB 54GP
¿Cumple bases Técnicas?	SÍ	SÍ	SÍ	NO
Garantía	1 AÑO	1 AÑO	1 AÑO	1 AÑO
Representación en el país	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Precio USD \$	299.00	91.00	89.00	94.00

Tabla. 4. 3. Cuadro comparativo de Adaptadores de Red USB compactos (Tarjetas Inalámbricas).

Después de analizar los cuadros comparativos de los principales componentes de la Intranet, en cuanto al hardware, es posible observar que se han elaborado con cuatro marcas de gran difusión en el Ecuador, donde tres de ellas cumplen las bases técnicas de diseño. La marca LINKSYS produce una única línea de equipos de red inalámbrica, comparable con las líneas SOHO³¹ de los otros tres fabricantes, por lo que sus equipos no cumplen especificaciones de potencia, seguridad y antenas, quedando así descartados.

Las marcas CISCO, 3COM y D-LINK, en términos generales cumplen las políticas y condiciones planteadas para la selección, con sus líneas intermedias de productos Wireless, dedicados al mercado “Medium Office” o Enterprise (empresarial). Desde ese punto de vista, la única diferencia que presentan está en el precio individual de cada dispositivo.

No se puede ocultar que la marca CISCO es una de las más reconocidas en todo el mundo, es un referente, pero la diferencia en precio con otros fabricantes es decisiva para el caso del INEN, donde hay un presupuesto para tomar en cuenta. Los cuadros indican la existencia de productos de la marca D-LINK, que cumplen también los requerimientos mínimos planteados, por un precio inferior a la mitad. Precisamente ese es uno de los motivos por los que el fabricante D-LINK ha tenido un vertiginoso crecimiento en nuestro medio, y se halla ampliamente representado por mayoristas importadores de hardware en el Ecuador, calificado por los entendidos como “un mercado preferentemente de precios, antes que de la mejor calidad”³². Sus productos son utilizados en las más variadas aplicaciones.

En conclusión, según todos los puntos de vista considerados en el presente análisis, se ha creado una relación costo – beneficio, mejor representada para el caso de este proyecto por los equipos de Wireless LAN de marca D-LINK, por lo que se convierten

³¹ SOHO: Small Office Home Office, línea de productos para hogar o pequeña oficina.

³² Fuente: Criterio del Director Comercial de *Enlace Digital*, distribuidor autorizado D-Link para el Ecuador.

en la selección para la Intranet en el CATI, con los modelos analizados. La decisión se hace extensiva por ende a la tarjeta de red y los switches.

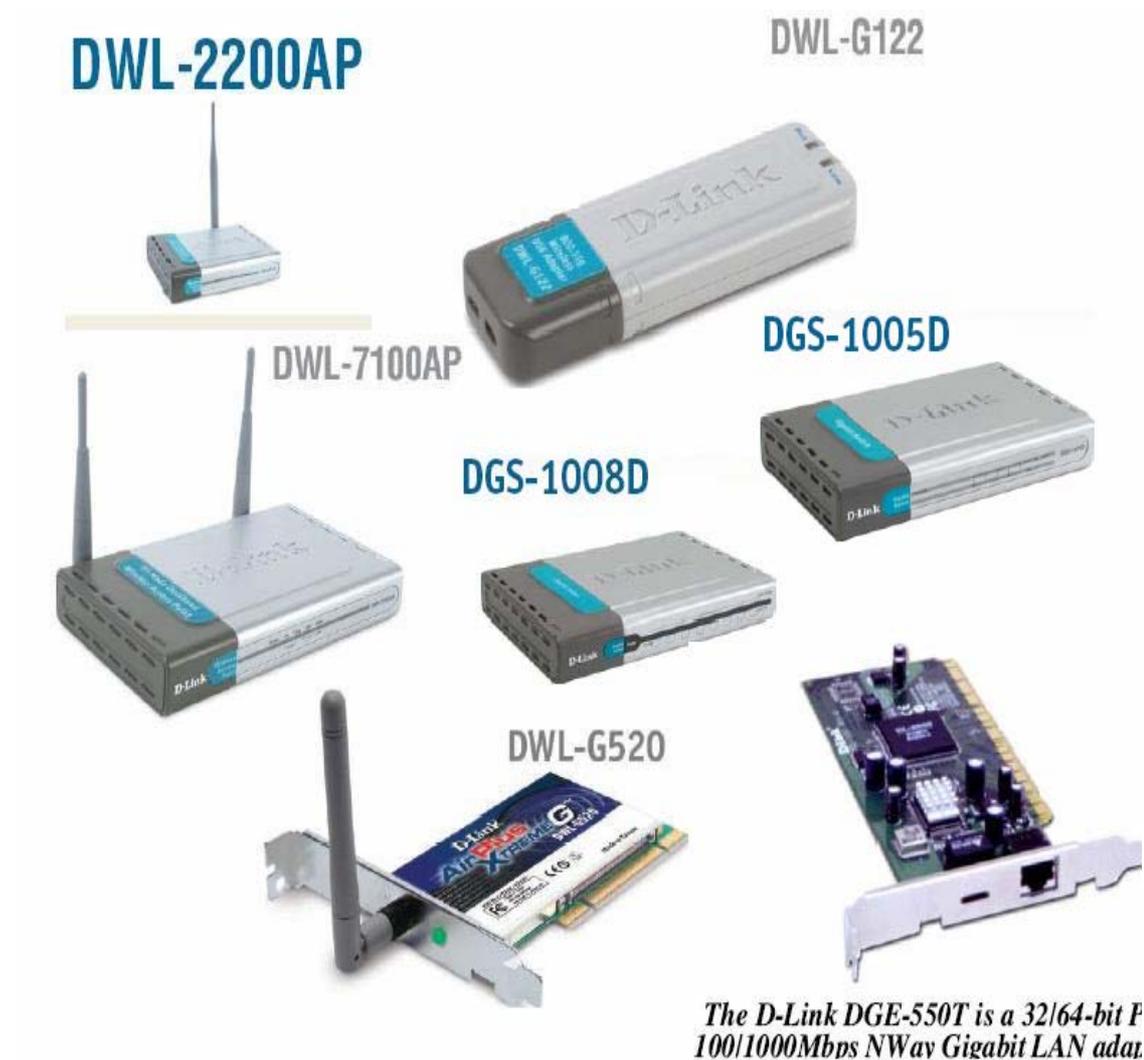


Figura. 4. 1. Dispositivos de red D-Link, seleccionados para componer la Intranet del CATI.

4.1.2 Cableado estructurado. El backbone de la Intranet, así como la instalación y montaje de los equipos se ha diseñado con criterios de cableado estructurado. Este rubro involucra la instalación de puntos de red, instalaciones eléctricas, etc. Existen en el mercado decenas de empresas proveedoras de materiales y mano de obra para desarrollo de proyectos de cableado estructurado, y precisamente por esa cantidad de oferta, los precios son muy competitivos, muy parejos entre las distintas empresas proveedoras.

Las marcas de los materiales y productos utilizados en cableado estructurado son pocas, y son también comunes entre la mayoría de proveedores en nuestro medio. Entre ellas sí existen diferencias de precios y calidad, aunque no es significativo en el monto final de inversión, por lo que preferimos no entrar en comparaciones entre una y otra marca, sino que decidimos utilizar lo mejor, las marcas de mayor reconocimiento en el mercado ecuatoriano, tales como PANDUIT, LEVITON, DEXSON, BEAUCOUP, QUEST, BELDEN.

A continuación se ofrece el listado en detalle de todos los elementos correspondientes al cableado estructurado, debidamente valorados, obtenidos de dos proveedores mayoristas de materiales y soluciones integrales en el tema, así que el valor total indicado en esta sección, para este rubro, con seguridad será bastante exacto y similar al que ofrezcan las empresas participantes en el Concurso de Ofertas para la adjudicación y desarrollo del proyecto:

<i>Detalle de precios de materiales para Cableado Estructurado</i>			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P.U. \$	P.T. \$
2	Soporte de pared 5UR (rack) BEAUCOUP	28.00	56.00
2	Bandeja para soporte 5UR BEAUCOUP	16.00	32.00
2	Patch Panel modular 24 puertos PANDUIT	30.00	60.00
9	Jack CAT5e negro PANDUIT	4.50	40.50
9	Jack CAT5e azul PANDUIT	4.50	40.50
2	Jack CAT6 PANDUIT	7.50	15.00
9	Patch Cord CAT5e 7' QUEST	1.53	13.77
9	Patch Cord CAT5e 3' QUEST	1.07	9.63
2	Patch Cord CAT6 3' PANDUIT	2.50	5.00
37	Blank negro PANDUIT	0.36	13.32
17	Caja 40mm DEXSON	1.40	23.80
9	Face Plate simple PANDUIT	1.04	9.36
240	Cable UTP CAT5e BELDEN	0.24	57.60
100	Cable UTP CAT6 BELDEN	0.50	50.00
4	Canaleta 32x12mmmm sd DEXSON	1.40	5.60
4	Unión de canaleta 32x12mm DEXSON	0.18	0.72
25	Canaleta 20x12mm DEXSON	1.00	25.00
24	Unión de canaleta 20x12mm DEXSON	0.18	4.32
10	Ángulo interno 20x12mm DEXSON	0.36	3.60
1	Amarres plásticos de 25cm, funda	3.00	3.00
20	Etiquetas de cable PANDUIT	0.10	2.00
10	Etiquetas de Patch Panel PANDUIT	0.10	1.00
9	Etiquetas de Face Plate PANDUIT	0.10	0.90
52	Tubo EMT 3/4"	6.50	338.00
51	Unión EMT 3/4"	0.52	26.52
120	Abrazadera EMT 3/4"	0.12	14.40
34	Conector EMT 3/4"	0.50	17.00
22	Caja de paso 10x10 con tapa	2.20	48.40
20	Manguera BX 3/4"	2.90	58.00
10	Conector BX 3/4"	0.96	9.60
55	Manguera plástica reforzada 3/4"	0.38	20.90
8	Toma doble polarizada con tapa	2.20	17.60
48	Cable flexible #12 AWG negro	0.32	15.36
48	Cable flexible #12 AWG blanco	0.32	15.36
48	Cable flexible #12 AWG verde	0.32	15.36
1	Transporte	60.00	60.00
1	Material menudo	32.00	32.00
		TOTAL USD \$	1161.12

Tabla. 4. 4. Lista de precios de materiales de Cableado Estructurado, para montaje de la Intranet.

Los valores indicados corresponden a un Precio de Venta al Público (PVP), y no incluyen el valor de IVA.

4.1.3 Servidores de Red y Software. Como se trató en los capítulos 2 y 3, la Intranet en su totalidad contará con una plataforma de servicios, soportada por los servidores de red. La alternativa profesional más económica del mercado, sin dejar de ser técnicamente conveniente, es contar con un “Servidor de Comunicaciones”, lógico, de software libre, instalado y configurado en el hardware de servidor con el que cuenta el INEN.

El detalle de especificaciones de este Servidor de Comunicaciones se muestra en la tabla siguiente. Su configuración y afinamiento, a cargo de un Ingeniero especialista, toma alrededor de 5 días:

<i>Detalle de especificaciones y precio del Servidor de Comunicaciones</i>		
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO
1	Servidor de Comunicaciones Incluye: - Sistema Operativo Linux (Fedora) - Firewall lógico - Servidor de correo electrónico - Control anti Spam, anti Spoof - Servidor Web - Servidor FTP - Servidor de consola segura, Monitoreo Remoto - Servidor Proxy, caché de web, nombres - Servidor NAT - Servidor DNS - Servidor DHCP - Servidor para autenticación de usuarios (emulación NT) - Servidor de Acceso Remoto Dial-In RAS - Manejo de enrutamiento IP - Administración, configuración y status completo del servidor en interfaz gráfica web.	1200.00
TOTAL USD \$		1200.00

Tabla. 4. 5. Precio del Servidor de Comunicaciones, con plataforma de servicios de red.

4.1.4 Mano de Obra. Para poder valorar en términos reales y con exactitud la mano de obra necesaria para implantar la Intranet, es necesario tomar en consideración las condiciones actuales de estos servicios en el mercado ecuatoriano.

La primera distinción que debe hacerse es que en el proyecto se requieren dos tipos de mano de obra, la general a nivel de obreros, y la especializada, a nivel de técnicos o mejor ingenieros.

Otro punto a ser observado consiste en que ciertos trabajos tienen ya un precio estandarizado, impuesto por condiciones de mercado, tales como la instalación de puntos de red. Al momento de realización de este proyecto, en la ciudad de Quito, es posible obtener cotizaciones de empresas dedicadas a instalación de cableado estructurado, que tienen prácticamente unificado el valor por cada punto de red, en USD \$ 14.00. Puede considerarse la misma observación para otros rubros como la certificación de puntos de red, instalación de puntos eléctricos, etc.

Sobre la mano de obra general, el detalle de precios se muestra a continuación:

<i>Precios de mano de obra general</i>			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P.U.	P.T.
9	Instalación punto de datos CAT5E	14.00	126.00
95	Instalación enlace CAT6 (metro)	0.80	76.00
8	Instalación de punto eléctrico	7.00	56.00
1	Obra Civil	480.00	480.00
TOTAL USD \$			738.00

Tabla. 4. 6. Detalle de precios de mano de obra general.

El tiempo estimado para la ejecución de este trabajo es 15 días, entre 3 obreros.

En cuanto a la mano de obra especializada, el detalle es el siguiente:

<i>Precios de mano de obra especializada</i>			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P.U.	P.T.
9	Certificación de punto de datos CAT5E	10.00	90.00
1	Certificación de punto de datos CAT6	10.00	10.00
2	Elaboración de plano AS BUILT, sobre las instalaciones realizadas	45.00	90.00
4	Hora técnica, instalación y configuración de Access Points	20.00	80.00
12	Hora técnica, configuración de 25 computadores con tarjetas inalámbricas	20.00	240.00
		TOTAL	
		USD \$	510.00

Tabla. 4. 7. Detalle de precios de mano de obra especializada.

Haciendo una estimación de tiempo para el desarrollo de estas actividades, resultan alrededor de 6 días laborables, de un ingeniero.

El valor total de mano de obra será la suma de la general y la especializada, y su monto asciende a USD \$ 1248.00.

4.2 PRESUPUESTACIÓN FINAL

En las secciones anteriores se han obtenido los costos de cada rubro componente del proyecto de implantación de la Intranet del CATI. A continuación se juntarán esos componentes para calcular la cantidad a la que asciende el monto total. El valor final obtenido corresponde a una estimación del presupuesto de inversión para adquirir e implantar la primera etapa de la nueva infraestructura:

<i>Presupuesto Final del Proyecto</i>			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P.U.	P.T.
6	Access Point D-Link DWL-7100AP	258.00	1548.00
2	Access Point D-Link DWL-2200AP	258.00	516.00
15	Wireless Network Adapter DWL-G520	73.00	1095.00
10	Wireless Network Adapter DWL-G122	89.00	890.00
1	Cableado Estructurado	1161.12	1161.12
1	Servidor de Comunicaciones (software)	1200.00	1200.00
1	Mano de Obra	1248.00	1248.00
TOTAL USD \$			7658.12

Tabla. 4. 8. Determinación del Monto Total de Inversión estimado para la Intranet del CATI.

Comparando el monto de inversión total estimado, de USD \$ 7658.12, con el presupuesto referencial indicado por la Administración del INEN, que fue de USD \$ 7000.00, se observa que entre ellos existe una diferencia inferior al 10% del costo presupuestado. Esta diferencia ha sido minimizada por la Administración del INEN, la misma que, aceptando la factibilidad económica, ha dado luz verde al desarrollo e implantación del proyecto.

4.3 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

El presente proyecto será ejecutado según el siguiente cronograma de actividades:

<i>Cronograma de ejecución del proyecto</i>								
ACTIVIDAD	SEMANA							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Concurso de ofertas, adjudicación	■	■						
Importación y entrega de equipos			■	■	■			
Instalación de cableado estructurado				■	■			
Instalación y configuración de equipos						■		
Certificaciones, pruebas de operación							■	
Cursos de operación al personal INEN								■

Tabla. 4.9. Cronograma de ejecución del proyecto de la Intranet del CATI.

Según los análisis efectuados en secciones anteriores de este capítulo, el INEN ha fijado en 45 días (6 semanas) el tiempo de ejecución del proyecto, hasta su entrega. Ese plazo ha sido establecido para las empresas invitadas a presentar ofertas en el respectivo concurso.

Nótese que los equipos de red son recibidos luego de 3 semanas de adjudicado el proyecto. Ese tiempo corresponde al proceso de importación de tales equipos, que son traídos desde USA, debido a que los proveedores en el Ecuador no tienen disponibilidad inmediata de todos los modelos seleccionados, mientras que los equipos que sí se cuentan en stock, no existen en las cantidades requeridas.

El tiempo de espera, mientras se reciben los equipos de red, será aprovechado para la instalación y montaje de la parte física de la red, esto es el cableado estructurado.

CAPÍTULO V

INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA RED

El capítulo a continuación abarca todos los aspectos relacionados con el montaje y puesta en operación de la red en su conjunto, considerando, según los diseños elaborados en el Capítulo II, la disposición de los equipos de WirelessLAN, el backbone de la red, cableado estructurado, instalaciones eléctricas, instalación y configuración de dispositivos de acceso a WirelessLAN, servidores y servicios de red.

5.1 UBICACIÓN DE LOS ACCESS POINTS EN LA WIRELESSLAN DEL CATI

En capítulos previos se ha establecido en su totalidad el diseño integral de la Intranet para los laboratorios del INEN. Es posible, entonces, iniciar la implementación de la misma, para lo cual empezamos por identificar el lugar físico de instalación de los ocho AP. Debe recordarse que las ubicaciones fueron determinadas en base al diseño de la WirelessLAN con tecnología WI-FI, presentado en el Capítulo II. Mediante la ubicación de los AP se consigue tener una amplia cobertura de red dentro de los laboratorios del CATI, según lo previsto, para así integrar los usuarios al backbone de la red LAN.

En la siguiente figura se muestran los lugares en donde fueron instalados los ocho AP, dentro de los dos edificios principales del complejo del CATI, Metrología y Química, conforme a la planificación:

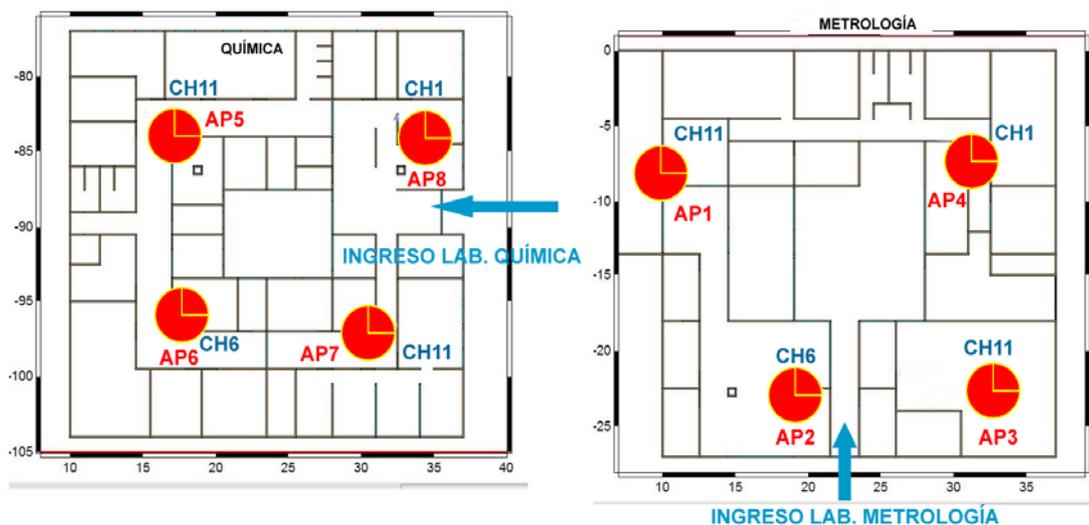


Figura. 5. 1. Ubicación de los AP dentro de los laboratorios del CATI.

Como se puede observar en la Figura. 5.1, esta distribución y ubicación de los AP permiten iniciar el análisis para la instalación del cableado estructurado, así como las instalaciones eléctricas necesarias.

5.2 BACKBONE DE RED: INSTALACIÓN DEL CABLEADO ESTRUCTURADO E INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Una vez ubicadas las posiciones de los AP, se puede realizar un análisis de las rutas de tendido del cableado que conectará cada AP hacia los servidores de red, pasando por los cuartos de distribución, donde se hallan el MDF³³ e IDF³⁴. Además se debe analizar los puntos de tendido eléctrico que permitan tomar una rama de alimentación para los distintos AP, con sus respectivas protecciones eléctricas.

Para empezar el análisis, se definen el MDF y el IDF. El MDF es el cuarto principal (espacio físico en la construcción) en donde se encontrarán los servidores, switch, router, racks, patch panels y que, según el diseño de la red LAN, es el punto central o la troncal de la topología de árbol o estrella extendida utilizada en la red del CATI. El IDF es el cuarto

³³ Main Distribution Facility.

³⁴ Intermediate Distribution Facility.

que alberga el concentrador secundario (espacio físico en la construcción) utilizado según la misma topología.

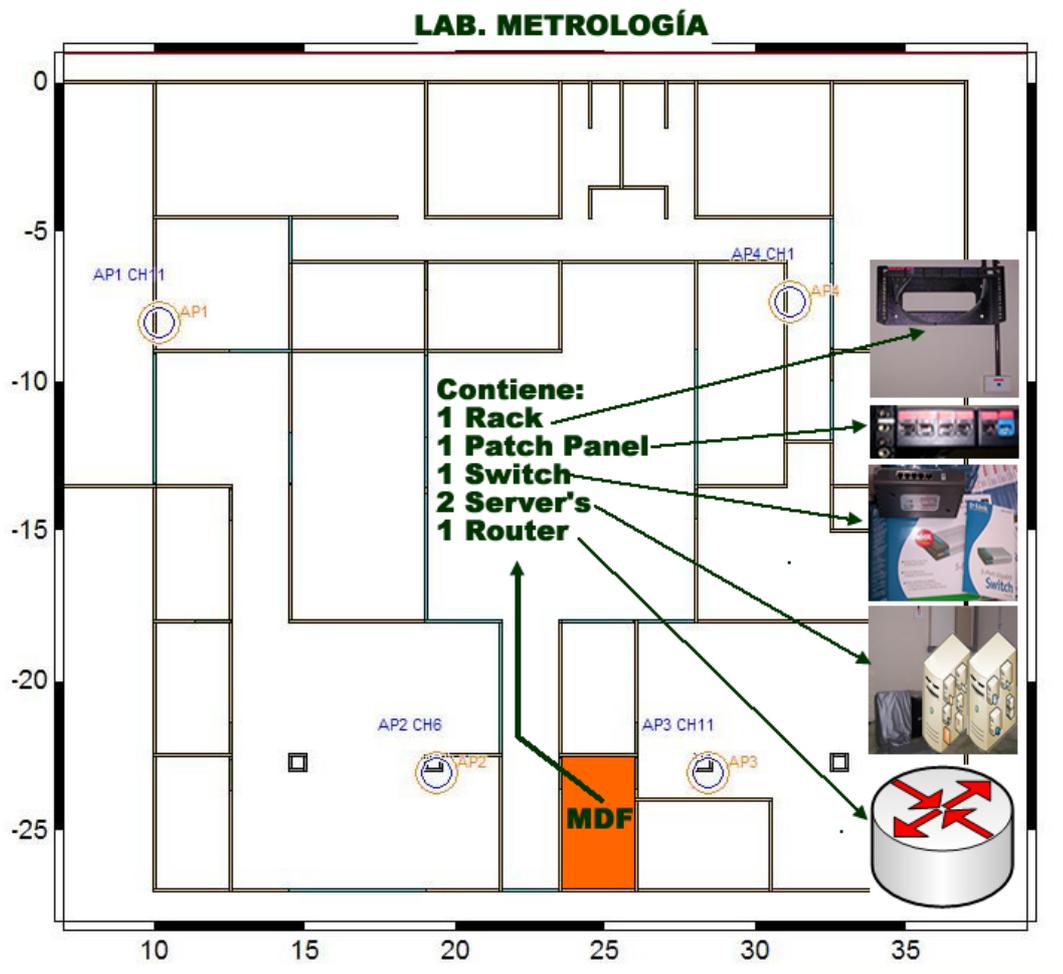


Figura. 5. 2. Ubicación del MDF en el edificio de Metrología.

Como se observa en la Figura. 5. 2, el MDF se encuentra ubicado en un cuarto del edificio de Metrología, en el cual se ha instalado un rack con un patch panel modular de 24 puertos, que tiene conexiones al switch de ocho puertos que permitirá la comunicación con los cuatro AP de ese edificio, desde los dos servidores (servidores de comunicaciones y aplicaciones), y también mantendrá la línea troncal de comunicación hacia el IDF, ubicado en el edificio de Química. En el MDF también se recibe el enlace WAN, vía radio, que proporciona la conexión hacia el Internet.

Las conexiones realizadas tanto en el rack como hacia los AP cumplen con las normas estipuladas para la instalación de cableado estructurado.

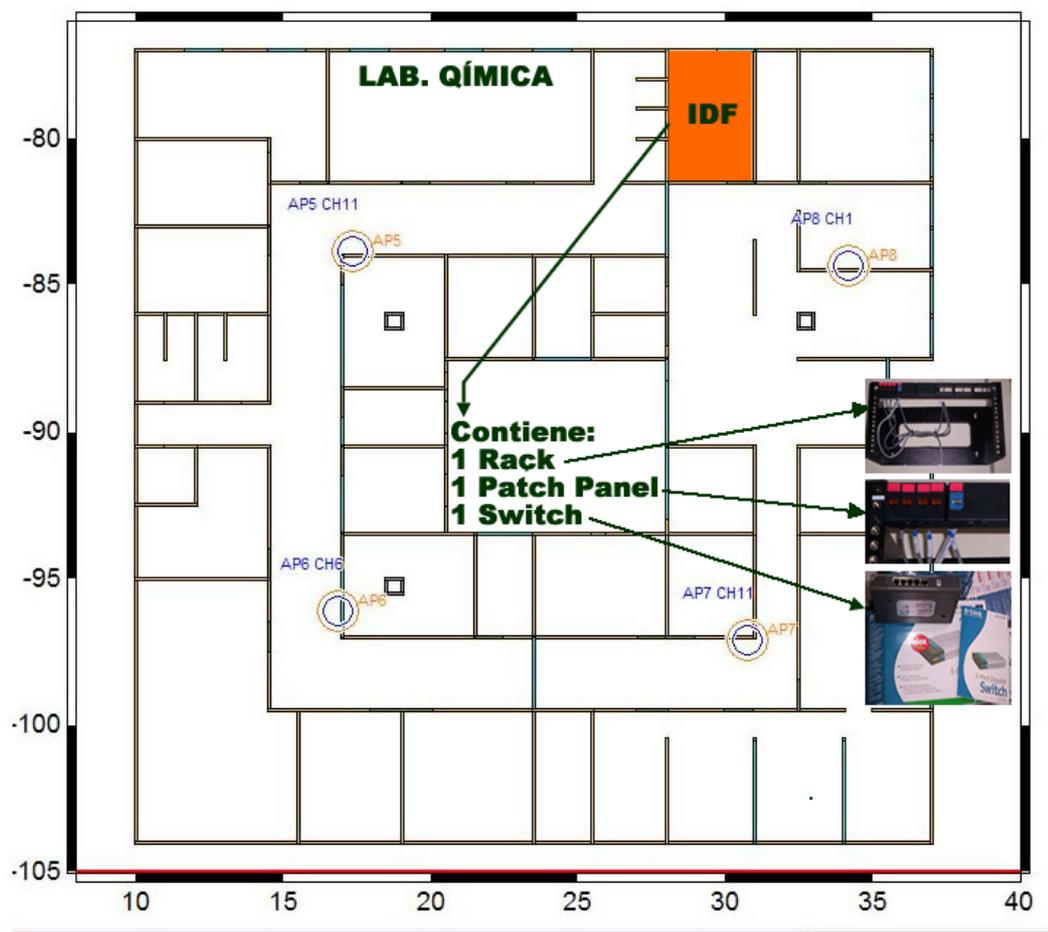


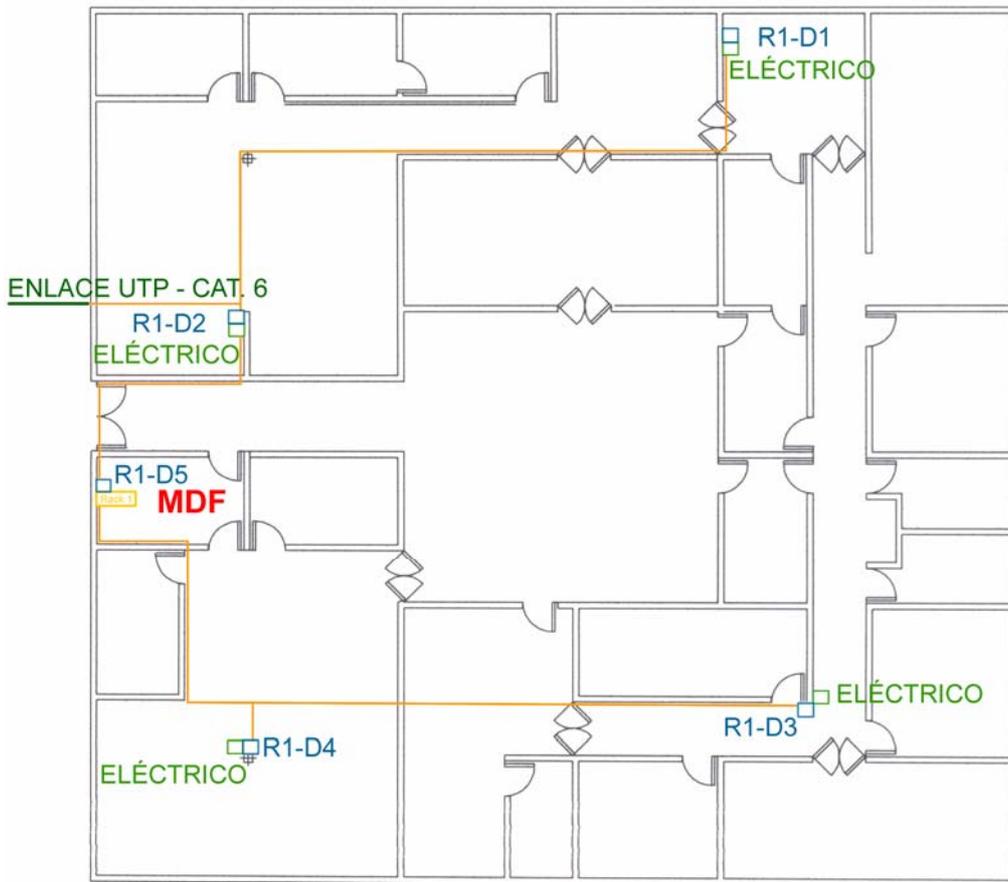
Figura. 5. 3. Ubicación del IDF en el Edificio de Química.

La Figura. 5. 3 muestra el IDF ubicado en un cuarto del edificio de Química, en el cual se ha instalado 1 rack con un patch panel de 24 puertos, para conexiones hacia el switch de cinco puertos que soporta la comunicación con los cuatro AP dispuestos en este edificio y con el MDF.

Las conexiones realizadas tanto en el rack como hacia los AP igualmente cumplen con las normas estipuladas para la instalación de cableado estructurado.

En las siguientes figuras se muestra el esquema del cableado estructurado en su totalidad, tanto para datos como para instalaciones eléctricas, según la normativa ANSI/TIA/EIA 568 - B:

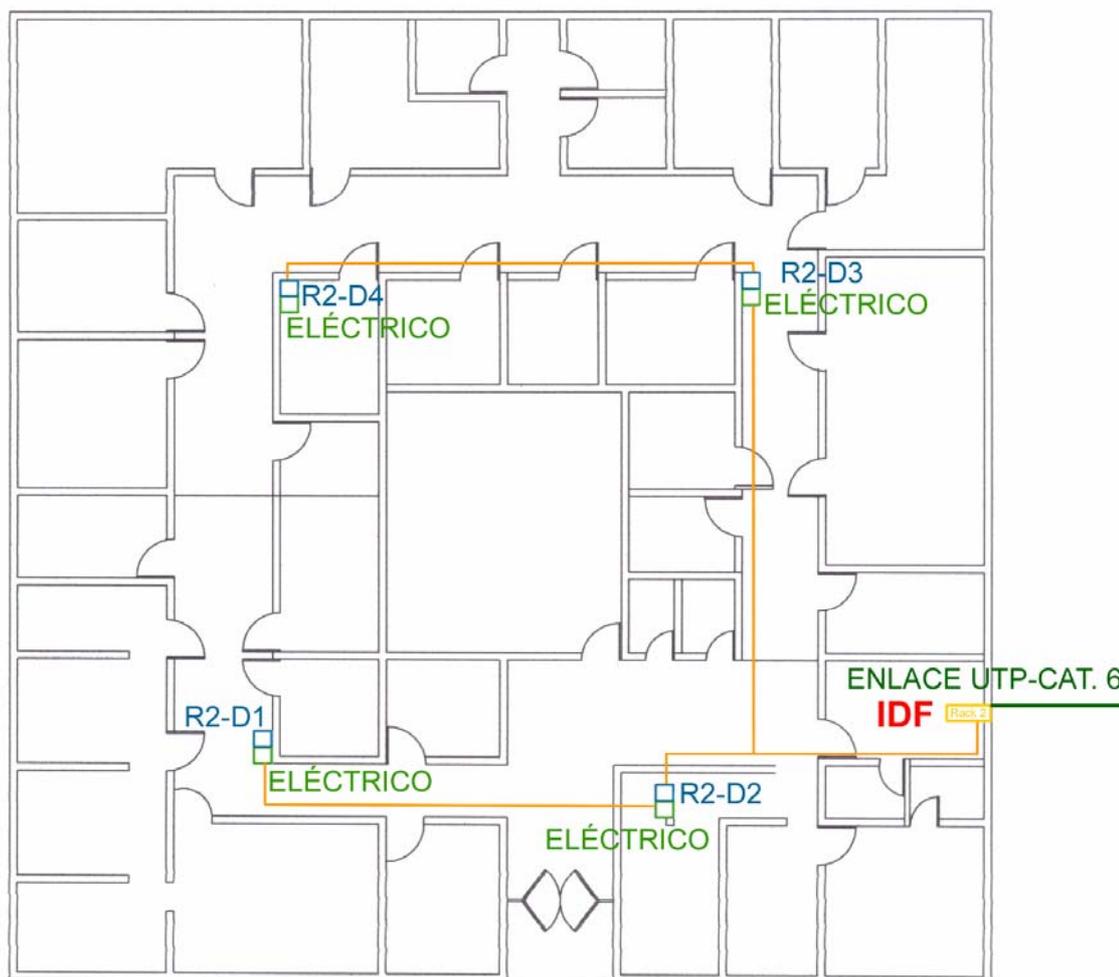
CABLEADO ESTRUCTURADO DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA (CATI)



SIMBOLOGÍA		PROYECTO		
Punto de Datos	□	PROYECTO DE GRADO - INEN		
Punto Eléctrico Normal	□	PROPIETARIO	DIBUJADO POR:	ESCALA
Tubería ENT 3/4"	—	INEN	DAVID A. TRUJILLO O. JUAN CARLOS IBARRA	S/E
Rack de Comunicaciones	□	CONTIENE		
Manguera 1.5"	—	CABLEADO ESTRUCTURADO: Puntos de Datos y Puntos Eléctricos. Canaletas y Tubería. LABORATORIOS CATI - NIVEL INFERIOR		
Canaleta Plastica Deco.	—			

Figura. 5. 4. Cableado Estructurado en el edificio de Metrología.

CABLEADO ESTRUCTURADO DEL LABORATORIO DE QUÍMICA (CATI)



SIMBOLOGÍA		PROYECTO		
Punto de Datos		PROYECTO DE GRADO - INEN		
Punto Eléctrico Normal				
Tubería ENT 3/4"		PROPIETARIO	DIBUJADO POR:	ESCALA
Rack de Comunicaciones		INEN	DAVID A. TRUJILLO O. JUAN CARLOS IBARRA	S/E
Mangera 1.5"		CONTIENE		
Canaleta Plastica Deco.		CABLEADO ESTRUCTURADO: Puntos de Datos y Puntos Eléctricos. Canaletas y Tubería. LABORATORIOS CATI - NIVEL INFERIOR		

Figura. 5. 5. Cableado Estructurado en el edificio de Química.

Como se puede apreciar en las Figuras 5.4 y 5.5, el tendido de la red LAN se instaló en ciertas rutas con tubería de 3/4", mientras que el backbone de la red se dispuso en manguera

reforzada de 1.5", conteniendo cable UTP CAT6, enterrada bajo los aparcamientos, para cumplir la función de unión o enlace entre los dos edificios (conexión entre MDF e IDF). De esta manera se logra el soporte de la red WirelessLAN, comunicándola con los servidores a través de la red LAN. De la misma manera se instaló, junto a los puntos de datos, las tomas eléctricas que permiten la alimentación de energía para los AP, manteniendo independencia con las instalaciones de datos.

El cable utilizado para el backbone de la red es el UTP³⁵. Para las conexiones de puntos de datos de los AP se utilizó cable UTP CAT5E (conexión de AP con IDF y MDF), y para el backbone de red, el enlace entre edificios y la conexión de los switches a los servidores, se utilizó cable UTP CAT6 (conexión entre MDF e IDF, conexión de troncal a servidores).

La tecnología que se empleo en la instalación de la red del CATI es la Ethernet: 100 BaseTX y 1000 BaseT, para la conexión de los AP y para el backbone respectivamente. En la siguiente tabla se muestran las clases de tecnología Ethernet:

<i>Tipos de Ethernet para instalaciones de red</i>		
Clase	Distancia	Tipo de Material
10BASE-5	500 [m]	Coaxial N-Style 50-Ohm
10BASE-2	185 [m]	Coaxial BNC 50-Ohm
10BASE-T	100 [m]	UTP RJ-45 100-Ohm
100BASE-TX	100 [m]	UTP RJ-45 100-Ohm
100BASE-FX	228-412 [m]	MM Fibra SC
1000BASE-T	100 [m]	UTP RJ-45 100-Ohm
1000BASE-SX	220-550 [m]	MM Fibra SC
10GBASE-(varios)		MM o SM Fibra SC
1000BASE-LX	550-5000 [m]	MM Fibra SC

Tabla. 5. 1. Clases de Ethernet para instalaciones de redes.

³⁵ *Unshielded Twisted-Pair*, pares trenzados sin blindaje.

La forma de indicar el tipo de tecnología utilizada es denotada por la velocidad de transmisión, la banda, el tipo de cable y su máxima longitud. A continuación en el siguiente gráfico se ilustra con más detalle esta característica:

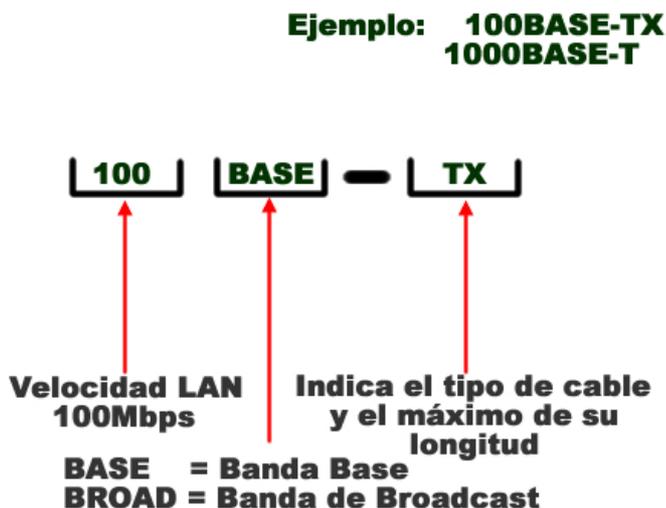


Figura. 5. 6. Ilustración de nomenclatura de la tecnología Ethernet.

Se empleó cable UTP tanto para el interior de los laboratorios como para la conexión de los dos edificios, dejando de lado alternativas como la fibra óptica, principalmente porque las distancias entre los dispositivos finales (AP) y los switches son inferiores a los 100 m, resultando muy económico y además es el medio recomendado y puesto en ejecución con más frecuencia en instalaciones de redes LAN.

En lo que se refiere a instalaciones eléctricas, se utilizó cable de cobre AGW #14. Fueron dispuestos tres cables para cada toma: uno para fase, el segundo para neutro y el tercero para tierra. La alimentación fue tomada directamente de las cajas de breakers de toda la alimentación y distribución del sistema eléctrico en cada edificio.

5.2.1 Instalación del cableado de Red. Para instalar el cableado estructurado de la red, se inicia con el análisis de ubicación y delimitación de las zonas por donde

pasarán los conductos de los cables, esto lo podemos ver en las Figuras 5.4 y 5.5. A continuación se procede a la instalación del cable a través de los conductos, que se realiza por medio del procedimiento conocido como tirado o halado del cable, que permite atravesar el conducto de un lado a otro. Este punto exige cautela y cuidado en la instalación, de modo que se evite maltratar el material, lo que pudiere ocasionar daños físicos con incidencia directa en el desempeño de la red.

Para el halado de cables, tanto de planta interna como externa, se consideran los siguientes aspectos técnicos:

Tensión Máxima.- Los cables para interiores son más delgados y ligeros en peso que los cables para exteriores. Este menor peso hace que sean mucho más fáciles de instalar y manipular. Sin embargo, la fuerza de tensión y la tensión máxima de halado para cables de interiores son mucho más bajas que para cables de planta externa.

La tensión máxima de un cable normalmente se expresa en unidades de libra fuerza (lbf) o Newtons (N). 600lbf (2.700 N) es una tensión máxima típica para cables de planta externa. Las tensiones para cables de planta interna dependen de la construcción y diseño del propio cable. Las tensiones para cables para planta interna pueden ser tan bajas como 25 lbf (110 N), y con frecuencia son más bajas que 100 lbf (440 N). Un instalador puede fácilmente ejercer una fuerza de 25 lbs (110 N) con uno sólo de sus brazos. Es por esta razón que debe tenerse especial atención y cuidado en ese procedimiento, para no exceder durante el montaje los límites de tensión especificados para cables.

Halado de Varios Cables Simultáneamente.- El halado simultáneo de varios cables en un conducto es mucho más común en ambientes de edificios que en las construcciones de planta externa. Hay algunos precedentes en cuanto a la tensión máxima de grupos de cables en la instalación de varios cables de control eléctrico, donde el total de las tensiones para todos los cables se reduce en 20 o 50 % dependiendo del caso específico. Debido a esto, se debe consultar con el fabricante de los cables empleados para conocer sobre las recomendaciones de tensión máxima de halado para cables sencillos o para grupos de cables.

Chaqueta del Cable: Polietileno con negro de humo (HDPE, MDPE) es la chaqueta predominante en cables de planta externa. Los cables interiores sin embargo, corrientemente se presentan en múltiples colores (naranja, amarillo, blanco, etc.). Las chaquetas de estos últimos, tienden a fabricarse con materiales resistentes al fuego, tales como PVC, PTFE y PVDF. Debido a estas diferencias de chaquetas, las propiedades de halado y las características de fricción de los cables para interiores difieren mucho de los de planta externa.

Conducto y Viscosidad del Lubricante: Cuando los cables de planta externa son halados, los sistemas de conductos pueden ser subterráneos. El conducto en la mayoría de los casos es continuo HDPE (para el conducto interior), PVC, o del tipo multicelular. Los lubricantes para verter (existen varios en el mercado) con silicona son muy utilizados. Resulta muy sencillo y conveniente verter el lubricante de halado en el tubo alimentador de cable o en el propio conducto antes de comenzar el halado y en la medida que lo necesite durante el proceso.

Los conductos en sistemas interiores pueden ser de acero, PVC, etc. Independientemente del tipo de conducto utilizado, el tipo de halado y el método de aplicación del lubricante varían en relación a los empleados en el caso de cables de planta externa. Resulta frecuente en halados industriales de conductos (y el halado del cable mismo), subir por paredes y cruzar los techos. La alimentación de cables se realiza comúnmente en conductos verticales y cables que suben. Los lubricantes líquidos no resultan prácticos de aplicar en estas situaciones. Se requieren de fuertes lubricantes en forma de gel, que se adhieren al cable y no se corre hacia abajo.

Reducción de Tensión.- Manteniendo todo lo demás igual (peso del cable, instalación de conductos, etc.), la mejor manera para reducir la tensión de halado es reducir la fricción de la chaqueta del cable contra la pared del conducto. La fricción se mide por una constante adimensional denominada Coeficiente de Fricción (CDF). Los estudios han demostrado que el CDF varía con el tipo de chaqueta del cable, tipo de conducto, temperatura, y tipo de lubricante de halado.

Relacionando Fricción a Tensión.- Las ecuaciones de halado de cables relacionan el CDF a la tensión de halado del cable. Una forma simplificada de las ecuaciones clarifica lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Ducto en tramo recto} & \quad T_{\text{fuera}} = T_{\text{dentro}} + LW\mu \\ \text{Ducto en tramos curvos} & \quad T_{\text{fuera}} = T_{\text{dentro}} e^{\mu\theta} \end{aligned}$$

Donde:

- T_{fuera} = Tensión a la salida
- T_{dentro} = Tensión a la entrada
- L = Longitud del tramo recto
- W = Peso del cable (por unidad de longitud)
- μ = Coeficiente de fricción
- θ = Angulo de curvatura
- e = logaritmo de base natural

Nótese lo significativo del CDF (μ) en la determinación de la tensión. En curvaturas, el CDF es un exponente que multiplica la tensión de entrada. En haladas con varias curvaturas, la reducción del CDF en un 50 a 65 % puede reducir la tensión de halado en múltiplos de 5 a 10. Como vemos, se deben tomar en cuenta estas recomendaciones para realizar la instalación del cableado, tanto en planta interna como externa.

Se determinó como el primer paso en el montaje de la red el proceso de pasar el cableado a través de los conductos que se instalaron con anterioridad, en base al diseño presentado en las Figuras 5.4 y 5.5. Concluida la instalación del cableado, se procede a ubicar los distintos puntos de red de datos y de alimentación eléctrica. A continuación presentamos algunas fotografías referentes a la instalación del cableado en las instalaciones del CATI, tanto en planta externa como en planta interna:



Figura. 5. 7. Conducto subterráneo para instalación del enlace entre Metrología y Química.

En la Figura 5.7 puede verse la construcción del conducto que contendrá el enlace entre los dos edificios principales, la manguera se encuentra enterrada a una profundidad de 1 metro. Al interior de este conducto se ubica el cable UTP CAT6, que conecta el MDF y el IDF.

También la Figura 5.8 a continuación ilustra una secuencia de imágenes referentes a la construcción y montaje del conducto de enlace entre Metrología y Química, proceso que requirió una parte de la obra civil, debido a la necesidad de levantar adoquines del área de aparcamientos, cavar una zanja de la profundidad requerida, instalar la manguera con el cable al interior y finalmente cerrar la zanja, para reubicar los adoquines de manera que el trabajo realizado sea imperceptible.



Figura. 5. 8. Construcción del enlace subterráneo entre los edificios principales.

En las siguientes figuras se muestran las acometidas hechas en el mismo trabajo de construcción del enlace:



Figura. 5. 9. Acometida edificio de Metrología.



Figura. 5. 10. Acometida edificio de Química.

En cuanto a la instalación del cableado estructurado y tendido de cables, las imágenes a continuación ilustran esos procedimientos. Es importante aclarar que el tendido del edificio de Química se realizó sobre un “cielo falso” que cubre toda el área superior. Lo anterior supone un detalle estético del edificio, al cubrir las tuberías, y se evidencia en las figuras siguientes:

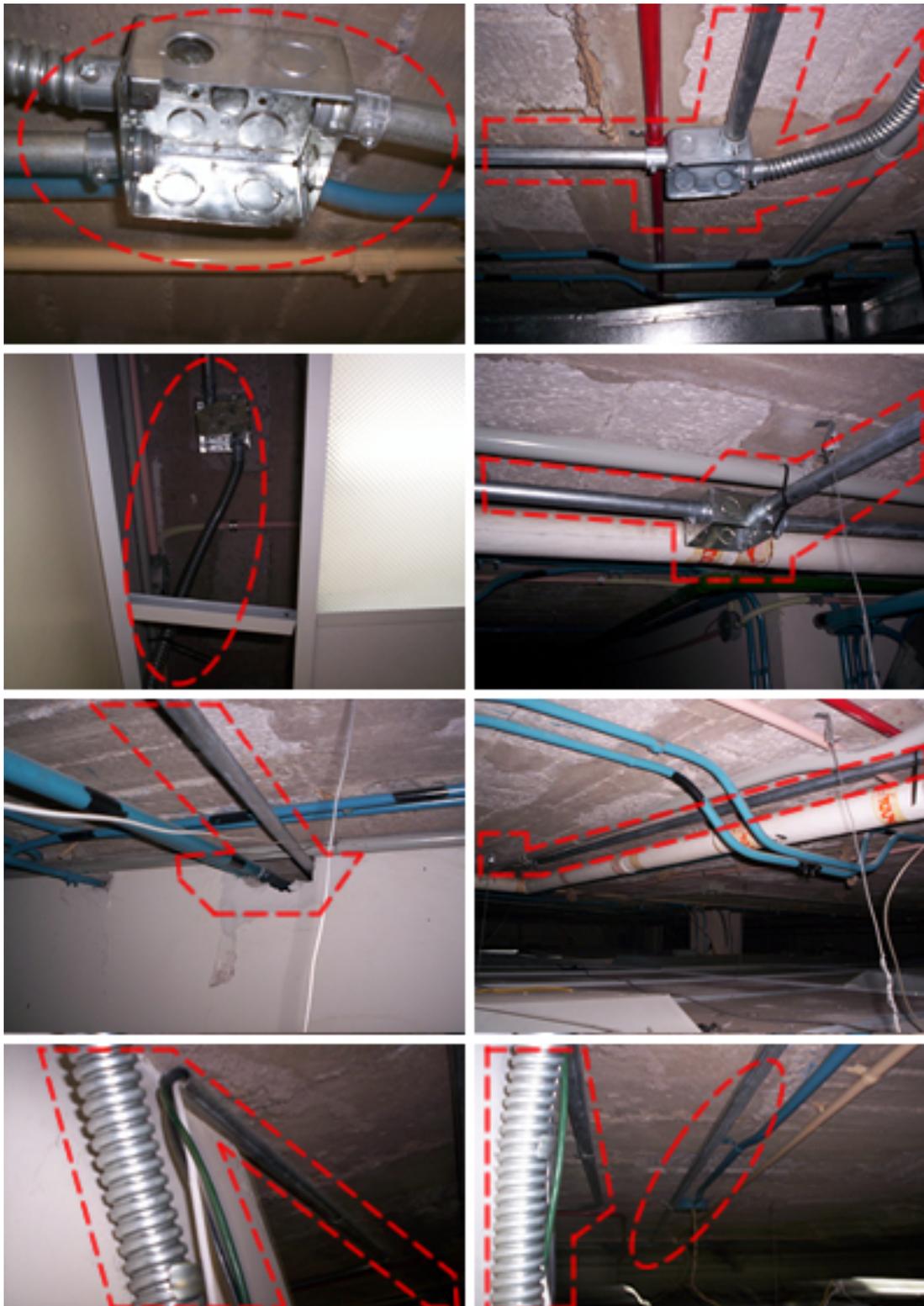


Figura. 5. 11. Conductos para cableado estructurado y eléctrico del Laboratorio de Química.

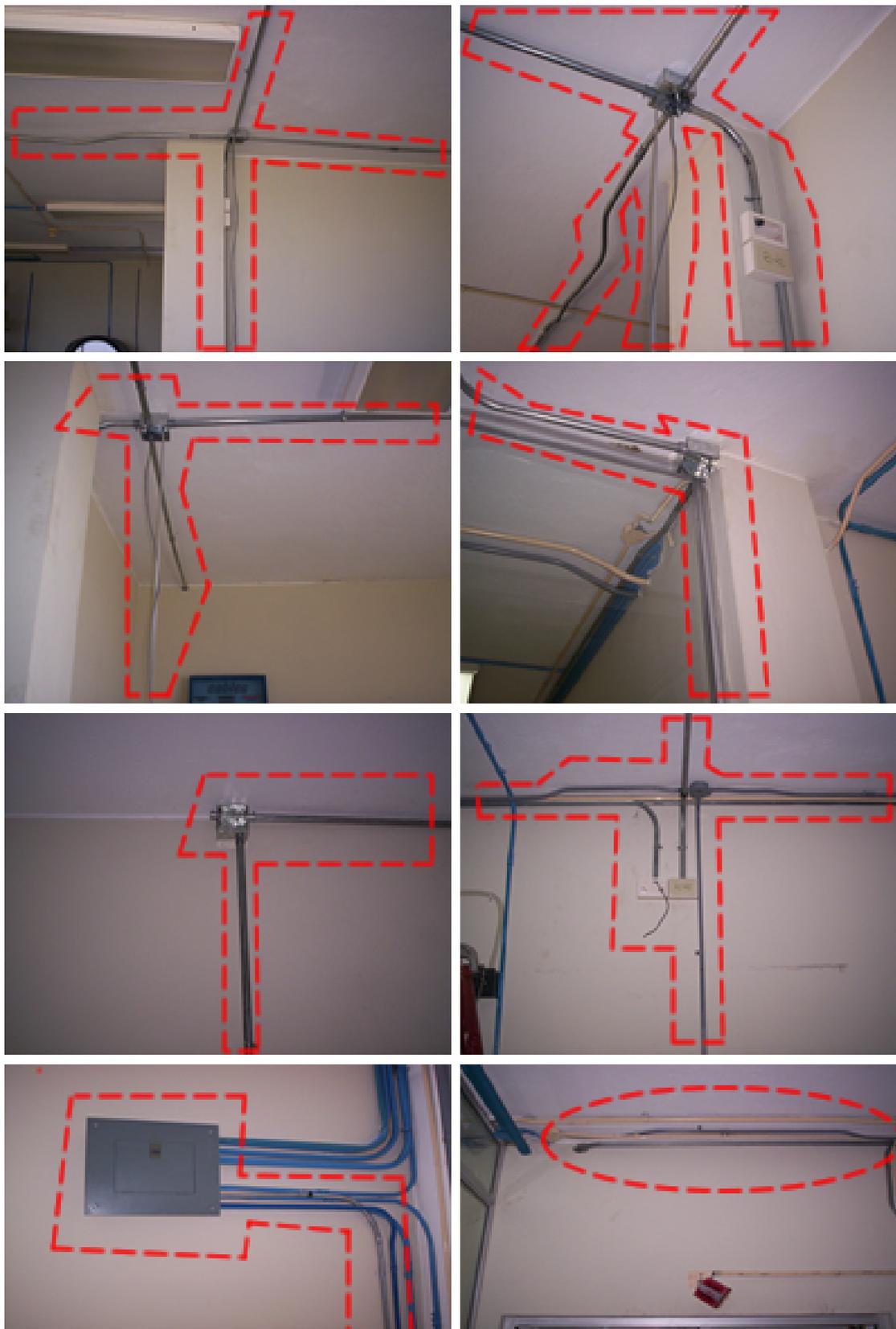


Figura. 5. 12. Conductos para cables de datos y eléctricos.

En las Figuras 5.11 y 5.12 se muestran los conductos por donde se instaló el cableado de datos con UTP CAT5E, así como el cableado eléctrico.

5.2.2 Instalación de puntos de red de datos y tomas eléctricas. Después de haber realizado el correspondiente cableado, se procede a instalar los puntos de red y de energía eléctrica, los cuales servirán para la conexión de los ocho AP que conforman la red WI-FI.

Según las normas elementales de cableado estructurado, no se debe exceder los 100 m de distancia entre el recurso y el dispositivo terminal (incluye el cableado horizontal y los cables de parcheo), en este caso entre el switch y el punto de datos que se conectará al AP. En la siguiente figura se presenta un esquema de lo anterior:

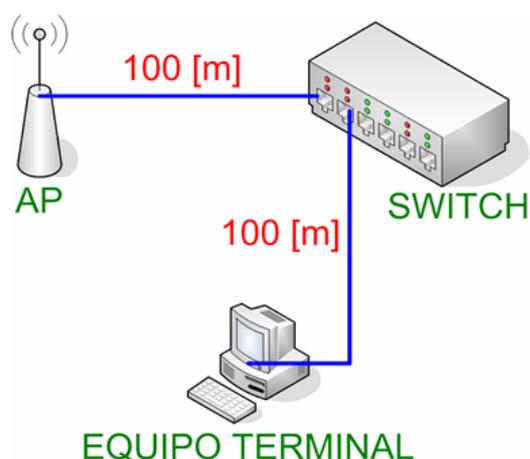


Figura. 5. 13. Esquema de distancias máximas en cableado estructurado, con UTP CAT5E.

Las normas de cableado estructurado fueron desarrolladas y aprobadas por comités del Instituto Nacional Americano de Normas (ANSI), la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (TIA), y la Asociación de la Industria Electrónica (EIA), las cuales establecen criterios técnicos y de rendimiento para diversos componentes y configuraciones de sistemas. La norma empleada en la implantación del cableado

estructurado en el CATI es la ANSI / TIA / EIA 568 – B _ Comercial Building Telecommunications Cabling Standard.

Los puntos de red de datos deben cumplir con la norma, pues como vimos anteriormente, la selección de las rutas de los conductos se hizo de modo que cumplan las distancias establecidas por esa norma. Además, para la instalación de los puntos de red de datos, se deben considerar ciertas características adicionales que se explicarán más adelante.

Dentro de los componentes del cableado estructurado se define primeramente el área de trabajo, en este caso, se tendrá acceso desde cualquier punto a través de la infraestructura WirelessLAN, y por tal razón nos concentramos en los puntos de red o nodos de los AP como el área de trabajo, ya que desde allí se brindará el servicio de cobertura WI-FI.

Todos los puntos de red se conectan hacia los respectivos cuartos de telecomunicaciones (MDF e IDF) a través del respectivo cableado estructurado, de esta manera se logra tener la interconexión entre los AP y los switches para complementar el backbone de la red.

A continuación presentaremos la instalación que se debe realizar en el MDF e IDF como en los respectivos puntos de datos.

El primer paso es instalar el apoyo donde se colocarán los equipos, y puede ser: closet, armario o rack, dependiendo de la capacidad de equipos que van a ubicarse. En este caso se instalaron un rack en el MDF y otro en el IDF. En los racks se debe instalar los patch panels en donde se conectarán los cables provenientes de los AP, servidores, equipos terminales, etc. El patch panel del MDF tiene al menos 6 puertos utilizados, y el patch panel del IDF cinco. En la siguiente figura se ilustra lo dicho anteriormente:

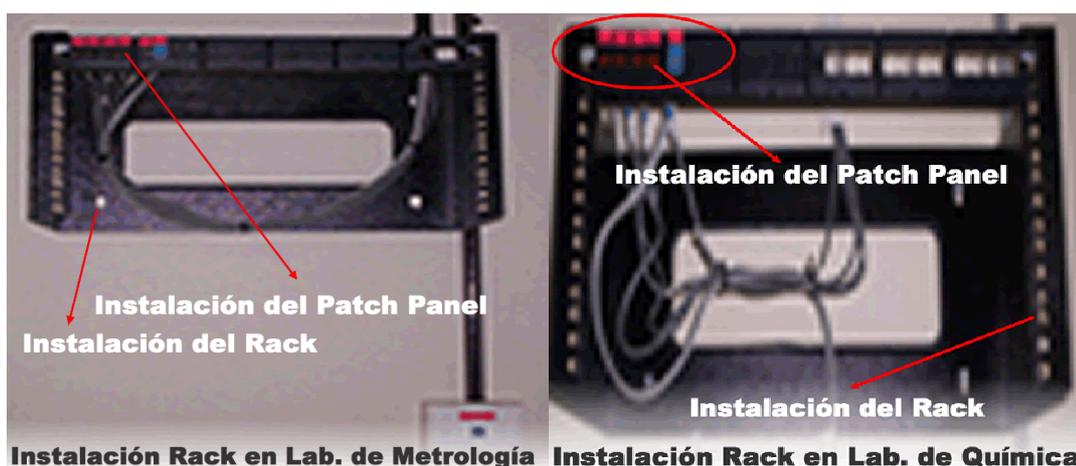


Figura. 5. 14. Instalación de racks y patch panels en el MDF e IDF.

La normativa que establece la distancia máxima de 100 metros, distribuye esa longitud como se detalla a continuación:

- ❑ La distancia máxima para todos los medios en el cableado es de 90m (295pies).
- ❑ Los cables de interconexión o patch cords, en el punto de interconexión no deben exceder de los 6m (20pies).
- ❑ Se permite que los patch cords de la toma o punto de datos de telecomunicaciones, al área de trabajo, sean de 3m (9.8pies).
- ❑ El total permitido para los patch cords o cables de interconexión en un tendido es de 10m (33pies).

En la siguiente figura se resume la distribución de la longitud total de 100 metros, según las explicaciones previas:

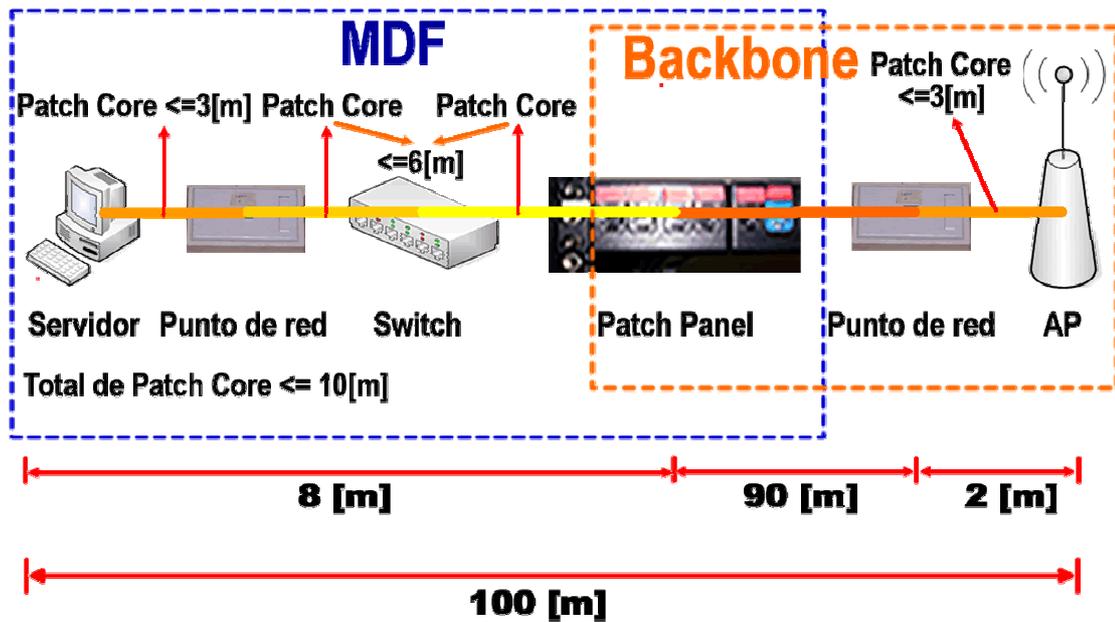


Figura. 5. 15. Detalle de la norma ANSI/EIA/TIA para cableado estructurado.

Estas consideraciones de la norma se cumplen tanto en el MDF como en el IDF de los laboratorios del CATI, aunque la distancia total entre los puntos de red y los cuartos de telecomunicaciones de todas formas resultan inferiores a los 100m.

Para empezar con la instalación de los patch panels y los puntos de red, se vuelve a recurrir a la EIA/TIA 568 –B, que hace referencia a la conexión entre los dispositivos de red con cable “straight-through” o cable directo, como lo estipula la norma. En la siguiente figura presentamos el esquema de conexión con cable directo:

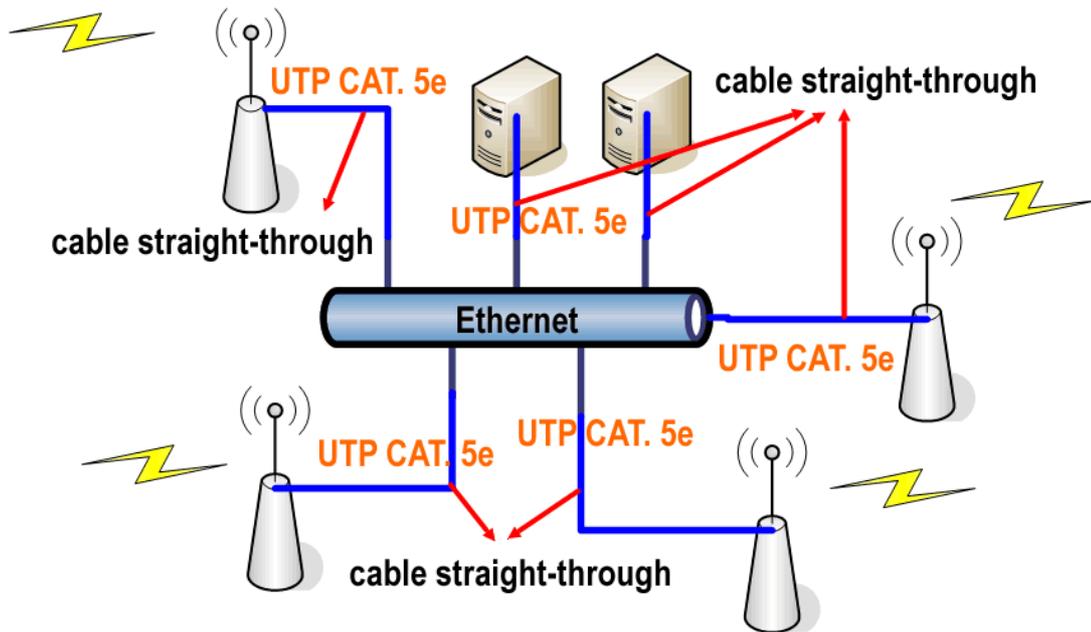


Figura. 5. 16. Esquema de cableado estructurado estándar EIA/TIA 568 – B – Cable directo.

En la norma EIA/TIA 568 – B se especifica el tipo de conector, en este caso el conector para cable UTP es el RJ-45³⁶. En los patch panels y en los puntos de red se deben colocar conectores RJ-45 hembra, y los patch cords deben tener conectores RJ-45 machos.

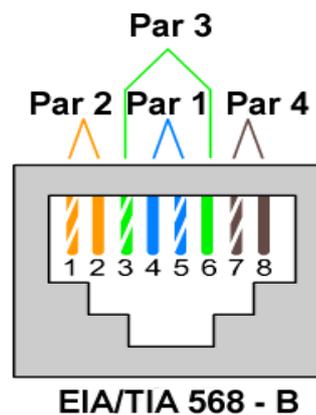


Figura. 5. 17. Código de colores para los conectores RJ-45 de la norma EIA/TIA 568-B.

³⁶ Registered Jack 45.

La Figura 5.17 especifica como se deben “ponchar” los conectores RJ-45 macho y hembra, para obtener el esquema de cable directo. En base a este código de colores, se procede a colocar los patch panels y los puntos de red.

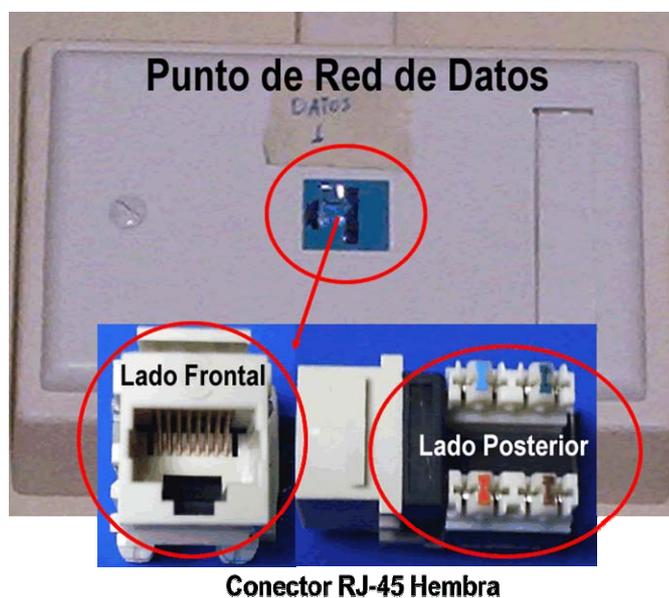


Figura. 5. 18. Puntos de red con conectores RJ-45 hembra, norma EIA/TIA 568-B.

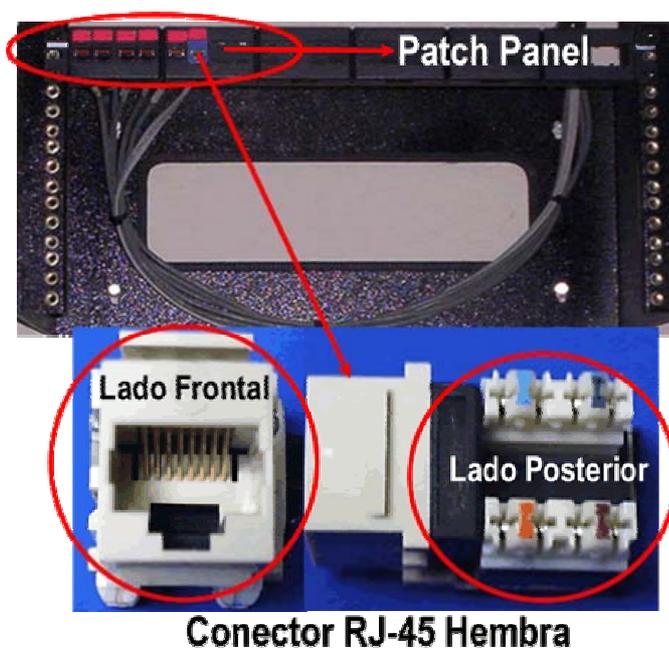


Figura. 5. 19. Patch Panel con conectores RJ-45 hembra, norma EIA/TIA 568-B.

Las figuras 5.18 y 5.19 presentan la instalación de los respectivos puntos de red y de los patch panels en el MDF e IDF. Para insertar los conectores se utilizó la herramienta conocida como “ponchadora”, la que permite incrustar los cables en los respectivos conectores RJ-45 hembra.

De igual manera se debe proceder con la elaboración de los patch cords, los mismos que servirán para la conexión entre los AP y los puntos de red, así como también para la conexión entre los patch panels y los switches.



Figura. 5. 20. Patch cord con conectores RJ-45 macho, Norma EIA/TIA 568-B.

A continuación se presentarán fotografías que muestran la instalación de los puntos de red y de los patch panels en los laboratorios del CATI:

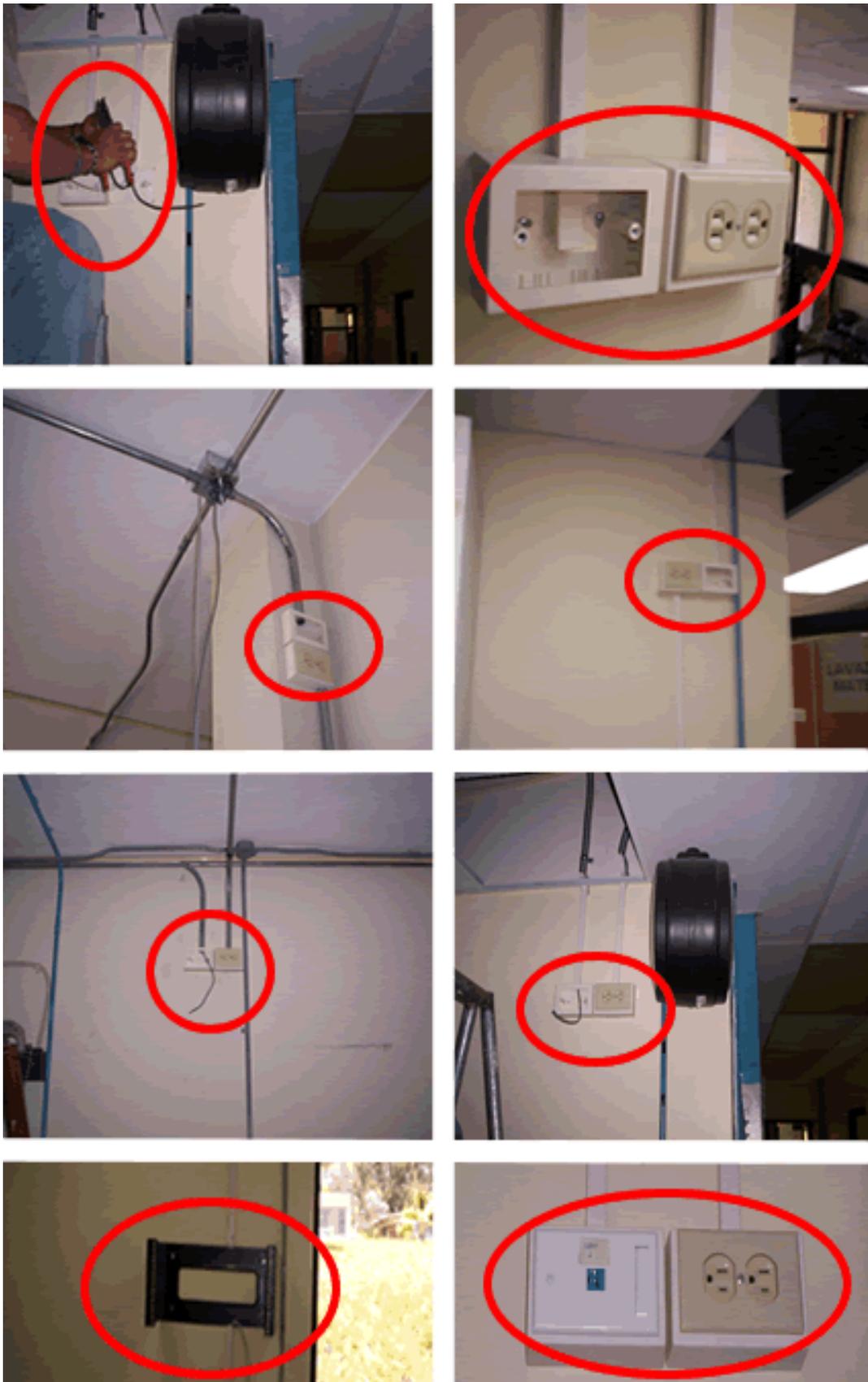


Figura. 5. 21. Instalación de los puntos de red, racks.



Figura. 5. 22. Instalación de los puntos de red, patch panels.

5.3 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS PARA WIRELESSLAN

En esta sección se resume el montaje de los dispositivos para WirelessLAN, como los AP, las tarjetas inalámbricas PCI y tarjetas inalámbricas USB. Se realizará también la explicación del proceso de configuración de todos estos equipos WI-FI, de manera que entren en operación con un desempeño acorde a lo planificado.

5.3.1 Instalación y configuración de Access Points. Una vez que se ha terminado el ensamble y conexión física de la red LAN, es posible proceder a la instalación y configuración de los AP. Estos equipos son del fabricante D-LINK, de línea empresarial. Seis de ellos son del modelo DWL-7100AP, y dos del modelo DWL-2200AP.

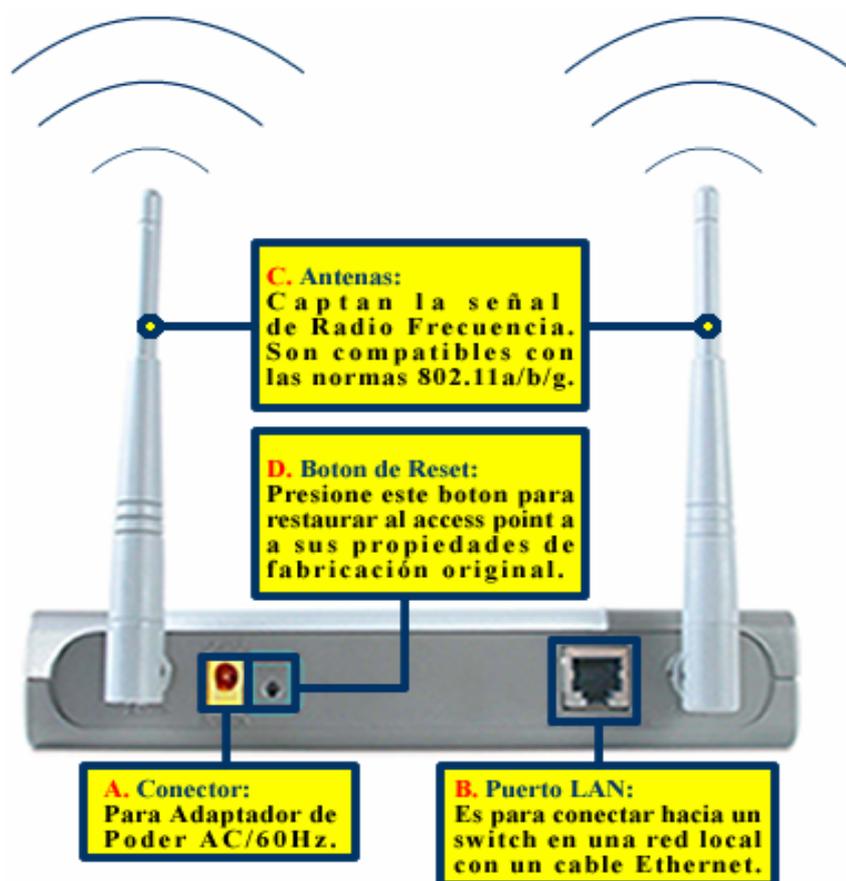


Figura. 5. 23. Descripción del Access Point D-Link DWL – 7100AP.

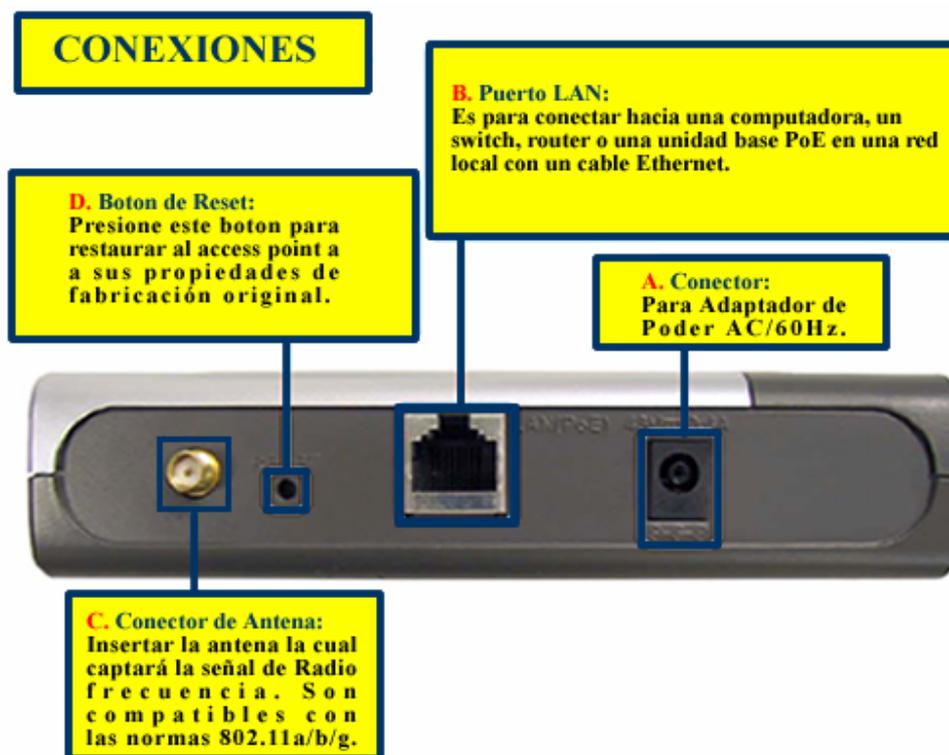


Figura. 5. 24. Descripción del Access Point D-Link DWL – 2200AP.

5.3.1.1 Especificaciones Técnicas del AP DWL – 7100AP.

1. Estándares soportados:

- IEEE 802.11g.
- IEEE 802.11b.
- IEEE 802.11a.
- IEEE 802.3.
- IEEE 802.3u.

2. Administración del Dispositivo:

- A través de páginas Web por medio de Internet Explorer v6 o superior, Netscape Navigator v6 o superior; o cualquier browser con soporte y habilitación Java.
- DHCP Cliente.

3. LED's:

- Power.
- WAN.
- LAN (10/100).
- WirelessLAN - 802.11a, 802.11g.

4. Alcance de Operación ³⁷:

- Entornos Cerrados (Indoors – up to 328 feet) (100 metros).
- Exteriores (Outdoors – up to 1,312 feet) (400 metros).

5. Temperatura:

- Operación: 32°F to 149°F (0°C to 55°C).

6. Humedad:

- 95% máximo, no condensado.

7. Seguridad y Certificaciones:

- FCC.
- CE.

8. Dimensiones Físicas:

- Largo = 7.6 inches (193mm).
- Ancho = 5.5 inches (140mm).
- Espesor = 1.2 inches (31mm).

³⁷ Dependen del nivel de señal, de acuerdo a los obstáculos que se encuentran en el camino. En general este dato es referencial y estadístico.

9. Tasa de Datos Inalámbricos con Caída Automática:

- 54Mbps 48Mbps 36Mbps
- 24Mbps 18Mbps 12Mbps
- 11Mbps 9Mbps 6Mbps
- 5.5Mbps 2Mbps 1Mbps

10. Seguridades:

- 64, 128, 152-bit WEP (Wired Equivalent Privacy).
- WPA - Wi-Fi Protected Access (64,128-bit WEP con TKIP, MIC, IV Expansion, Shared Key Authentication), 802.1X.
- Soporte de Advanced Encryption Standard (AES).

11. Tipo de Antena Externa:

- Dual tipo diversidad (Doble); No-Desmontable; Antena Dipolo.

12. Rango Inalámbrico de Frecuencia:

- 2.4 – 2.462 [GHz].
- 5.15 – 5.35 [GHz], 5.725-5.85 [GHz].

13. Tipo de Modulación:

- Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM).
- PBCC.
- Complementary Code Keying (CCK).

14. Control de Acceso al Medio:

- CSMA/CA³⁸

³⁸ *Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance*, con ACK (Acknowledge). (Acceso Múltiple por Detección de Portadora / Anulación de Colisiones).

15. Potencia de Transmisión:

- 18 [dBm] (63 [mW]) \pm 2 [dB].

16. Adaptador de Poder:

- Ext. Power Supply DC 5V, 2.0A
- 100-120 [V] ~ 50-60 [Hz].

17. Peso:

- 0.62 [lbs] (280g).

18. Sensibilidad de receptor:

- 54Mbps OFDM, 10% PER, -72dBm
- 48Mbps OFDM, 10% PER, -72dBm
- 36Mbps OFDM, 10% PER, -73dBm
- 24Mbps OFDM, 10% PER, -77dBm
- 18Mbps OFDM, 10% PER, -80dBm
- 12Mbps OFDM, 10% PER, -80dBm
- 11Mbps CCK, 8% PER, -88dBm
- 9Mbps OFDM, 10% PER, -85dBm
- 6Mbps OFDM, 10% PER, -87dBm
- 5.5Mbps CCK, 8% PER, -89dBm
- 2Mbps QPSK, 8% PER, -91dBm
- 1Mbps BPSK, 8% PER, -95dBm

5.3.1.2 Especificaciones Técnicas del AP DWL – 2200AP.

1. Estándar:

- IEEE 802.11b.
- IEEE 802.11g.
- IEEE 802.3.
- IEEE 802.3af.
- IEEE 802.3u.
- IEEE 802.3x.

2. Administración del Dispositivo:

- A través de la Web por medio de Internet Explorer v6 o superior, Netscape Navigator v6 o superior; o cualquier browser con soporte y habilitación Java.
- Telnet.
- AP Manager.
- SNMP v.3.

3. LED's:

- Power.
- LAN (10M/100M).
- WirelessLAN.

4. Alcance de Operación ³⁹:

- 802.11g (Full Power with 5dBi gain diversity dipole antenna)
- Entornos Cerrados (Indoors):
- 98ft (30m) a 54Mbps.
- 108ft (33m) a 48Mbps.

³⁹ Dependen del nivel de señal, de acuerdo a los obstáculos que se encuentran en el camino. En general este dato es referencial y estadístico.

- 121ft (37m) a 36Mbps.
- 151ft (46m) a 24Mbps.
- 203ft (62m) a 18Mbps.
- 223ft (68m) a 12Mbps.
- 256ft (78m) a 9Mbps.
- 302ft (92m) a 6Mbps.
- Exteriores (Outdoors):
- 328ft (100m) a 54Mbps.
- 968ft (295m) a 11Mbps.
- 1378ft (420m) a 6Mbps.

5. Temperatura:

- Operación: 32°F to 104°F (0°C to 40°C).
- Sin Operar: -4°F to 149°F (-20°C to 65°C).

6. Humedad:

- Operación: 10%~90% (no condensado).
- Sin Operar: 5%~95% (no condensado).

7. Certificaciones:

- FCC Part 15.
- CE.

8. Dimensiones Físicas:

- Largo = 5.59 inches (142mm).
- Ancho = 4.29 inches (109mm).
- Espesor = 1.22 inches (31mm).

9. Tasas de Datos:

- Para 802.11g:
- 108, 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9 y 6 [Mbps].
- Para 802.11b:
- 11, 5.5, 2, y 1 [Mbps].

10. Seguridades:

- 64, 128, 152-bit WEP (Wired Equivalent Privacy).
- WPA – Wi-Fi Protected Access.
- (WPA-TKIP/PSK/AES).
- 802.1X (EAP-MD5/TLS/TTLS/PEAP).
- MAC Address Access Control List.

11. Tipo de Antena Externa:

- Antena Dipolo con 5 dBi de ganancia.

12. Rango Inalámbrico de Frecuencia:

- 2.4GHz - 2.4835 [GHz].

13. Tipo de Modulación:

- For 802.11b:
- DSSS:
- DBPSK a 1 [Mbps].
- DQPSK a 2 [Mbps].
- CCK a 5.5 y 11 [Mbps].
- For 802.11g:
- OFDM:
- BPSK a 6 y 9 [Mbps].
- QPSK a 12 y 18 [Mbps].

- 16QAM a 24 y 36 [Mbps].
- 64QAM a 48 y 54 [Mbps].
- DSSS:
- DBPSK a 1 [Mbps].
- DQPSK a 2 [Mbps].
- CCK a 5.5 y 11 [Mbps].

14. Control de Acceso al Medio:

- CSMA/CA

15. Potencia de Transmisión:

- 63mW (18dBm).

16. Adaptador de Poder:

- 48 [VDC] +/- 10% para PoE (Power over Ethernet) a 0.4 [A].

17. Peso:

- 0.44 [lbs] (200g).

18. Sensibilidad de receptor:

- Para 802.11g:
- 1Mbps: -94 [dBm].
- 2Mbps: -91 [dBm].
- 5.5Mbps: -89 [dBm].
- 6Mbps: -91 [dBm].
- 9Mbps: -90 [dBm].
- 11Mbps: -86 [dBm].
- 12Mbps: -89 [dBm].
- 18Mbps: -87 [dBm].

- 24Mbps: -84 [dBm].
- 36Mbps: -80 [dBm].
- 48Mbps: -76 [dBm].
- 54Mbps: -73 [dBm].

5.3.1.3 Conexión del DWL – 7100AP en la Red (Conexión Física).

- A.** Primero, se debe conectar el adaptador de poder al conector de alimentación AC que se encuentra en la parte posterior del panel del DWL – 7100AP y se procede a conectar a la línea de alimentación eléctrica. A continuación el LED de encendido (Power) se iluminará indicando la correcta operación del dispositivo.
- B.** Segundo, se procede a conectar un cable Ethernet en el Puerto LAN que se encuentra en la parte posterior del panel del DWL – 7100AP, mientras que el otro extremo del cable tiene conexión con el punto de red asignado para ese AP.
- C.** Tercero, para la configuración, al estar encendido el AP empieza a funcionar con las características originales de fábrica, por lo que es necesario establecer comunicación con el equipo a fin de configurarlo. Este proceso puede hacerse utilizando una tarjeta inalámbrica, o bien a través de la red LAN, desde un computador en red con el AP, que tenga browser.
- D.** Cuarto, el DWL – 7100AP quedará habilitado para conectarse con cualquier dispositivo receptor inalámbrico que cumpla la certificación 802.11a/b/g.

5.3.1.4 Conexión del DWL – 2200AP en la Red (Conexión Física).

- A.** Primero, se debe conectar el adaptador de poder al conector de alimentación AC que se encuentra en la parte posterior del panel del DWL – 2200AP y se procede a conectarlo a la línea de alimentación eléctrica. A continuación el LED de encendido (Power) se iluminará indicando la correcta operación del equipo.
- B.** Segundo, se procede a conectar un cable Ethernet en el Puerto LAN que se encuentra en la parte posterior del panel del DWL – 2200AP y se lo conecta con el punto de red asignado para ese AP.

-
- C.** Tercero, para la configuración, al estar encendido el AP empieza a funcionar con las características originales de fábrica, por lo que es necesario establecer comunicación con el equipo a fin de configurarlo. Este proceso puede hacerse utilizando una tarjeta inalámbrica, o bien a través de la red LAN, desde un computador en red con el AP, que tenga browser.
 - D.** Cuarto, el DWL – 7100AP quedará habilitado para conectarse con cualquier dispositivo receptor inalámbrico que cumpla la certificación 802.11b/g.

Bien, como vemos la instalación y conexión de los AP no es muy complicada. Solamente deben seguirse los pasos indicados. A continuación, se presentan unas fotografías de la instalación física de los AP:



Figura. 5. 25. Instalación y ubicación de Access Points.

En la Figura 5. 25 podemos observar la instalación de los ocho AP, detallado cada uno con su respectiva dirección MAC. Una vez instalados los AP, se procede a la configuración de los mismos.

5.3.1.5 Configuración de los AP en la Red (Conexión Lógica).

1. Requerimientos del sistema para la configuración:

- Para la configuración se necesita una computadora con sistema operativo Windows, Macintosh, o Linux, que tengan instalado un adaptador Ethernet.
- Se necesita también un browser, que puede ser Internet Explorer, Netscape Navigator versión 6.0 o cualquiera que tenga habilitado JavaScript.
- Además se necesita 128 MB de memoria RAM y mínimo un procesador de 500MHz.

Para acceder al menú de configuración, lo hacemos a través de una laptop con una tarjeta inalámbrica instalada, y configurada con una dirección IP compatible con la que trae el AP de fábrica, de manera que puedan establecer una comunicación en red. Es importante mantenerse a una corta distancia del equipo.

Cuando deseemos configurar el DWL – 7100AP o el DWL – 2200AP, debemos acceder al menú de configuración abriendo el browser y apuntándolo a la dirección IP por defecto que trae el AP, y es 192.168.0.50.

A continuación presentamos gráficamente este proceso:



Figura. 5. 26. Pantalla del browser accediendo al modo de configuración del AP.

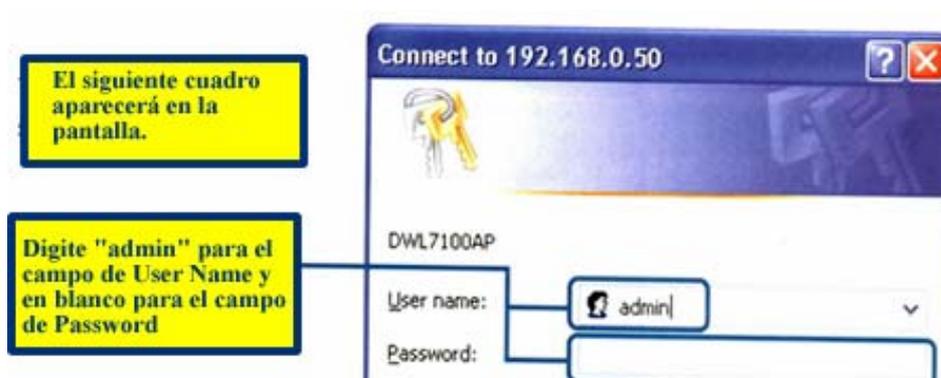


Figura. 5. 27. Pantalla de autenticación en el AP.

En la figura 5. 27, una vez llenado el campo de “User name” con la palabra “admin” (valor por default) y el campo “Password” en blanco se procede a hacer click en “next”. Este procedimiento significa autenticarse como administrador del AP, para que el equipo facilite el acceso al modo de programación y configuración del mismo. Una vez realizada esta acción, el browser mostrará la siguiente pantalla:

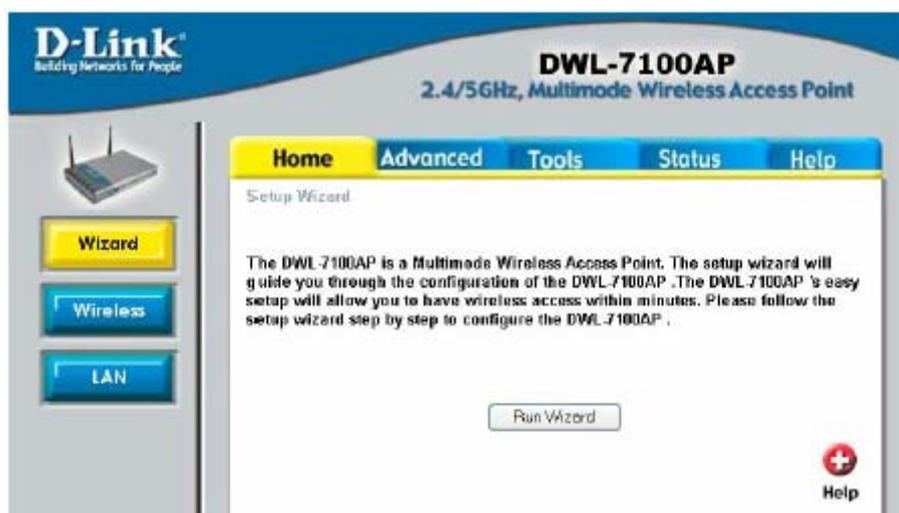


Figura. 5. 28. Pantalla para configuración del AP DWL – 7100

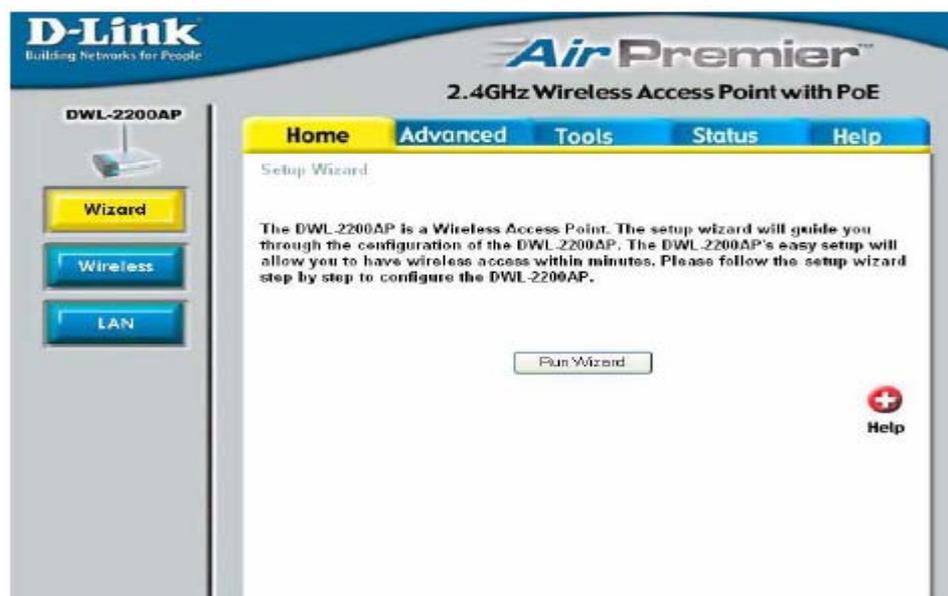


Figura. 5. 29. Pantalla para configuración del AP DWL – 2200

A continuación procedemos a hacer click en el botón “Wireless” y se nos presenta la siguiente pantalla, con los valores por defecto:



Figura. 5. 30. Pantalla para configuración de WirelessLAN del AP DWL-7100AP.



Figura. 5. 31. Pantalla para configuración de WirelessLAN del AP DWL-2200AP.

Los campos que se muestran en esta ventana son los siguientes:

Wireless Band: Selecciona 802.11g o bien 802.11a desde el ComboBox⁴⁰.

⁴⁰ ComboBox:

SSID: Service Set Identifier (SSID), es el nombre designado para la WirelessLAN. El nombre por defecto del fabricante para el SSID es **default**. El SSID puede ser cambiado fácilmente para conectarse con una WirelessLAN existente, o establecer una nueva.

SSID Broadcast: Habilita o deshabilita el SSID Broadcast.

Channel: El canal por default es el 6. Aquí se escoge el canal en el que el AP debe operar, según los criterios de diseño previamente establecidos en el Capítulo II.

Radio Frequency: Es la frecuencia a la cual opera el canal seleccionado.

Esos son los campos de parámetros que deben configurarse, que se despliegan en la pantalla o página de configuración de los AP. La tarea de programación consiste en cambiar los valores por defecto que se han citado, para reemplazarlos con los concernientes a nuestro propio diseño.

NOTA: En las Figuras 5.30 y 5.31 se aprecia que el proceso de configuración de los Access Points DWL-7100 y DWL-2200 es igual. La diferencia radica en los datos que se ingresan en cada campo, conforme a la planificación.

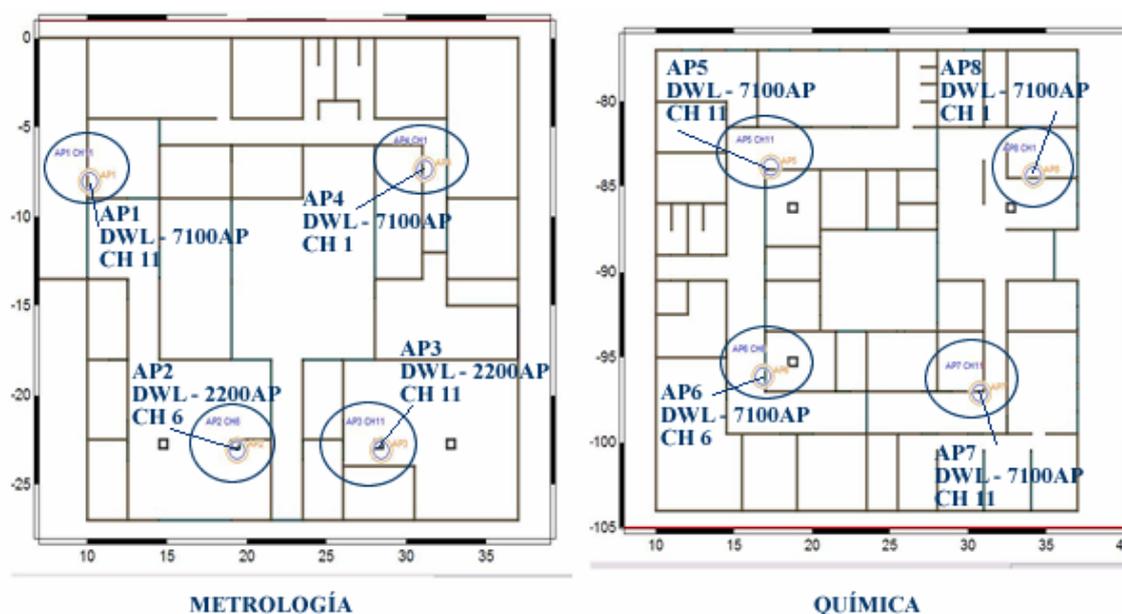


Figura. 5.32. Distribución de AP. Nótese que se ha indicado modelo y canal para cada uno.

La Figura 5.32 ayuda a comprender los campos que han de llenarse en la configuración, los mismos que fueron mostrados en las Figuras 5. 30 y 5. 31, y ofrece la información que ahí ha de suministrarse.

Los campos que se ingresan en los AP son: La banda que se escogió para la operación (802.11g), el nombre de la red que es “WCATI” (SSID), el canal en el cual opera cada AP, y la elección de la frecuencia de operación, que por tratarse de la norma 802.11g es de 2.4 [GHz].

Una vez proporcionada la información correspondiente, se procede a hacer click en “Apply”, para que se guarden los cambios realizados.

El proceso de configuración continúa con asignar la dirección IP del puerto LAN a cada AP. Para esto se debe hacer click en el botón LAN y se desplegará la siguiente pantalla:

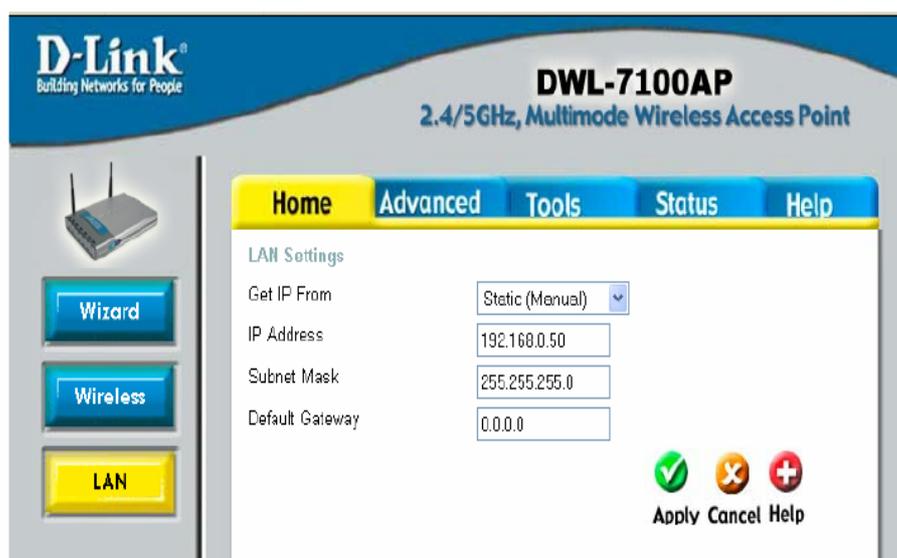


Figura. 5. 33. Pantalla para configuraciones LAN en el DWL – 7100.



Figura. 5. 34. Pantalla para configuraciones LAN en el DWL – 2200.

Los campos que se muestran en esta ventana son los siguientes:

Get IP From: Selecciona en el ComboBox si la dirección IP del equipo será estática (proporcionada manualmente) o dinámica (asignada por el servidor DHCP).

IP Address: Se coloca la dirección IP que se asignará al respectivo AP. La dirección que trae el dispositivo por defecto es “192.168.0.50”.

Subnet Mask: Permite crear una subred en caso de ser necesario. La máscara de subred por defecto es “255.255.255.0”

Default Gateway: Este campo es opcional. Se ingresa la dirección IP del Router de la red.

La configuración obliga a cambiar los valores de fábrica por los de nuestro propio caso. En la Intranet que se está montando, los AP, que son dispositivos integrantes permanentes de la red en su conjunto, tendrán direcciones IP estáticas, de la clase C. Estas direcciones asignadas para los AP pueden verse en el gráfico a continuación:

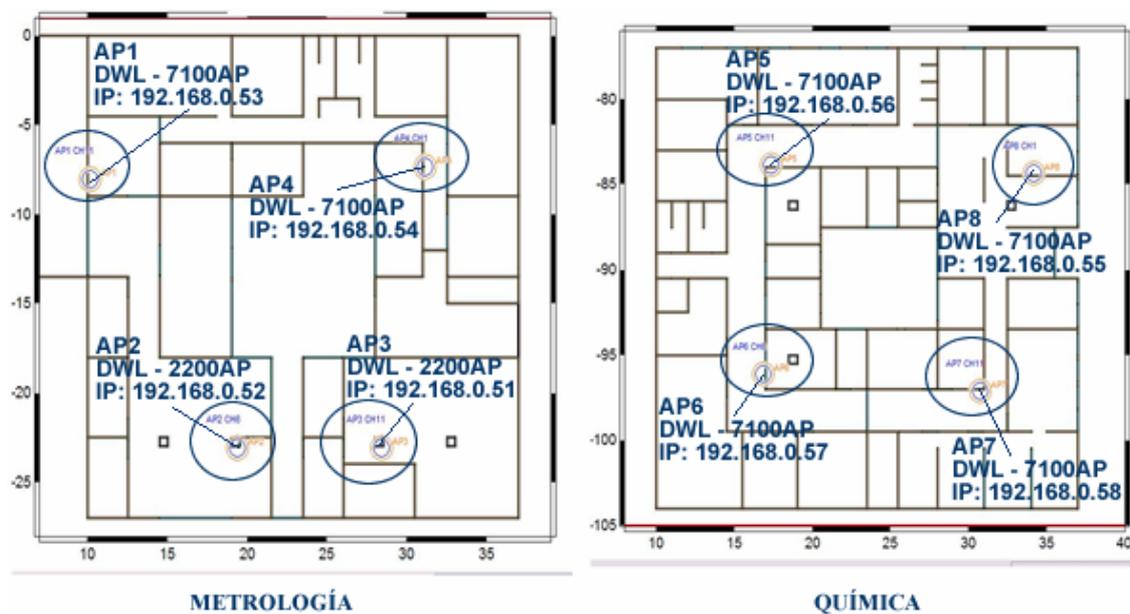


Figura. 5. 35. Direcciones IP estáticas para el puerto LAN, asignadas a cada AP.

Por tanto, la dirección de red a la que pertenece toda la WirelessLAN (WCATI) es:
IP Address: “192.168.0.0” (Clase C – Dirección Privada)⁴¹.

Los campos que se ingresan en los AP son: La dirección IP para conexión a la red LAN, que es permanente o estática (Static Manual). Cuando se realiza direccionamiento estático se debe definir todas las puertas de acceso al destino, de igual manera con el regreso. La máscara de subred es: 255.255.255.0. Debido a esto, se tendrá 254 hosts (desde 192.168.0.1 hasta 192.168.0.254). También podrían crearse subredes, pero en este caso se definió que no era necesario. De igual forma se indica la dirección de nuestro Gateway, que es la del servidor de comunicaciones: 192.168.0.254.

Una vez proporcionados los datos para la red LAN, se procede a hacer click en “Apply”, para que los cambios realizados sean guardados en el equipo.

⁴¹ Las direcciones privadas se utilizan en empresas o corporaciones para el manejo de sus redes internas.

NOTA: Para volver a ingresar al menú de configuración de cada AP; una vez cambiadas sus direcciones IP se deberá apuntar el browser a la nueva dirección asignada al mismo. (Ejemplo: Para volver a ingresar al menú de configuración de AP6, colocado en el edificio de Química, ahora se deberá escribir en el browser su nueva dirección IP asignada, es decir “http://192.168.0.57”).

Concluida la configuración básica, se puede asumir que se han conectado en la red a todos los AP; por tal razón, los dispositivos receptores podrán detectar ya la señal WI-FI. Esta señal inclusive permitiría acceder a la red, porque aún no se han activado seguridades inalámbricas.

Por el momento se procede a realizar la verificación del estado de conexión de los AP dentro de la red. Esto se realiza dentro del “símbolo del Sistema” para Windows XP o dentro de “MS-DOS”, para Windows ME o 98, por medio del comando “ping”, que envía tramas hacia cada AP, esperando contestación de cada uno a través de la red cableada LAN, con los tiempos de retorno.

Una vez que se verifica el funcionamiento de la red, se procederá a la configuración de las seguridades. Al momento la red está operativa y se podría empezar a trabajar, aunque está pendiente la activación de restricciones al acceso de usuarios no autorizados, que puedan entrar al área de cobertura. Las seguridades que se deben tomar en cuenta son: Las de administración de los AP, a través, de la creación de un “Username” y un “Password” para el control y acceso al menú de configuración, y el control de acceso de usuarios a la red, esto se hace a través de las seguridades WEP⁴² o WPA⁴³ que incorporan entre sus características los equipos instalados.

⁴²Wired Equivalent Privacy.

⁴³WI-FI Protected Access.

5.3.1.6 Configuración de seguridades. En ambos modelos de AP, la configuración de la encriptación WEP se realiza en el menú “Advanced – Encryption”. Al ingresar a este menú se desplegará la siguiente pantalla:



Figura. 5. 36. Pantalla para configuración de seguridades inalámbricas en los AP.

Los campos que se muestran en esta pantalla son los siguientes:

Wireless Band: Selecciona entre 802.11a o bien 802.11g.

Authentication: Selecciona una de las siguientes seguridades:

- Open System:** Los AP serán visibles para todos los dispositivos en la red. **Open System** se encuentra cargado por defecto.
- Shared Key:** Es otro tipo de acceso en la red, el dispositivo debe tener la clave en una lista de control de acceso.
- Shared Key/Open System:** Aquí se selecciona ambas opciones.
- WPA:** Aquí se selecciona la opción de activar la seguridad WPA.

Encryption: Selecciona Enabled o Disabled (El valor por defecto es Disabled).

Key Type: Selecciona **HEX** (Hexadecimal) o **ASCII**

Key Size: Selecciona 64, 128 o 256 bit para 802.11b; 64, 128, 152 bit para 802.11a

Valid Key: Selecciona la clave que se debe utilizar. Existen cuatro claves posibles que se ingresan en la tabla.

Key Table: Ingrese 4 claves usando el formato que se ha seleccionado en clave WEP.

En esta ventana se elige la banda en la que estamos operando, que es la 802.11g, además se habilita la autenticación, que en este caso será Shared Key (para seguridad WEP), por lo tanto es necesario habilitar (Enable) la encriptación. Luego se procede a elegir el formato de la clave, en este caso será 64 bits en código ASCII. Por último se procede a colocar las claves WEP en la tabla (son cuatro opciones de clave). Para la WirelessLAN **WCATI**, se han colocado dos claves: la primera que se compartirá con todos los dispositivos de red que pertenecen a la Intranet, y es confidencial; la segunda es dedicada a usuarios o visitantes externos, los cuales podrán acceder solamente a Internet y es igualmente información reservada. La segunda clave puede ser cambiada a conveniencia, sin necesidad de reconfigurar todos los equipos locales. La vista general de las ventanas de configuración de la seguridad inalámbrica es la siguiente:

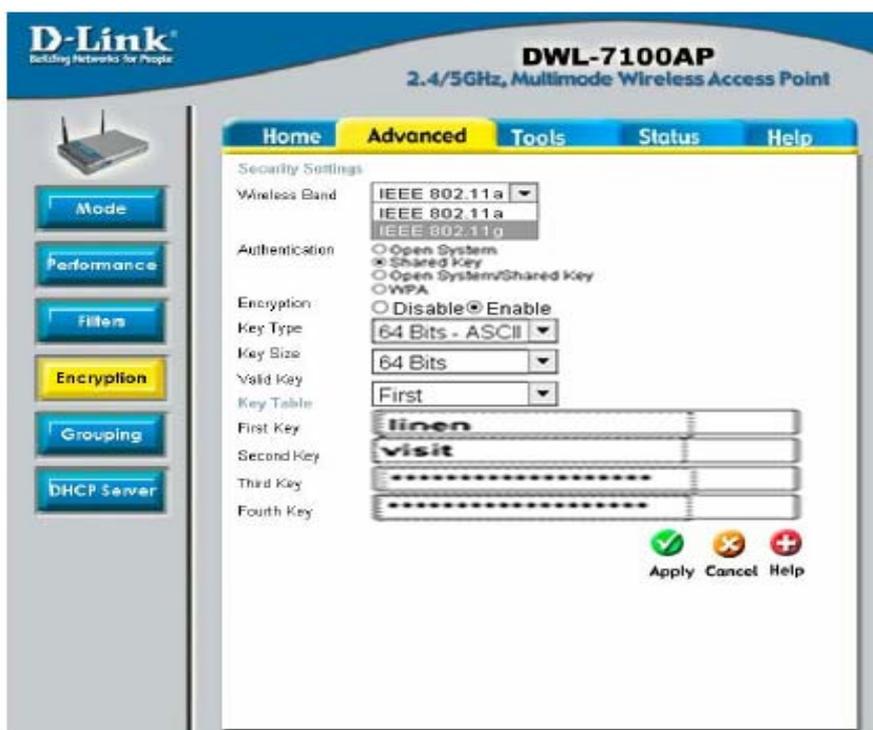


Figura. 5. 37. Ventana de configuración de seguridad inalámbrica en el DWL-7100AP.

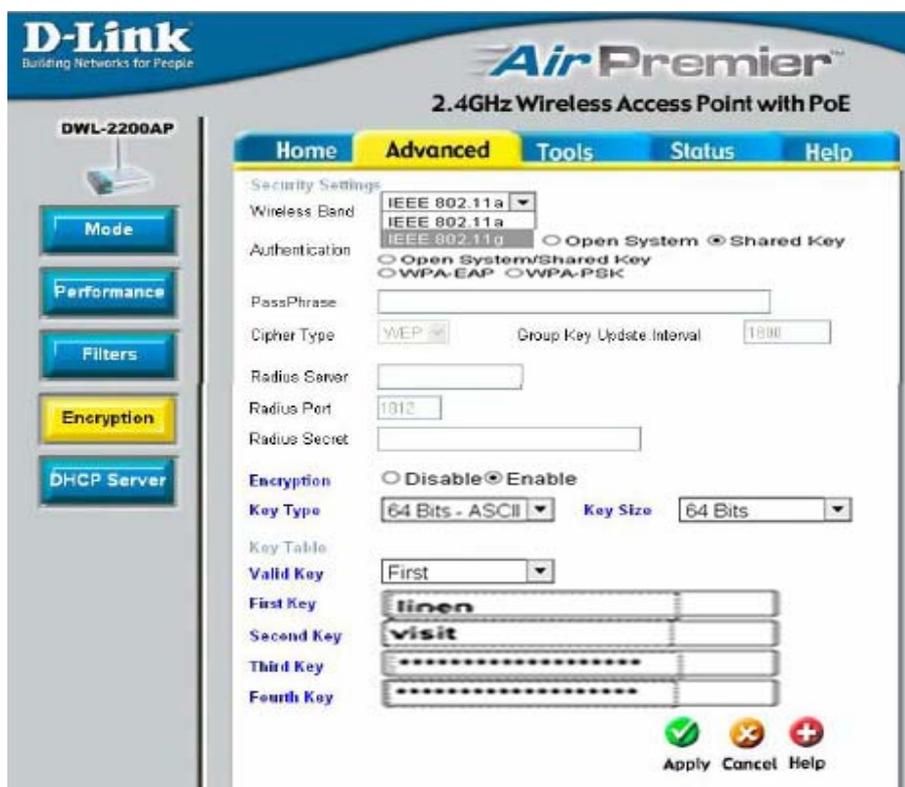


Figura. 5. 38. Ventana de configuración de seguridad inalámbrica en el DWL-2200AP.

Una vez completada la información sobre seguridad, se procede a guardar los cambios mediante otro click en el botón “Apply”.

Finalmente, es importante proteger el acceso al modo de configuración de los AP mediante la creación de un nuevo “Username” y “Password”. Para hacerlo, se debe dar click en el menú de “Tools – Admin”, y se desplegará la siguiente pantalla:

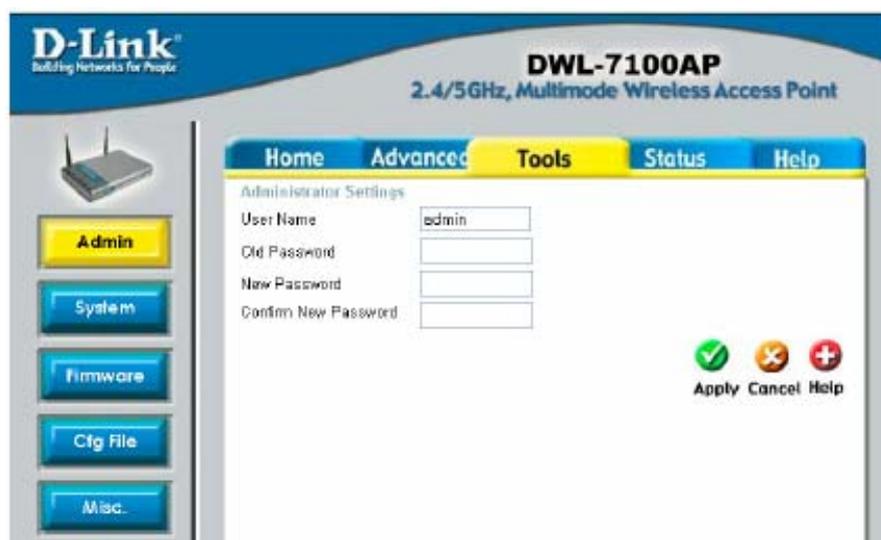


Figura. 5. 39. Pantalla de configuración de seguridad de acceso a la administración del AP.

Los campos que se muestran en esta pantalla son los siguientes:

User Name: Es el valor de nombre de usuario, por defecto es “admin”.

Old Password: Para cambiar el password, primero se debe ingresar el vigente.

New Password: Se ingresa el nuevo password.

Confirm New Password: Se reingresa el nuevo password para confirmación.

En esta ventana se elige el nuevo nombre de usuario, en este caso se dejó el mismo, que es “admin”. La clave vigente, como se trata del primer cambio, es un espacio en blanco. En los campos para la nueva clave, y su confirmación, se asignó una palabra reservada, como política de seguridad. Todas las claves serán confidenciales y quedarán bajo la responsabilidad del administrador de red del CATI, por lo que no pueden ser indicadas en el presente documento.

La vista de la ventana para configuración de acceso a la administración del equipo, con los valores ya modificados, es la siguiente:

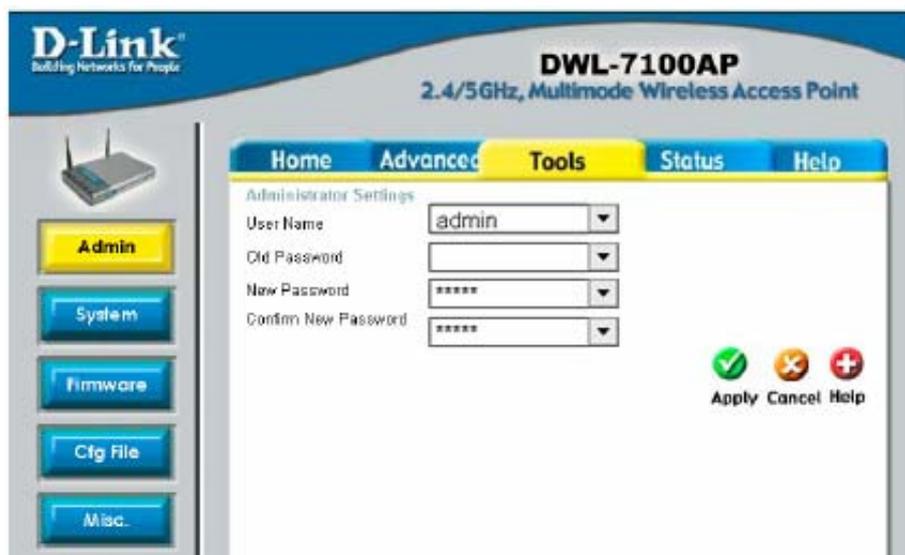


Figura. 5. 40. Pantalla de configuración de seguridad de acceso al DWL-7100AP.

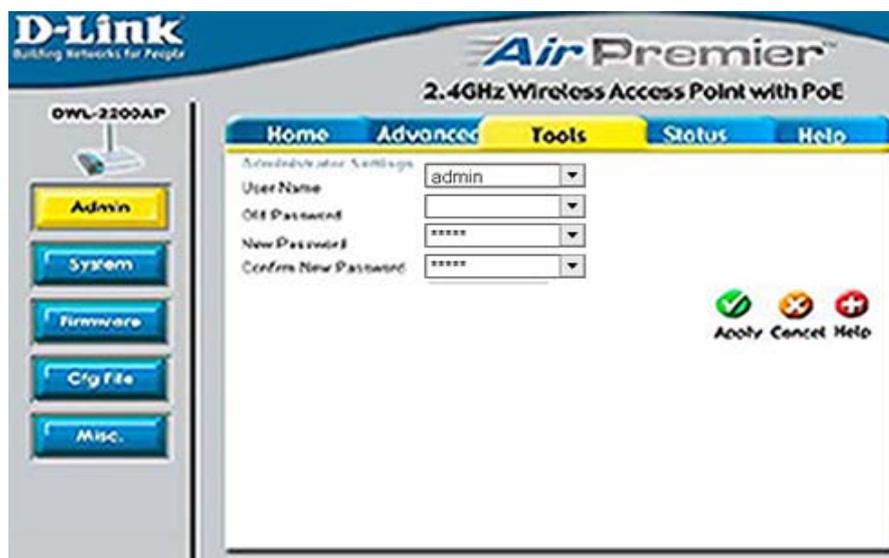
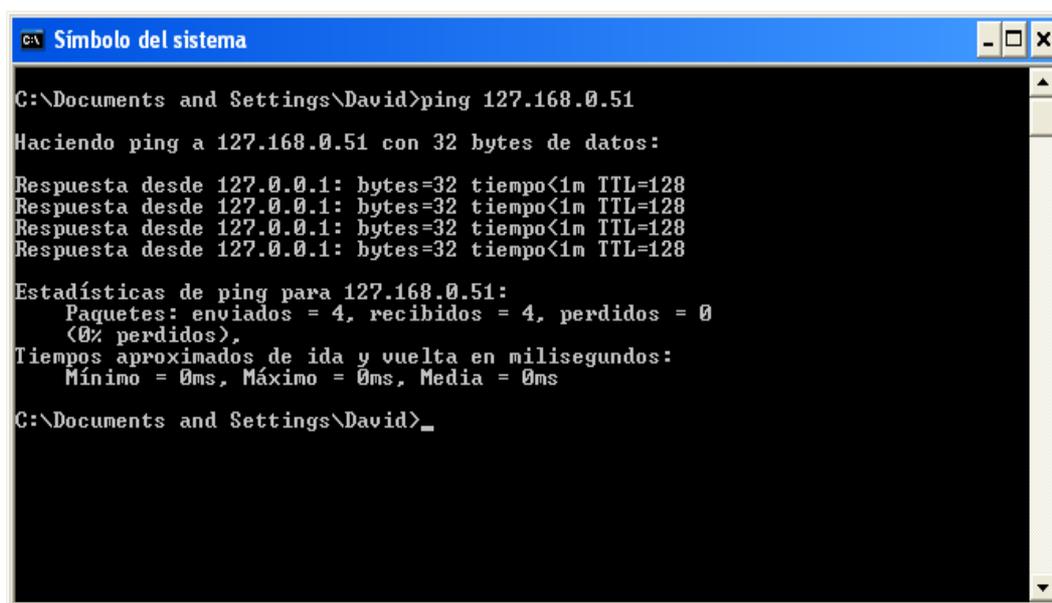


Figura. 5. 41. Pantalla de configuración de seguridad de acceso al DWL-2200AP.

Nuevamente, para finalizar la operación de protección de acceso al modo de configuración, guardando los cambios realizados, es necesario dar un click al botón “Apply”.

Han quedado configurados los 8 AP, tanto los DWL – 7100AP como los DWL – 2200AP, que en general tienen el mismo sistema de programación. Se han considerado todos los puntos necesarios para la operación segura de los equipos, tanto en la parte de acceso inalámbrico a la red WI-FI, como a su propio modo de configuración.

Una vez que la red está operativa, es útil insistir en la comprobación del estado de conexión y comunicación mediante el comando “ping”. No olvidemos que las direcciones IP asignadas a los ocho AP están en un rango desde 192.168.0.51 hasta la 192.168.0.58.



```
Símbolo del sistema
C:\Documents and Settings\David>ping 127.168.0.51
Haciendo ping a 127.168.0.51 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 127.0.0.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Estadísticas de ping para 127.168.0.51:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
C:\Documents and Settings\David>_
```

Figura. 5. 42. Vista de la respuesta provocada por el comando “ping”.

5.3.2 Instalación y configuración de tarjetas inalámbricas PCI y USB. Para los usuarios desktop se utilizan tarjetas inalámbricas PCI o USB, mientras que para los usuarios Laptop, la opción única es las tarjetas inalámbricas USB. Estos dispositivos NIC, o adaptadores de acceso a red WI-FI son también del fabricante D-LINK, y se dispone de 15 tarjetas inalámbricas para puerto PCI, modelo DWL – G520; y también existen 10 tarjetas inalámbricas USB, modelo DWL – G122.

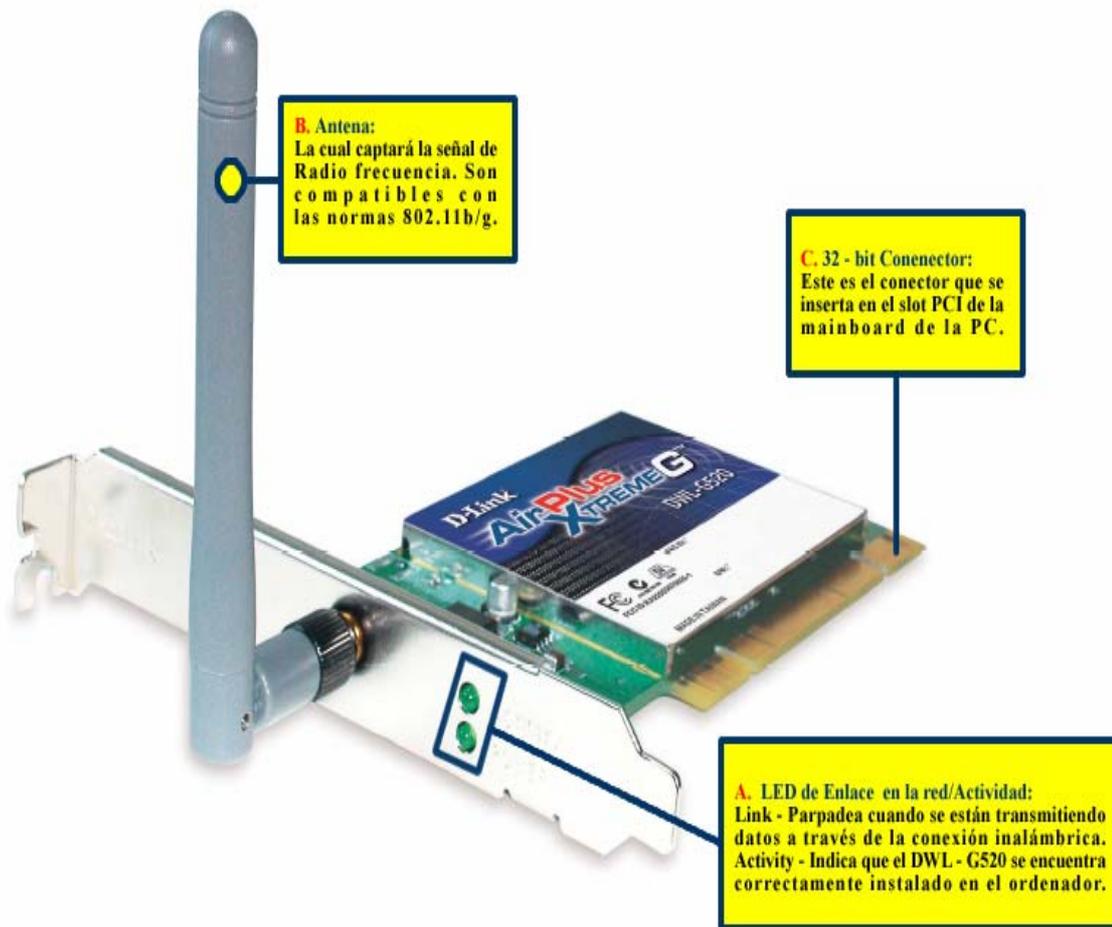


Figura. 5. 43. Descripción de tarjeta Inalámbrica PCI marca D-Link, modelo DWL-G520.



Figura. 5. 44. Tarjeta Inalámbrica USB marca D-Link, modelo DWL-G122.

5.3.2.1 Especificaciones Técnicas de la Tarjeta Inalámbrica DWL – G520.

1. Estándares:

- IEEE 802.11g.
- IEEE 802.11b.
- IEEE 802.11.

2. Tipo de Bus:

- PCI 2.2.

3. LED's:

- Power.
- Activity.

4. Alcance de Operación Inalámbrica⁴⁴:

- Entornos Cerrados (Indoors – up to 328 feet) (100 metros).
- Exteriores (Outdoors – up to 1,312 feet) (400 metros).

5. Temperatura:

- Operación: 32°F to 149°F (0°C to 55°C).

6. Humedad:

- 95% máximo, no condensado.

⁴⁴ Dependen del nivel de señal, de acuerdo a los obstáculos que se encuentran en el camino. Los datos de alcance son promedios estadísticos.

7. Certificaciones:

- FCC.

8. Dimensiones Físicas:

- Largo = 4.64 inches (114.3mm).
- Ancho = 2.13 inches (54mm).
- Espesor = 0.34 inches (8.7mm).

9. Tasa de Datos con Caída Automática:

Sin Automatic Fallback:

- | | | | |
|--------------------------|---------|--------|--------|
| <input type="checkbox"/> | 54Mbps | 48Mbps | 36Mbps |
| <input type="checkbox"/> | 24Mbps | 18Mbps | 12Mbps |
| <input type="checkbox"/> | 11Mbps | 9Mbps | 6Mbps |
| <input type="checkbox"/> | 5.5Mbps | 2Mbps | 1Mbps |

10. Seguridad:

- 802.1X.
- WPA - Wi-Fi Protected Access (64,128-bit WEP con TKIP, MIC, IV Expansion, Shared Key Authentication).

11. Tipo de Antena Externa:

- Conector SMA, Desmontable; Antena Dipolo, 1 dBi de ganancia.

12. Rango Inalámbrico de Frecuencia:

- 2.4 – 2.497 [GHz].

13. Tipo de Modulación:

- Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM).

14. Control de Acceso al Medio:

- CSMA/CA

15. Potencia de Transmisión:

- 15 [dBm] (32 [mW]) \pm 2 [dB].

16. Consumo de Energía:

- Standby mode = 4.66 [mA].
- Power Save mode = 28 [mA].
- Transmit mode = 248 [mA].

17. Peso:

- 0.12 [lbs] (55g).

18. Sensibilidad de receptor:

- 54Mbps OFDM, 10% PER, -68dBm
- 48Mbps OFDM, 10% PER, -68dBm
- 36Mbps OFDM, 10% PER, -75dBm
- 24Mbps OFDM, 10% PER, -79dBm
- 18Mbps OFDM, 10% PER, -82dBm
- 12Mbps OFDM, 10% PER, -84dBm
- 11Mbps CCK, 8% PER, -82dBm
- 9Mbps OFDM, 10% PER, -87dBm
- 6Mbps OFDM, 10% PER, -88dBm
- 5.5Mbps CCK, 8% PER, -85dBm

- 2Mbps QPSK, 8% PER,-86dBm
- 1Mbps BPSK, 8% PER,-89dBm

5.3.2.2 Especificaciones Técnicas de la Tarjeta Inalámbrica DWL – G122.

1. Estándares:

- USB 2.0
- IEEE 802.11g.
- IEEE 802.11b.

2. Tipo de Bus:

- USB 2.0.

3. LED's:

- Power.
- Activity.

4. Alcance de Operación Inalámbrica⁴⁵:

- Entornos Cerrados (Indoors – up to 328 feet) (100 metros).
- Exteriores (Outdoors – up to 1,312 feet) (400 metros).

5. Temperatura:

- Operación: 32°F to 104°F (0°C to 40°C).
- No operación: 4°F to 167°F (-20°C to 75°C).

⁴⁵ Dependen del nivel de señal, de acuerdo a los obstáculos que se encuentran en el camino. Los datos de alcance son promedios estadísticos.

6. Humedad:

- 80% máximo, no condensado.

7. Certificaciones:

- FCC part 15b.

8. Dimensiones Físicas:

- Largo = 3.3 inches (84mm).
- Ancho = 2.1 inches (53mm).
- Espesor = 0.2 inches (5mm).

9. Tasa de Datos con Caída Automática:

Sin Automatic Fallback:

- 54Mbps 48Mbps 36Mbps
- 24Mbps 18Mbps
- 11Mbps 9Mbps 6Mbps
- 5.5Mbps 2Mbps 1Mbps

10. Seguridades:

- 64 – 128 –Bit WEP.
- WPA - Wi-Fi Protected Access, 802.1X.

11. Tipo de Antena Externa:

- Omnidireccional, 1 dBi de ganancia.

12. Rango Inalámbrico de Frecuencia:

- 2.4 – 2.462 [GHz].

13. Tipo de Modulación:

- Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM).
- Complimentary Code Keying (CCK).

14. Control de Acceso al Medio:

- CSMA/CA

15. Potencia de Transmisión:

- 14 [dBm] (25 [mW]) \pm 2 [dB].

16. Consumo de Energía:

- No especificado.

17. Peso:

- 0.021 [lbs] (4.4g).

18. Sensibilidad de receptor:

- 54Mbps OFDM, 10% PER, -68dBm
- 48Mbps OFDM, 10% PER, -68dBm
- 36Mbps OFDM, 10% PER, -75dBm
- 24Mbps OFDM, 10% PER, -79dBm
- 18Mbps OFDM, 10% PER, -82dBm
- 12Mbps OFDM, 10% PER, -84dBm
- 11Mbps CCK, 8% PER, -82dBm
- 9Mbps OFDM, 10% PER, -87dBm
- 5.5Mbps CCK, 8% PER, -85dBm
- 2Mbps QPSK, 8% PER, -86dBm
- 1Mbps BPSK, 8% PER, -89dBm

5.3.2.3 Instalación de tarjetas DWL-G520 y DWL-G122.

- ❑ Cargar al ordenador el disco de instalación D-LINK, incorporado con la tarjeta.
Se debe encender el computador y posteriormente se procede a la instalación del software tipo driver de la tarjeta inalámbrica DWL-G520 o DWL-G122. Al correr el disco, deben seguirse las siguientes instrucciones:

Se muestra la pantalla de instalación:



Figura. 5. 45. Pantalla principal para instalación de tarjetas inalámbricas USB y PCI.

Se selecciona la tarjeta DWL-G520 o DWL-G122, y se procede a hacer click en la opción “Install Drivers”.

A continuación se presentan las pantallas del programa tutor de instalación de cada dispositivo, donde deben escogerse las opciones señaladas:

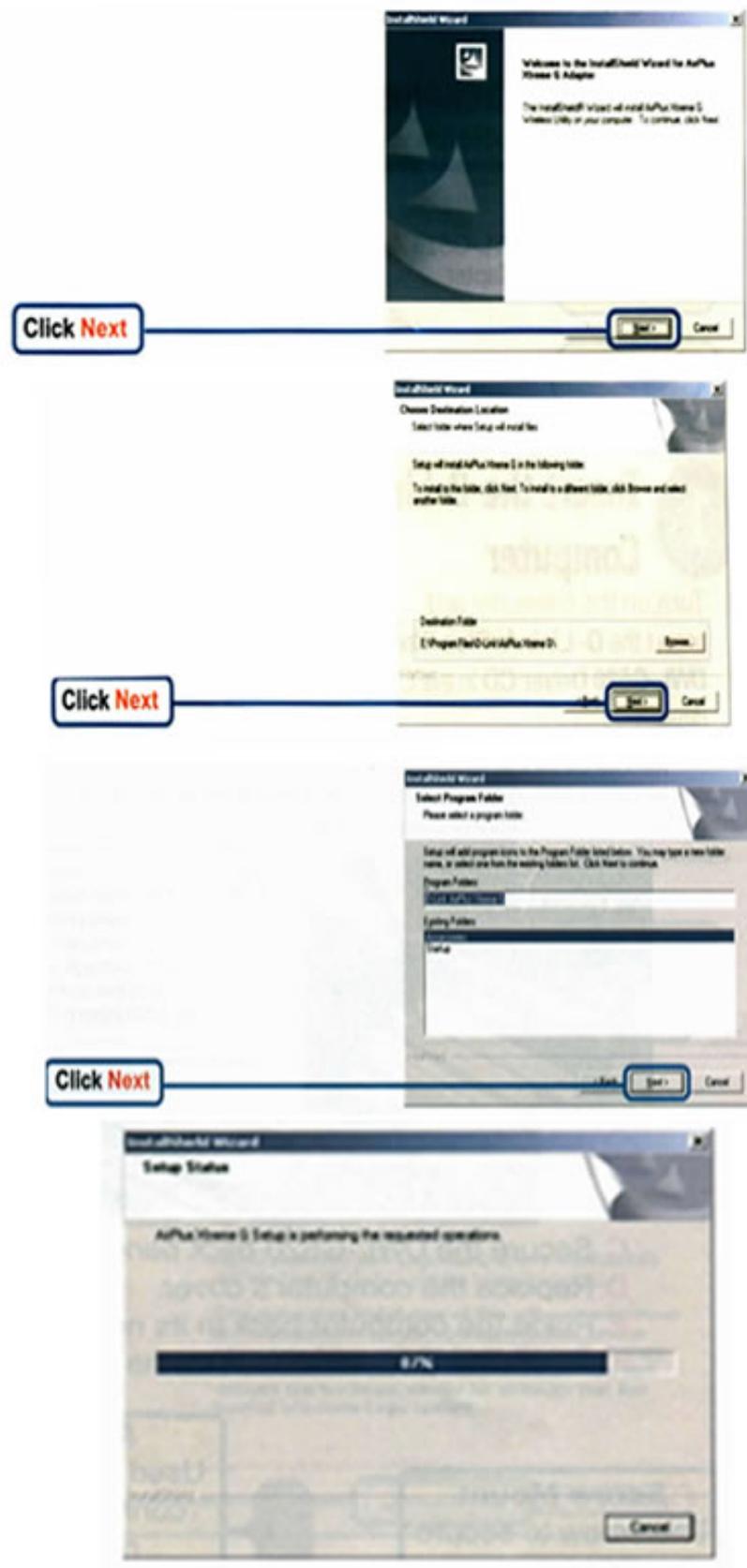


Figura. 5. 46. Pantallas del programa tutor de instalación de tarjetas inalámbricas.

Al final de estos pasos se presenta la última pantalla, en donde se indica si se desea reiniciar el computador, paso indispensable para que el sistema operativo cargue y ejecute el software del nuevo dispositivo.



Figura. 5. 47. Última pantalla del tutor de instalación de tarjetas inalámbricas USB y PCI.

Una vez instalado el driver, y con el computador apagado, se procede a la instalación física de las tarjetas inalámbricas, en sus respectivos puertos. Para colocar una tarjeta PCI en un desktop, es necesario retirar la cubierta exterior del equipo, para tener acceso al slot PCI de la mainboard del equipo. Las tarjetas USB son más sencillas de instalar, porque ese puerto siempre está visible al exterior de un computador.



Figura. 5. 48. Instalación de tarjeta inalámbrica PCI, DWL-G520, en un desktop.



Figura. 5. 49. Instalación de tarjeta inalámbrica USB, DWL-G122.

Una vez instaladas las tarjetas inalámbricas, se debe volver a encender el computador con el disco de instalación todavía colocado en el CD-ROM. Una vez iniciada la sesión, se mostrarán las siguientes pantallas:



Figura. 5. 50. Pantalla de reconocimiento automático de tarjetas inalámbricas.

Aquí se debe seleccionar la opción de instalar el software automáticamente (recomendado), para luego continuar el proceso a través de un click en “Next”.

Windows cargará automáticamente los ficheros del fabricante, es por eso que, en la siguiente pantalla, se debe hacer click en “Anyway” para continuar la instalación.



Figura. 5. 51. Carga de ficheros en la instalación automática de las tarjetas inalámbricas.

Por último, se termina la instalación del dispositivo con un click en el botón “Finish”.



Figura. 5. 52. Fin de la instalación automática de las tarjetas inalámbricas.

Una vez finalizada la instalación, se ejecutará automáticamente la utilidad de configuración D-Link Air Plus G, y el ícono de la utilidad aparecerá en la parte inferior derecha de la pantalla del escritorio⁴⁶, en el llamado Tool Bar.

⁴⁶ Para otros sistemas operativos, distintos del Windows XP, primero debe reiniciarse el computador.

Si el ícono es verde, la instalación de las tarjetas inalámbricas DWL-G520 y DWL-G122 es correcta, es decir, se han conectado a una red inalámbrica y están listas para establecer la comunicación.



Figura. 5. 53. Icono D-Link en el Tool Bar de Windows. Significa que la tarjeta inalámbrica está habilitada y lista para comunicación.

Al hacer doble click en el ícono de la utilidad, se accederá a las propiedades de configuración de la tarjeta inalámbrica.

5.3.2.4 Configuración de tarjetas DWL-G520 y DWL-G122 (Conexión Lógica).

Una vez instaladas las tarjetas inalámbricas PCI y USB, deben ser configuradas, de manera que puedan gestionar con éxito la autenticación y asociación con el AP que les provea de conectividad.

En la WirelessLAN del CATI, se activó la opción de seguridad inalámbrica en toda la red, por lo que los computadores que cuentan con las tarjetas inalámbricas son capaces de detectar la señal y por tanto la red misma, pero no pueden establecer comunicación debido a tal seguridad. En este punto, en el Tool Bar el ícono de la tarjeta se muestra como sigue:



Figura. 5. 54. Icono D-Link que indica que la tarjeta está activa pero no conectada a la red.

En la Figura 5. 54 se puede observar que el ícono de conexión inalámbrica está en estado de desconexión, al igual que el icono de D-Link. Esto se debe a la encriptación WEP que se encuentra habilitada en los AP, así que el estado exacto del dispositivo es de encendido, capaz de detectar la red, pero inhabilitado para autenticarse y asociarse a cualquiera de los AP. Se ve entonces la necesidad de configurar las claves WEP en cada dispositivo, de manera que sean capaces de establecer la comunicación con la WirelessLAN, luego de gestionar con éxito las mencionadas autenticación y asociación.

Para configurar las tarjetas se debe acceder al modo de configuración del dispositivo, por medio del ícono de conexión de redes inalámbricas.

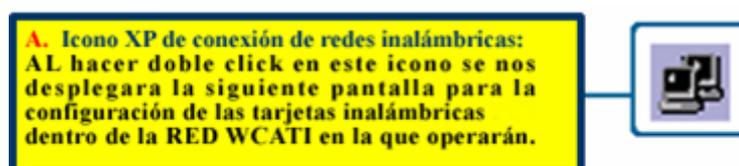


Figura. 5. 55. Ícono de conexión de redes inalámbricas, para dispositivo activo.

Al hacer doble click en el ícono de conexión de redes inalámbricas, ingresaremos al citado modo de configuración, que despliega las siguientes pantallas:

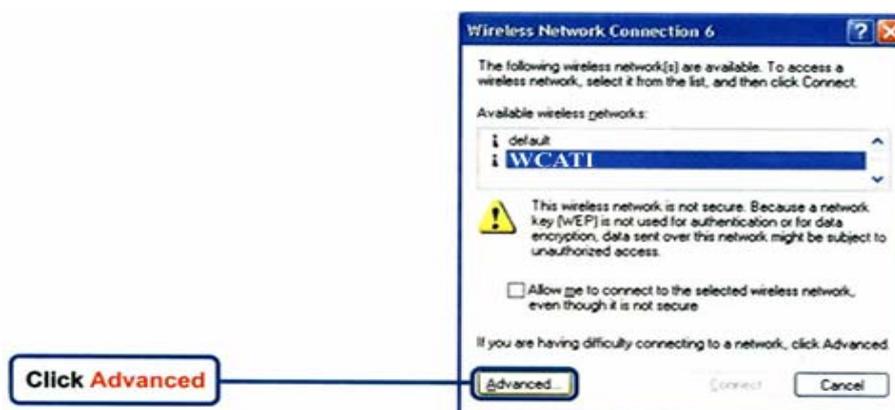


Figura. 5. 56. Pantalla de configuración de las tarjetas inalámbricas.

En esta pantalla de la Figura 5.56, se mostrarán todas las redes inalámbricas que detecta la tarjeta, entre ellas, la red inalámbrica **WCATI**.

A continuación debe seleccionarse la red de interés (WCATI), para hacer click en el botón “Advanced”, que desplegará la siguiente pantalla de configuración:

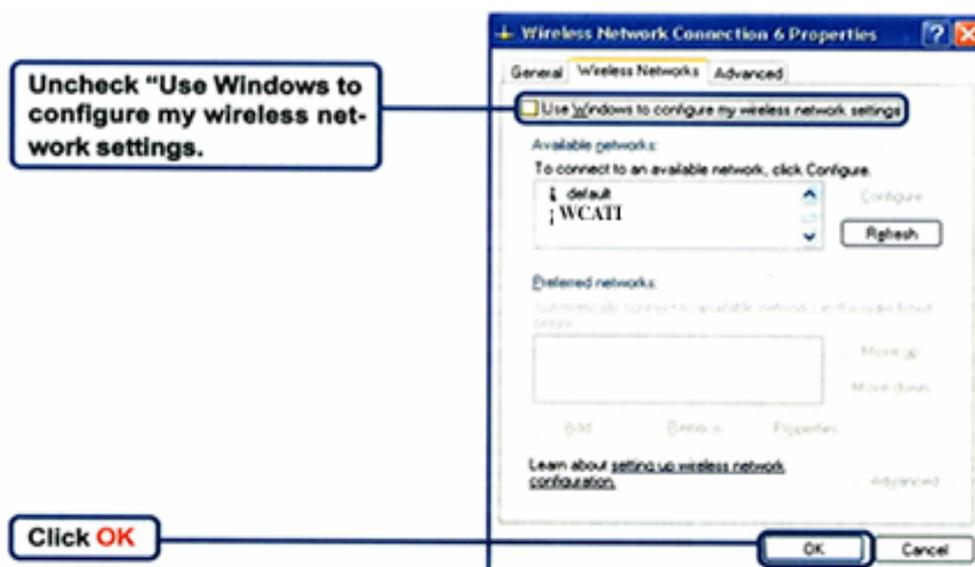
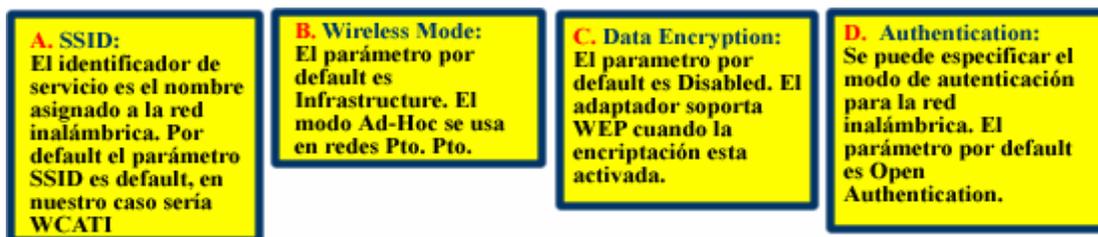


Figura. 5.57. Pantalla de configuración de tarjeta inalámbrica, para red WCATI.

En la Figura 5.57 se ven las opciones para configurar la red. Aquí se elimina la opción por defecto para que Windows configure automáticamente el dispositivo, de manera que la configuración sea manual. Inmediatamente se activa el botón “Configure”, y haciendo click sobre él se llega directamente a la pantalla donde es posible proporcionar la clave WEP de la red, de manera que el dispositivo la utilice para autenticarse y asociarse a cualquier AP. También es posible llegar a esta pantalla a través del ícono D-Link, con un doble click sobre él.

La ventana que se despliega en la opción “Configuration” es la siguiente:



Configuration

D-Link AirPlus Xtreme G Utility

▶ Link Info

▶ Configuration

▶ Advanced

▶ Site Survey

▶ About

SSID: WCATI

Wireless Mode: Infrastructure

Data Encryption: Shared Key

Authentication: Open

Key Length: 64 Bits - ASCII

IEEE802.1X

1: *****

2: *****

3: *****

4: *****

Authentication Config

IP Settings

Apply

E. Key Length:
Si la encriptación esta activada existe la opción de especificar el nivel y el formato de la clave de encriptación usada. Seleccionar el indice de clave adecuado 1-4, e introducir digitos ASCII o hexadecimales en el campo correspondiente.

F. IEEE 802.1x:
Si la encriptación esta activada, se puede especificar el nivel y el formato de la clave de la encriptación utilizada. Seleccionar el indice apropiado de la clave 1-4, e introducir digitos ASCII o hexadecimales en el campo correspondiente.

Figura. 5. 58. Pantalla de configuración avanzada de las tarjetas inalámbricas.

En la Figura 5. 58 se muestran los campos que se deben completar para que la tarjeta inalámbrica pueda comunicarse con la red **WCATI**. Debe seleccionarse la opción de seguridad WEP, 64 bits, en sistema “Shared Key”, e inmediatamente abajo están los campos donde debe indicarse la clave de red, la misma que se grabó en los AP, y que es confidencial.

Al aceptar y guardar todas las configuraciones, cada dispositivo en que se realice el procedimiento descrito estará habilitado para acceder a la red en un ambiente seguro, y de manera automática.

La red **WCATI** ha sido puesta en operación. Puede iniciarse un proceso de compartir recursos entre los usuarios, de acuerdo a la conveniencia de cada uno. Una manera de hacerlo es la configuración de los llamados grupos de trabajo en la red, que permite Windows. En la Intranet se ha creado un solo grupo de trabajo, con el nombre “METROLOGÍA”. A continuación se muestra el proceso de creación y configuración de ese grupo de trabajo para los usuarios.

5.3.3 Configuración de la red y grupos de trabajo.

- ❑ Ir a: Start > Control Panel > Network Connections
Seleccionar **Set up a home or small office network.**



Figura. 5. 59. Pantalla de configuración de grupos de trabajo #1

Cuando la pantalla aparezca, se inicia el asistente con un click en **Next.**

En la siguiente ventana, debe seleccionarse la opción “Other”:

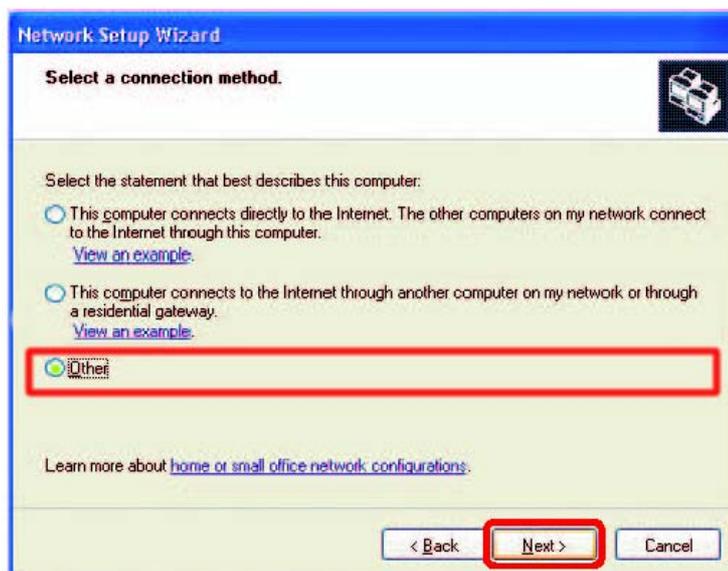


Figura. 5. 60. Pantalla #2 para configuración de grupos de trabajo.

Luego se ingresa la descripción del computador, y el nombre del mismo:

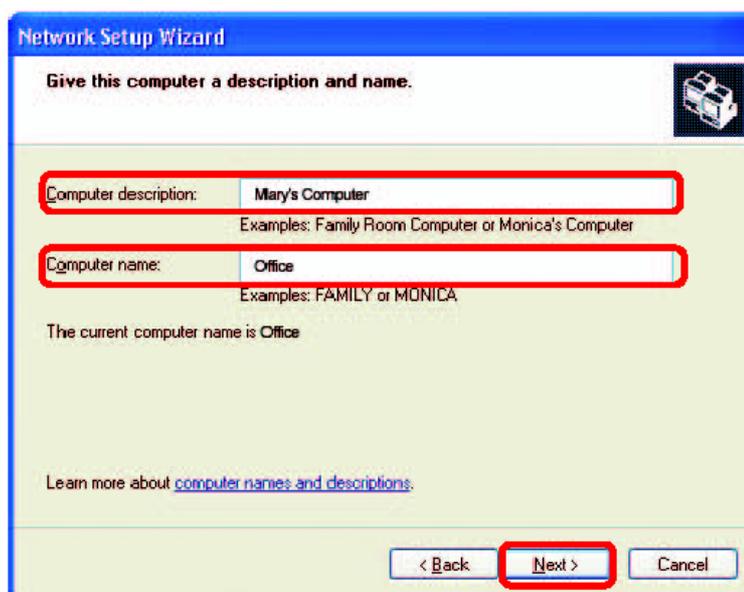


Figura. 5. 61. Pantalla #3 para configuración de grupos de trabajo.

Ahora es momento de indicar el nombre del grupo de trabajo, que se indicó será “METROLOGÍA”. También todas las computadoras de la red deberán tener algún nombre en ese grupo de trabajo.

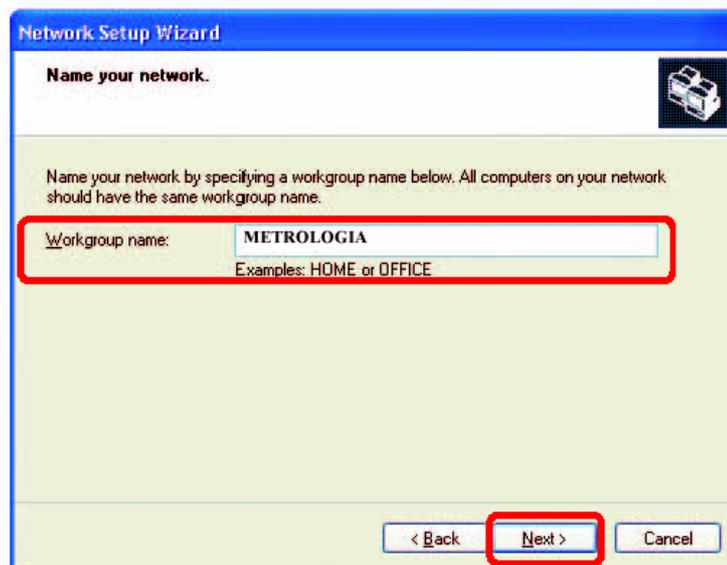


Figura. 5. 62. Pantalla #4 para configuración de grupos de trabajo.

El proceso de aplicar los cambios toma cierto tiempo, mientras tanto el asistente ofrece la pantalla a continuación:



Figura. 5. 63. Pantalla #6 para configuración de grupos de trabajo.

Una vez establecidos los cambios, Windows prepara el computador, mostrando otra pantalla de espera que puede tardar algunos minutos, según las características del computador.



Figura. 5. 64. Pantalla #6 para configuración de grupos de trabajo.

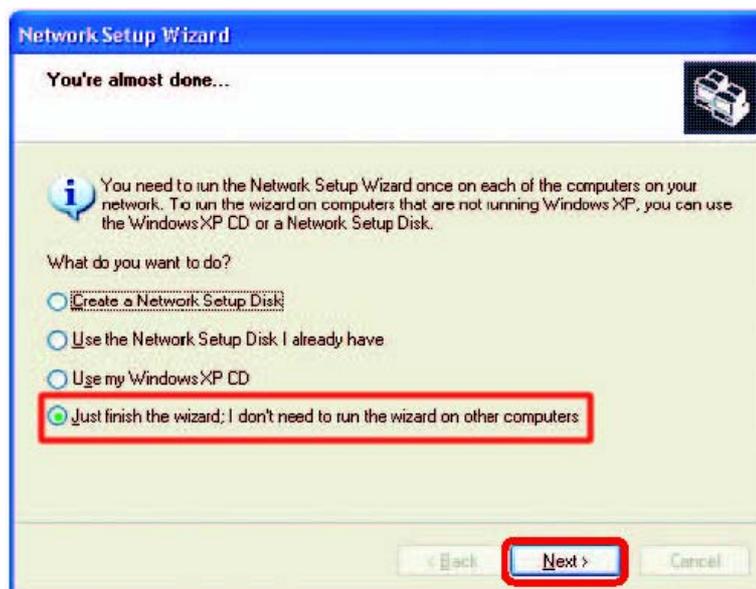


Figura. 5. 65. Pantalla #7 para configuración de grupos de trabajo.

En la Figura 5.65 se muestra otra ventana resultante, donde debe seleccionarse la última opción y luego un click en el botón “Next”. Finalmente se despliega la última pantalla, donde se confirma la finalización del asistente, que culmina con un click en “Finish”.



Figura. 5. 66. Pantalla #8 para configuración de grupos de trabajo.

Estas nuevas configuraciones tendrán efecto cuando se reinicie el computador.



Figura. 5. 67. Pantalla de reinicio del computador.

Con un click sobre el botón “Yes” en la ventana de la Figura 5.67, termina el proceso.

Con lo anterior se finaliza la instalación y configuración de la WirelessLAN de los laboratorios del INEN. Igualmente, la administración y control queda complementada con los servicios de red que brinda el servidor de comunicaciones. Cabe acotar que el procedimiento y configuración de grupos de trabajo en las computadoras es bajo la plataforma Windows, aunque la Intranet cuenta con servicios adicionales para manejo de archivos como el servidor FTP, bajo la plataforma Linux del servidor.

5.4 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE OPERACIÓN

Para comprobar el correcto desempeño y operación de la red, se deben realizar las debidas pruebas de operación, tanto para el cableado estructurado como la red LAN tipo Ethernet.

En lo que se refiere al cableado estructurado, el estándar TIA/EIA-568-B describe las pruebas que se deben realizar sobre una red Ethernet. Este estándar especifica diez pruebas que un cable de cobre debe pasar si es utilizado en una red Ethernet de alta velocidad. Todos los enlaces de cables deben ser probados al grado máximo que solicita la categoría del cable que es instalado.

Los diez parámetros primarios de prueba que se deben verificar en los enlaces de cables para el estándar TIA/EIA son:

- Wire map.
- Insertion loss.
- Near-end crosstalk (NEXT).
- Power sum near-end crosstalk (PSNEXT).
- Equal-level far-end crosstalk (ELFEXT).
- Power sum equal-level far-end crosstalk (PSELFEXT).
- Return loss.
- Propagation delay.
- Cable length.
- Delay skew.

En Ethernet, cada uno de los pines en un conector RJ-45 tiene un propósito particular. Una NIC transmite señales en los pines 1 y 2, y recibe señales en los pines 3 y 6. Los alambres del cable UTP se deben conectar con los pines apropiados en cada extremo del cable. La prueba del “Wire map” asegura que no existe ningún circuito abierto o cortocircuito en el cableado. Un circuito abierto ocurre si el alambre no se une correctamente en el conector. Un cortocircuito ocurre si dos alambres están conectados el uno al otro.

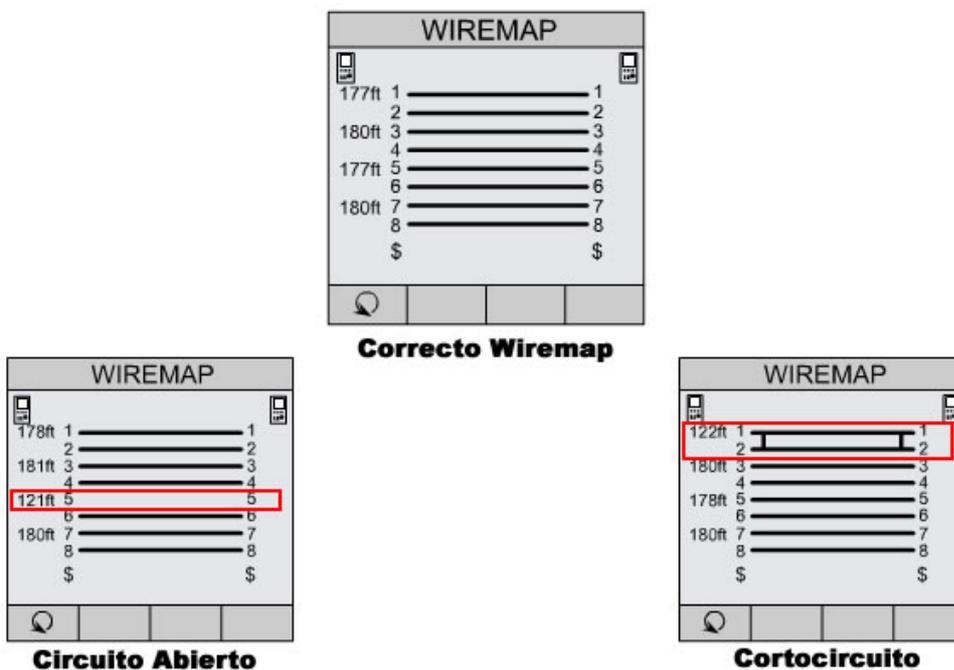


Figura. 5. 68. Pruebas de wiremap.

La prueba del “Wire map” también verifica que los ocho alambres estén conectados con los pines correctos en ambos extremos del cable. Hay varias y diversas averías en el cableado que la prueba “Wire map” puede detectar. En la siguiente figura se ilustra las posibles averías corregibles con esta prueba:

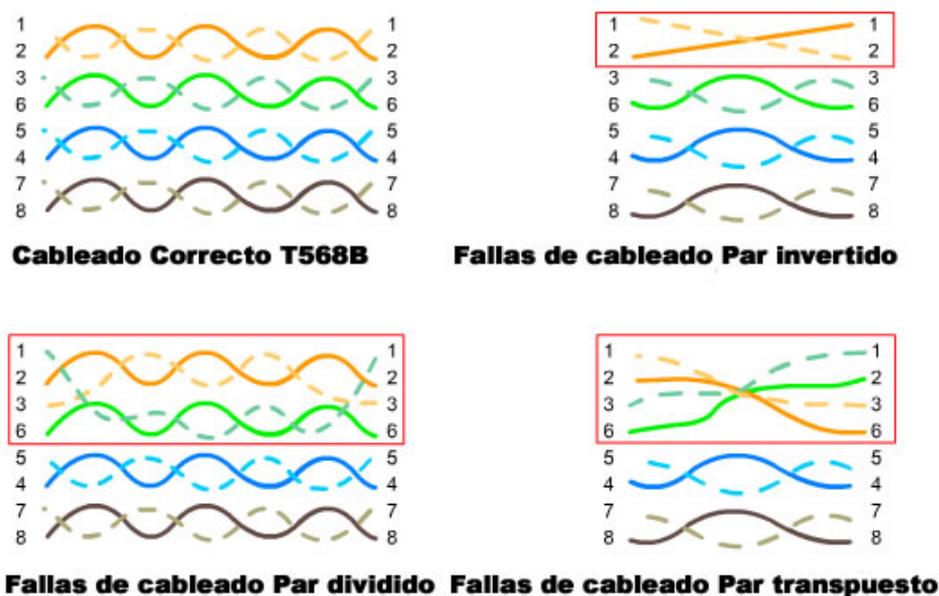


Figura. 5. 69. Pruebas de avería wiremap.

Además, en los cables se prueba la interferencia y la atenuación. La combinación de los efectos de atenuación de señal y de las discontinuidades de impedancia en un enlace de comunicaciones se llaman pérdidas de inserción. Las pérdidas de inserción se miden en decibelios, en el extremo lejano del cable. El estándar TIA/EIA requiere que un cable y sus conectores pasen un test de pérdidas de inserción antes de que el cable se pueda utilizar como enlace de comunicaciones en una LAN.

La interferencia se mide en cuatro pruebas separadas. Las medidas se hacen con un probador de cable NEXT, aplicando una señal de prueba a un par de cables y midiendo la amplitud de la interferencia de las señales recibidas por el otro par de cables. El valor NEXT, se expresa en decibelios, se computa como la diferencia en amplitud entre la señal de prueba y la señal de interferencia medida en el mismo extremo del cable. Recordemos que el número de decibelios que el probador exhibe es un número negativo, cuanto más grande es el número, más bajo es el NEXT en el par del alambre. Según lo mencionado previamente, la prueba de PSNEXT es realmente un cálculo basado en efectos NEXT combinados.

La prueba de interferencia “equal-level far-end” (ELFEXT) mide FEXT. El Par-a-par ELFEXT se expresa en dB como la diferencia entre el FEXT medido y las pérdidas de inserción del par de alambre de la señal disturbada por el FEXT. ELFEXT es una medida importante en redes Ethernet que usan tecnología 1000Base-T. La interferencia “Power sum equal-level far-end” (PSELFEXT) es el efecto combinado de ELFEXT de todos los pares del alambre.

Las pérdidas “Return loss”, es una medida en decibelios de las reflexiones que son causadas por las impedancias de las discontinuidades en todas las localizaciones a lo largo del acoplamiento. El impacto principal de “Return loss” no está en la pérdida de fuerza de la señal. El problema significativo es que los ecos de la señal causados por las reflexiones de las discontinuidades de la impedancia pulsarán el receptor en diversos intervalos que causan el jitter de la señal.

El 20 de junio de 2002, la adición de la categoría 6 al estándar TIA-568 fue publicada. El título oficial del estándar es ANSI/TIA/EIA-568-B.2-1. Este nuevo estándar especifica el sistema original de parametrización para la optimización del tratamiento que necesita ser probado para el cableado Ethernet, así como los resultados de cada una de estas pruebas. Los cables certificados como el cable de la categoría 6 deben pasar las diez pruebas. Aunque las pruebas de la categoría 6 son esencialmente iguales a las especificadas por el estándar de la categoría 5, el cable de la categoría 6 debe pasar las pruebas con resultados más altos. El cable de la categoría 6 debe ser capaz de llevar frecuencias hasta 250 megaciclos [MHz] y debe tener niveles más bajos de interferencia y de return loss.

El dispositivo que se utilizó para certificar el cableado estructurado es un equipo Fluke DSP-4300 Cable Analyzer.

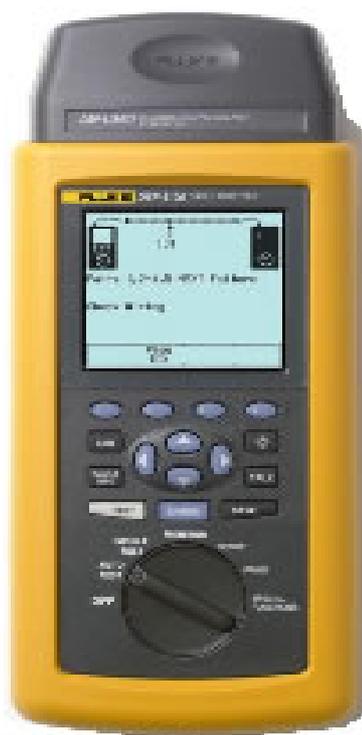


Figura. 5. 70. Fluke DSP-4300 Cable Analyzer.

Se han detallado las pruebas a las que tiene que ser sometido el cableado estructurado que se ha instalado en el CATI. En lo concerniente a la red inalámbrica, las pruebas que se realizaron son respecto al nivel de recepción de la señal en los laboratorios. Con estas pruebas, tanto del cableado estructurado como del área de cobertura, queda certificado el correcto funcionamiento y operación de la infraestructura tecnológica instalada. A continuación presentamos los resultados de las pruebas efectuadas en los laboratorios del CATI:

ID. Cable	Sumario	Estánd. Pruebas	Longitud	Paso Libre	Fecha / Hora
ENLACE	PASA	TIA Cat 6 Channel	75.1 (m)	2.6 dB	01/06/2005 09:21am
R1-D1	PASA	TIA Cat 5e Channel	38.1 (m)	8.7 dB	01/06/2005 09:15am
R1-D2	PASA	TIA Cat 5e Channel	15.7 (m)	7.8 dB	01/06/2005 09:12am
R1-D3	PASA	TIA Cat 5e Channel	32.7 (m)	8.9 dB	01/06/2005 09:04am
R1-D4	PASA	TIA Cat 5e Channel	18.0 (m)	4.4 dB	01/06/2005 09:07am
R1-D5	PASA	TIA Cat 5e Channel	3.1 (m)	7.0 dB	01/04/2005 03:33pm
R2-D1	PASA	TIA Cat 5e Channel	33.5 (m)	8.4 dB	01/06/2005 09:28am
R2-D2	PASA	TIA Cat 5e Channel	20.5 (m)	7.1 dB	01/06/2005 09:26am
R2-D3	PASA	TIA Cat 5e Channel	28.3 (m)	8.3 dB	01/06/2005 09:34am
R2-D4	PASA	TIA Cat 5e Channel	39.9 (m)	8.9 dB	01/06/2005 09:31am
Longitud Total:		304.9 m			
Cantidad de Informes:		10			
Number of Reports Passing:		10			
Number of Reports Failing:		0			

Figura. 5. 71. Cuadro de descripción de enlaces de cableado en el CATI

ID. Cable: ENLACE

Sumario de Pruebas: PASA

Fecha / Hora: 01/06/2005 09:21:19am

Paso Libre: 2.6 dB (NEXT 36-45)

Límite de Prueba: TIA Cat 6 Channel

Tipo de Cable: UTP 100 Ohm Cat 6

Umbral de Anomalia de Fallo: 15%

Versión de Software: 1.912

Version de Limites: 5.12

NVP: 69.0%

Prueba del Apantallamiento: N/A

Modelo: DSP-4300

Principal N/S: 8598032

Remoto N/S: 8598032

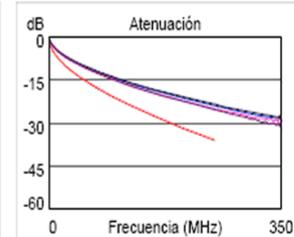
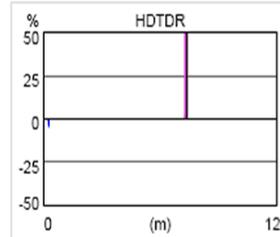
Adaptador Principal: LIA 013

Adaptador Remoto: LIA 012

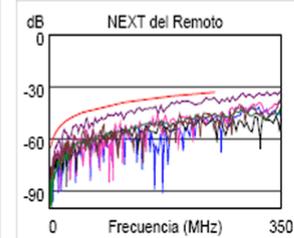
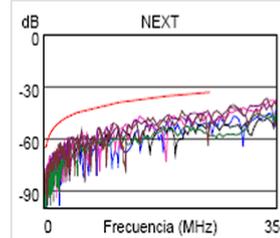
Mapa de Cableado	1 2 3 4 5 6 7 8 B
PASA	
	1 2 3 4 5 6 7 8



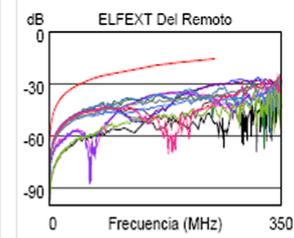
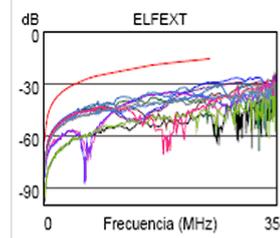
Longitud (m), Lím. 100.0	[Par 45]	75.1
Tiempo de Prop. (ns), Lím. 555	[Par 12]	369
Diferencia Retardo (ns), Lím. 50	[Par 12]	6
Resistencia (ohm.)		N/A
Atenuación (dB)	[Par 78]	10.4
Frecuencia (MHz)	[Par 78]	250.0
Límite (dB)	[Par 78]	36.0



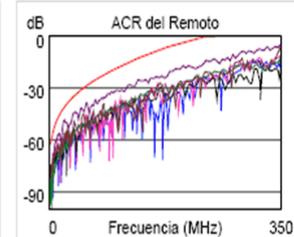
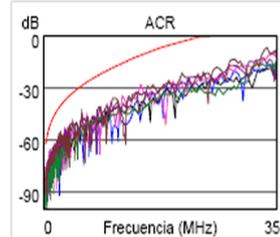
PASA	Margen de Peor Caso		Valor de Peor Valor	
	MAIN	SR	MAIN	SR
Peor Par	12-45	36-45	36-45	36-45
NEXT (dB)	8.2	2.6*	9.2	2.8
Frec. (MHz)	145.0	237.0	245.5	247.5
Límite (dB)	37.2	33.6	33.3	33.2
Peor Par	45	45	45	45
PSNEXT (dB)	9.4	5.0	10.6	5.1
Frec. (MHz)	146.0	239.0	245.0	247.5
Límite (dB)	34.3	30.5	30.2	30.2



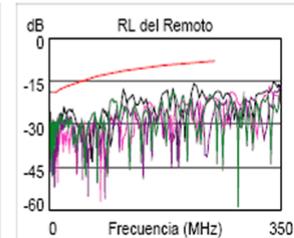
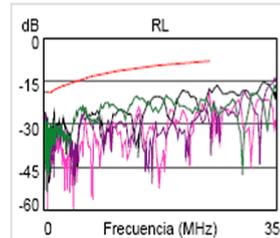
PASA	MAIN		SR	
	MAIN	SR	MAIN	SR
Peor Par	12-36	12-36	12-36	12-36
ELFEXT (dB)	13.4	14.7	13.4	14.7
Frec. (MHz)	247.5	247.5	247.5	247.5
Límite (dB)	15.4	15.4	15.4	15.4
Peor Par	36	36	36	36
PSELFEXT (dB)	14.3	14.4	15.0	16.8
Frec. (MHz)	1.2	4.8	250.0	249.5
Límite (dB)	58.7	46.7	12.3	12.3



PASA	MAIN		SR	
	MAIN	SR	MAIN	SR
Peor Par	12-45	36-45	36-45	36-45
ACR (dB)	12.7	7.2	21.7	15.4
Frec. (MHz)	3.6	23.2	245.5	248.0
Límite (dB)	60.1	40.9	-2.4	-2.7
Peor Par	45	45	36	36
PSACR (dB)	13.3	9.3	22.2	15.9
Frec. (MHz)	2.5	23.2	245.5	248.0
Límite (dB)	58.9	38.2	-5.3	-5.6



PASA	MAIN		SR	
	MAIN	SR	MAIN	SR
Peor Par	36	36	36	36
RL (dB)	8.2	6.1	9.2	7.2
Frec. (MHz)	15.4	112.5	250.0	220.5
Límite (dB)	18.0	11.5	8.0	8.6



Estándares de Red Compatibles:		
10BASE-T	100BASE-TX	100BASE-T4
1000BASE-T	ATM-25	ATM-51
ATM-155	100VG-AnyLan	TR-4
TR-16 Active	TR-16 Passive	

* El margen está dentro de los límites de exactitud del instrumento.

Figura. 5. 72. Certificación del enlace entre los dos laboratorios (Unión MDF con IDF)

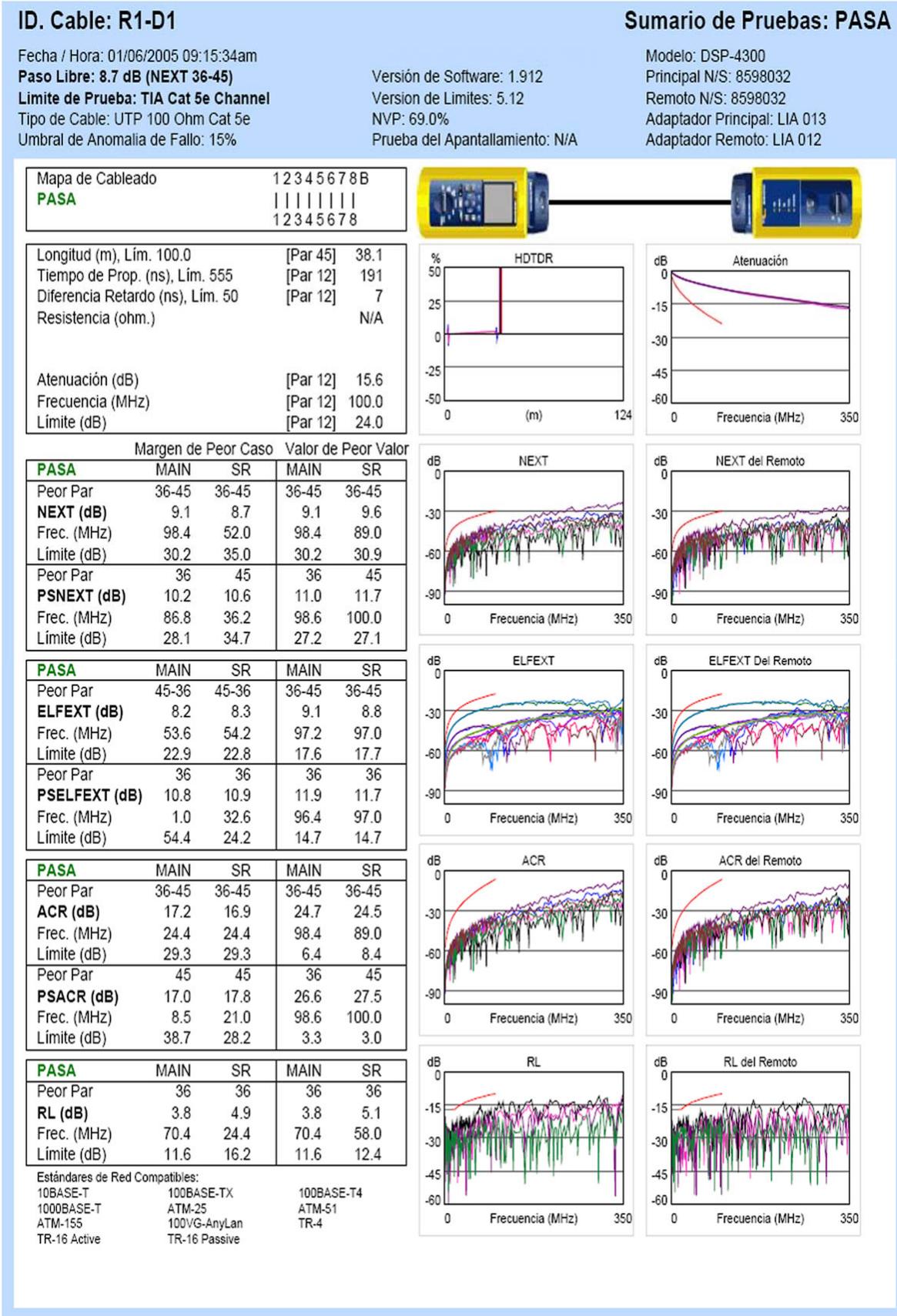


Figura. 5. 73. Certificación del enlace R1-D1.

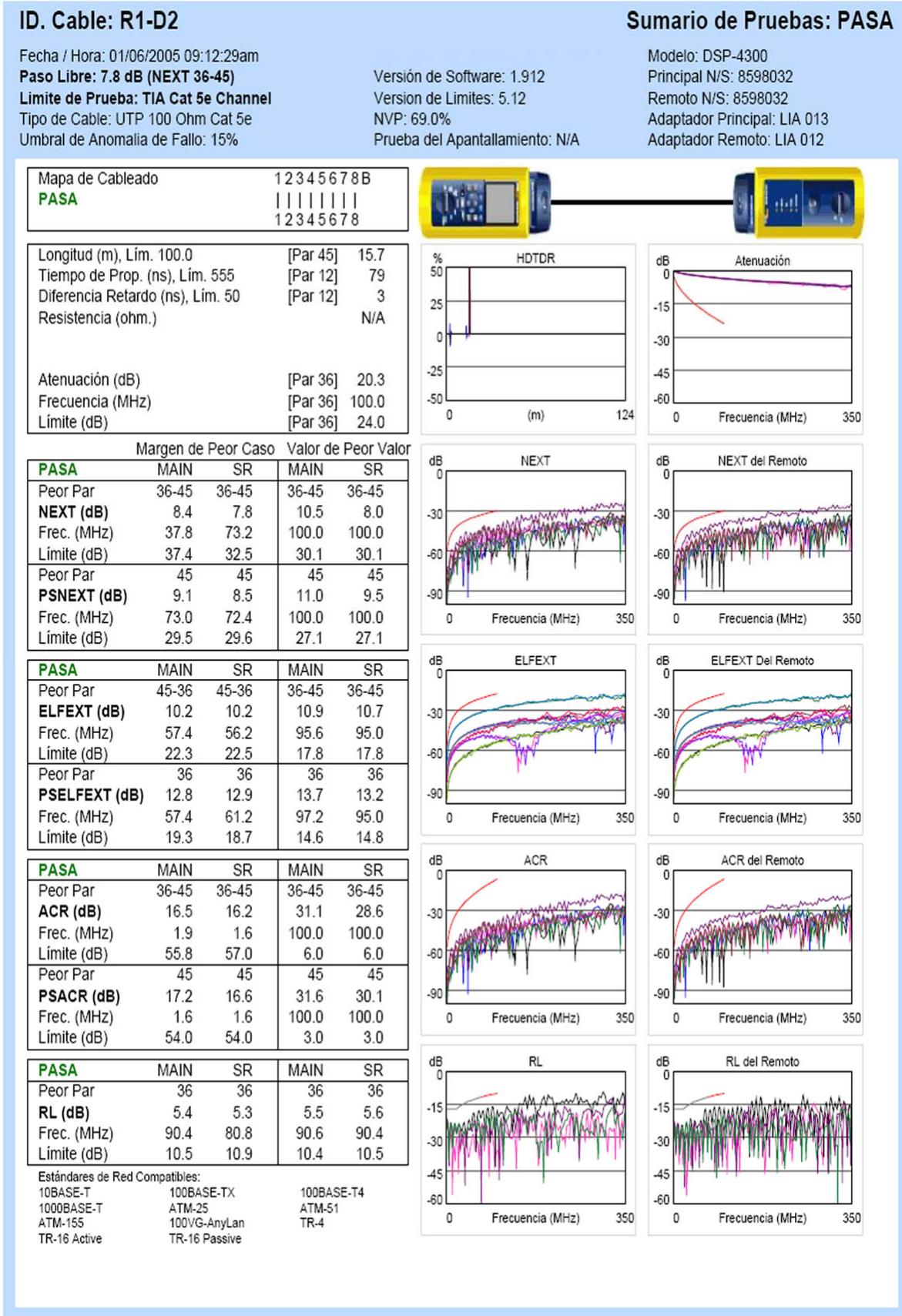


Figura. 5. 74. Certificación del enlace R1-D2.

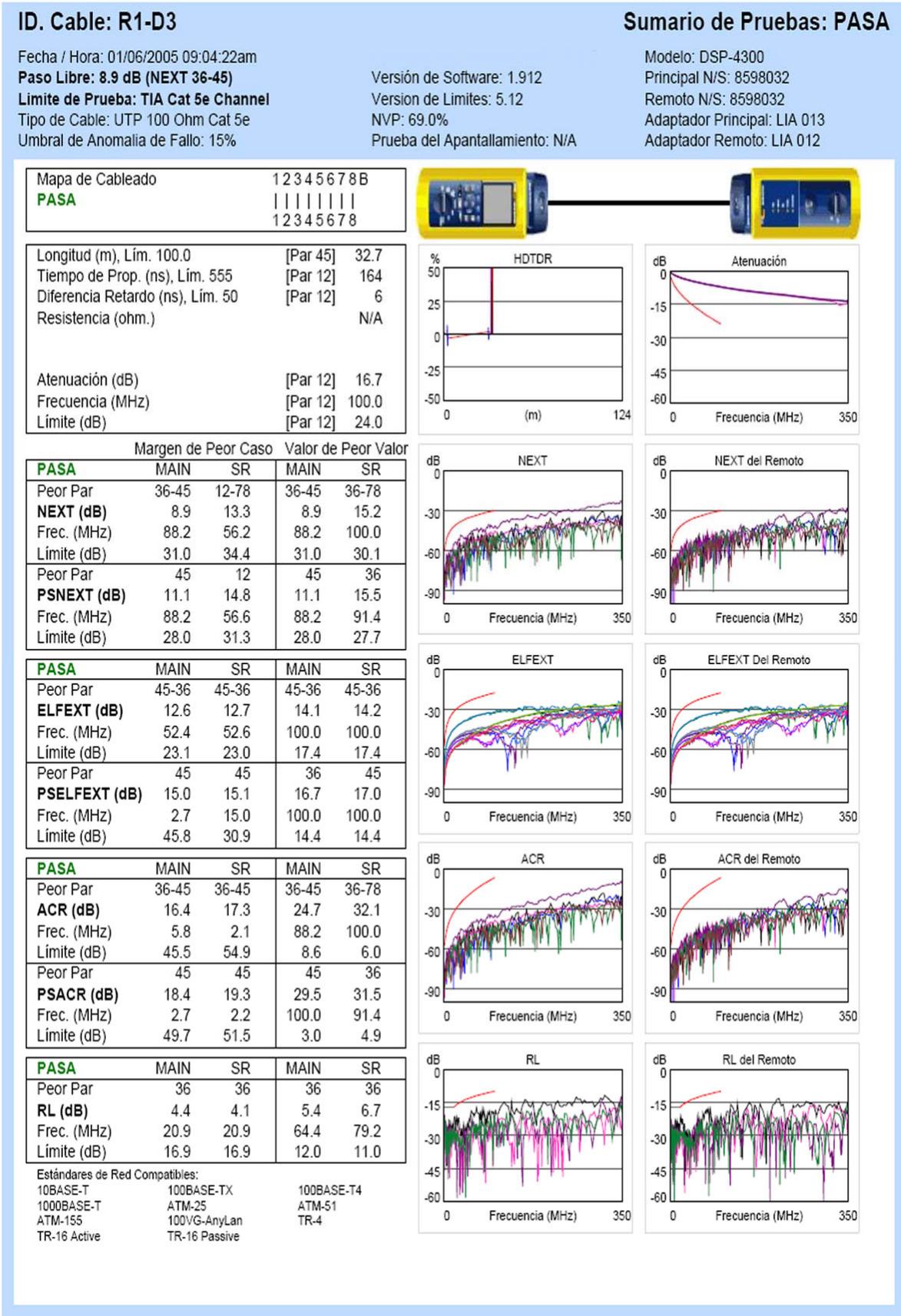


Figura. 5. 75. Certificación del enlace R1-D3

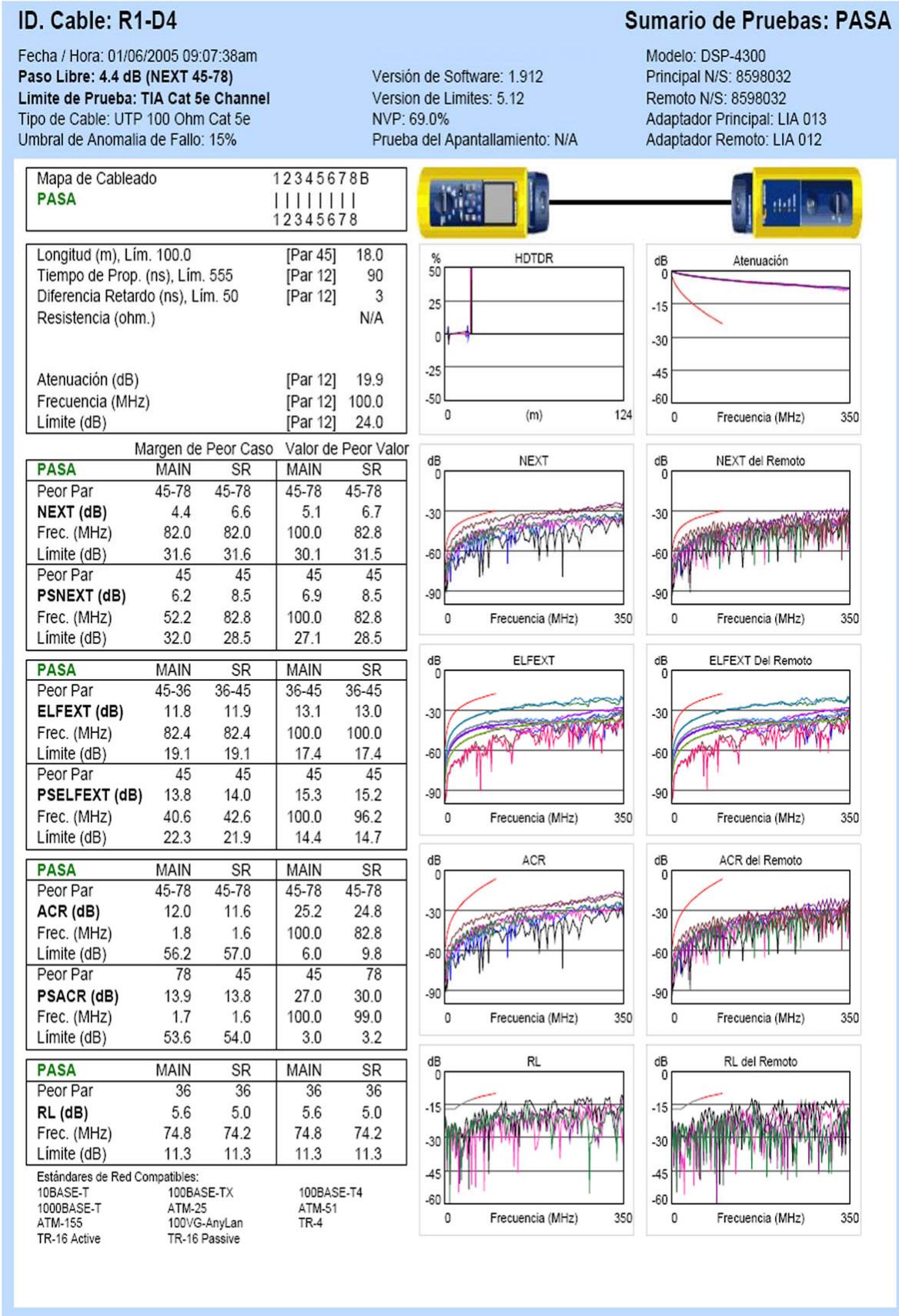


Figura. 5. 76. Certificación del enlace R1-D4.

ID. Cable: R1-D5

Sumario de Pruebas: PASA

Fecha / Hora: 01/04/2005 03:33:42pm

Paso Libre: 7.0 dB (NEXT 36-45)

Límite de Prueba: TIA Cat 5e Channel

Tipo de Cable: UTP 100 Ohm Cat 5e

Umbral de Anomalia de Fallo: 15%

Versión de Software: 1.912

Versión de Límites: 5.12

NVP: 69.0%

Prueba del Apantallamiento: N/A

Modelo: DSP-4300

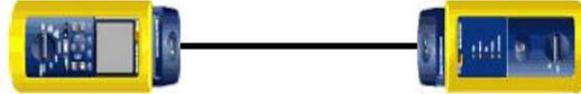
Principal N/S: 8598032

Remoto N/S: 8598032

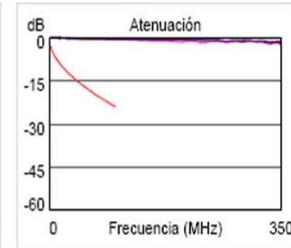
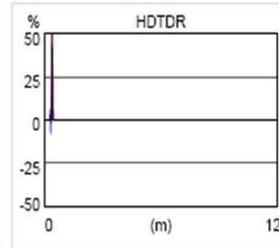
Adaptador Principal: LIA 013

Adaptador Remoto: LIA 012

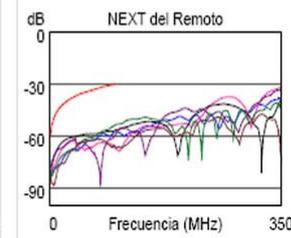
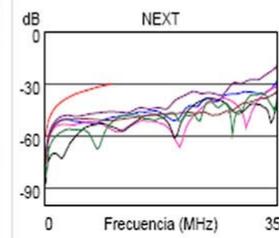
Mapa de Cableado	1 2 3 4 5 6 7 8 B
PASA	
	1 2 3 4 5 6 7 8



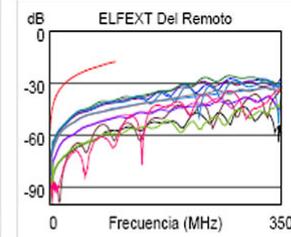
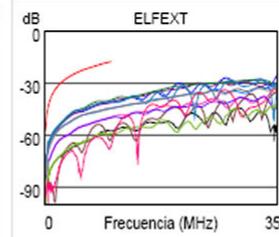
Longitud (m), Lím. 100.0	[Par 12]	3.1
Tiempo de Prop. (ns), Lím. 555	[Par 36]	16
Diferencia Retardo (ns), Lím. 50	[Par 36]	1
Resistencia (ohm.)		N/A
Atenuación (dB)	[Par 12]	23.4
Frecuencia (MHz)	[Par 12]	100.0
Límite (dB)	[Par 12]	24.0



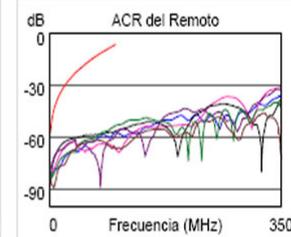
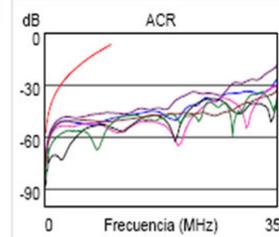
PASA	Margen de Peor Caso		Valor de Peor Valor	
	MAIN	SR	MAIN	SR
Peor Par	36-45	36-45	36-45	36-78
NEXT (dB)	7.0	18.1	15.8	23.6
Frec. (MHz)	4.8	1.2	99.6	100.0
Límite (dB)	52.3	60.0	30.1	30.1
Peor Par	45	36	36	36
PSNEXT (dB)	7.1	18.6	16.7	24.3
Frec. (MHz)	4.8	1.6	100.0	100.0
Límite (dB)	49.3	57.0	27.1	27.1



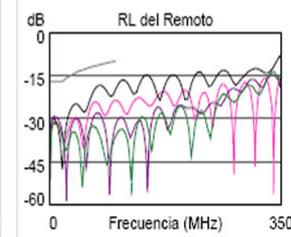
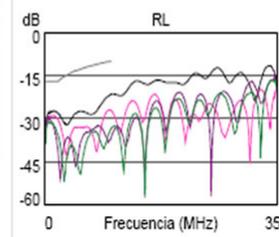
PASA	MAIN		SR	
	MAIN	SR	MAIN	SR
Peor Par	36-45	36-45	36-45	36-45
ELFEXT (dB)	19.3	19.3	22.3	22.3
Frec. (MHz)	4.8	4.8	100.0	100.0
Límite (dB)	43.8	43.8	17.4	17.4
Peor Par	45	36	36	36
PSSELFEXT (dB)	21.0	19.9	23.4	22.7
Frec. (MHz)	4.8	4.8	100.0	100.0
Límite (dB)	40.8	40.8	14.4	14.4



PASA	MAIN		SR	
	MAIN	SR	MAIN	SR
Peor Par	36-45	36-45	36-45	36-78
ACR (dB)	11.9	21.1	39.3	47.2
Frec. (MHz)	4.8	1.2	99.6	100.0
Límite (dB)	47.4	57.0	6.1	6.0
Peor Par	45	36	36	36
PSACR (dB)	12.0	21.6	40.3	47.9
Frec. (MHz)	4.8	1.6	100.0	100.0
Límite (dB)	44.4	54.0	3.0	3.0



PASA	MAIN		SR	
	MAIN	SR	MAIN	SR
Peor Par	36	36	36	36
RL (dB)	21.5	19.8	21.5	19.8
Frec. (MHz)	100.0	100.0	100.0	100.0
Límite (dB)	0.0	0.0	0.0	0.0



Estándares de Red Compatibles:		
10BASE-T	100BASE-TX	100BASE-T4
1000BASE-T	ATM-25	ATM-51
ATM-155	100VG-AnyLan	TR-4
TR-16 Active	TR-16 Passive	

Figura. 5. 77. Certificación del enlace R1-D5.

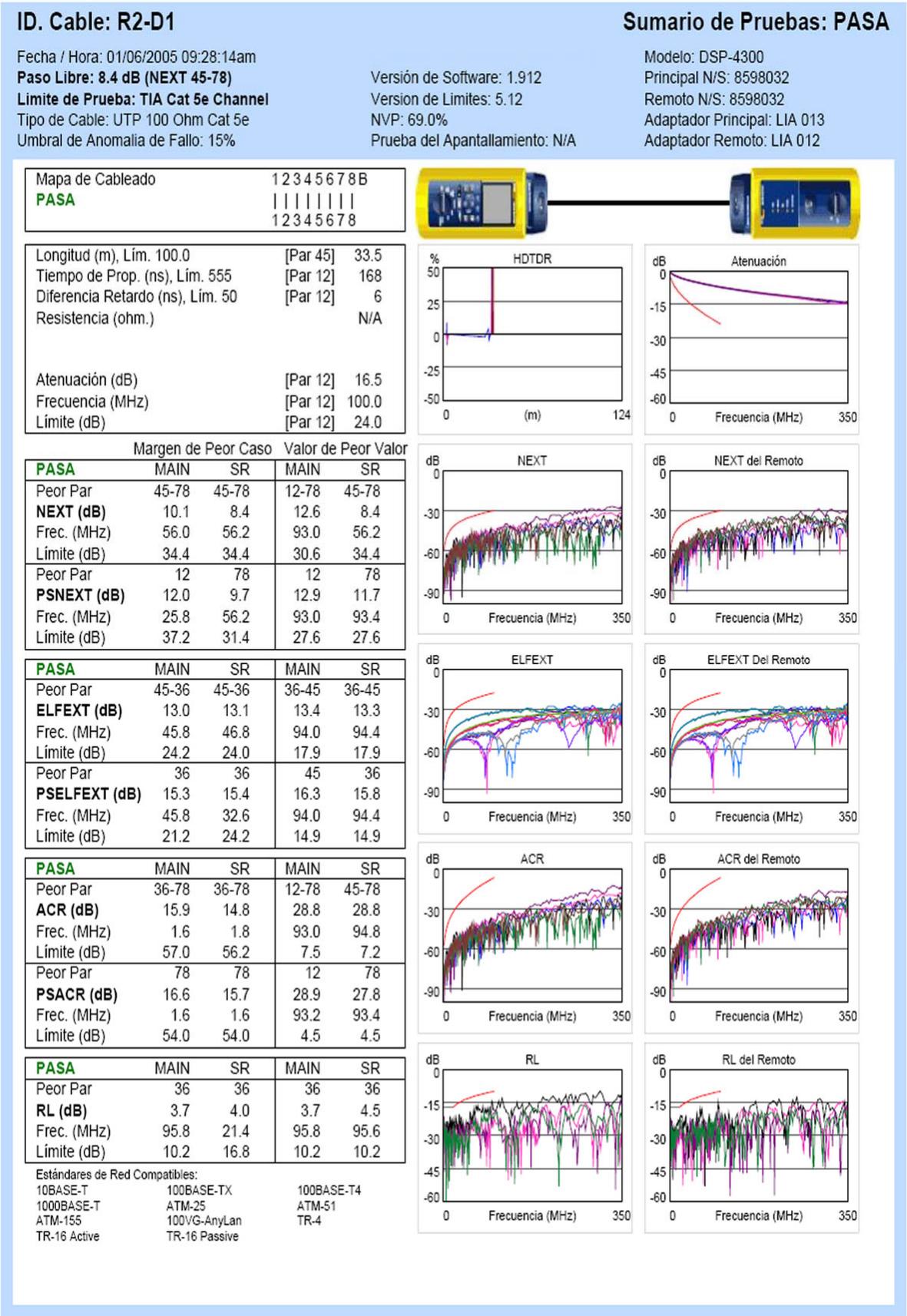


Figura. 5. 78. Certificación del enlace R2-D1.

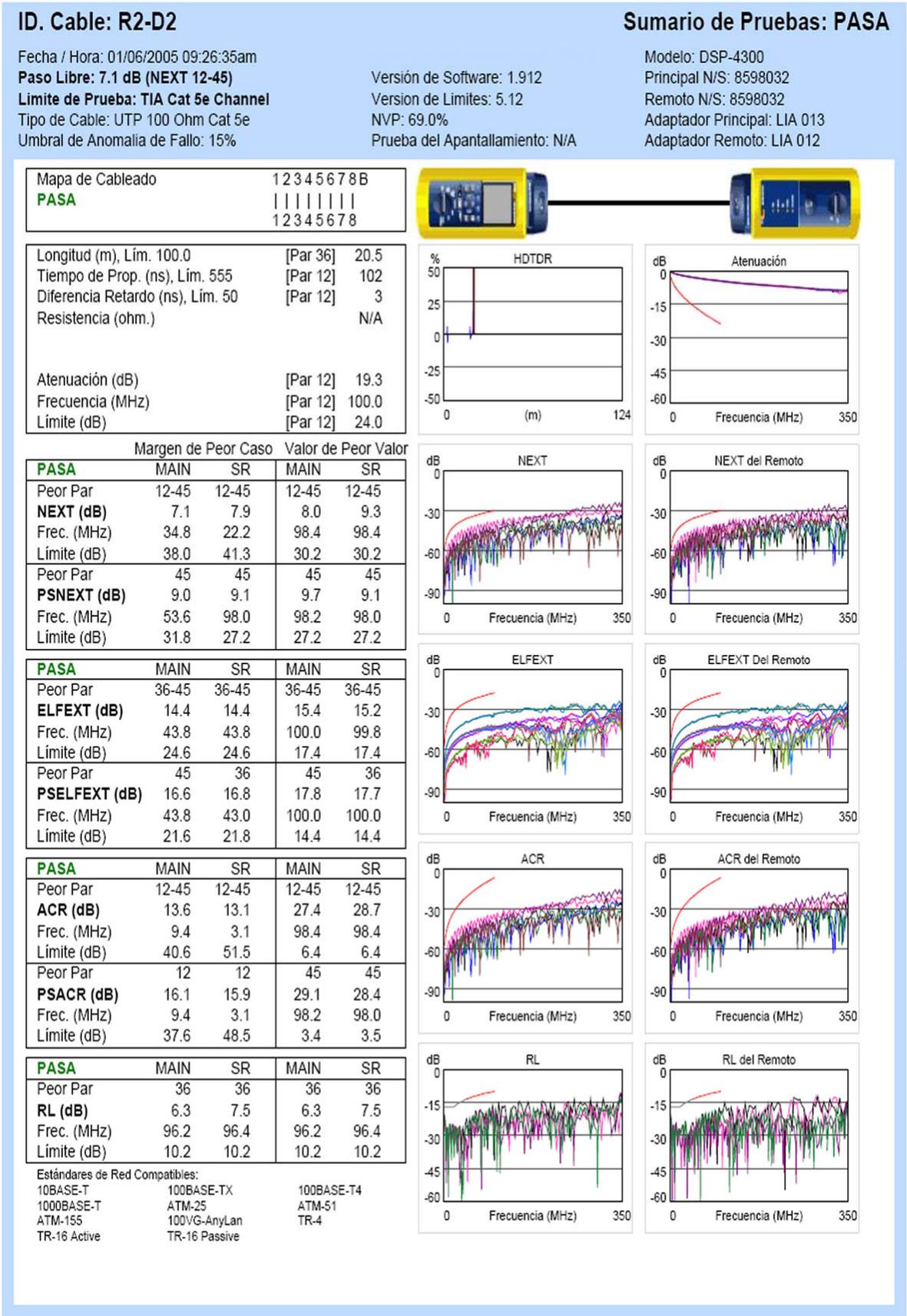


Figura. 5. 79. Certificación del enlace R2-D2

ID. Cable: R2-D3

Sumario de Pruebas: PASA

Fecha / Hora: 01/06/2005 09:34:54am

Paso Libre: 8.3 dB (NEXT 12-78)

Límite de Prueba: TIA Cat 5e Channel

Tipo de Cable: UTP 100 Ohm Cat 5e

Umbral de Anomalia de Fallo: 15%

Versión de Software: 1.912

Versión de Límites: 5.12

NVP: 69.0%

Prueba del Apantallamiento: N/A

Modelo: DSP-4300

Principal N/S: 8598032

Remoto N/S: 8598032

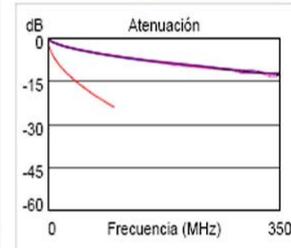
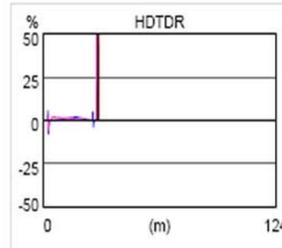
Adaptador Principal: LIA 013

Adaptador Remoto: LIA 012

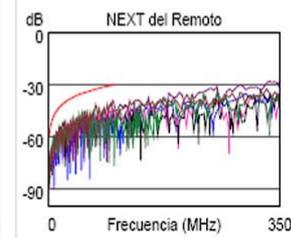
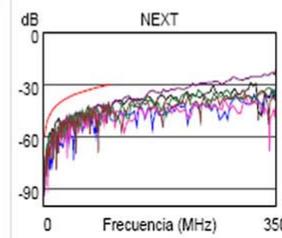
Mapa de Cableado	1 2 3 4 5 6 7 8 B
PASA	
	1 2 3 4 5 6 7 8



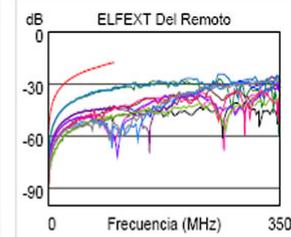
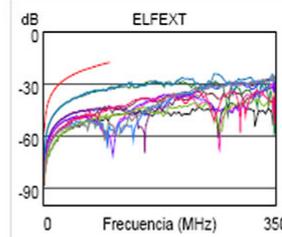
Longitud (m), Lím. 100.0	[Par 45]	28.3
Tiempo de Prop. (ns), Lím. 555	[Par 12]	142
Diferencia Retardo (ns), Lím. 50	[Par 12]	5
Resistencia (ohm.)		N/A
Atenuación (dB)	[Par 12]	17.6
Frecuencia (MHz)	[Par 12]	100.0
Límite (dB)	[Par 12]	24.0



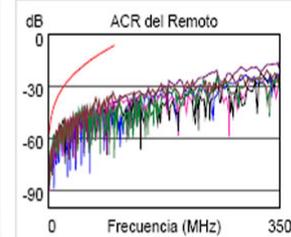
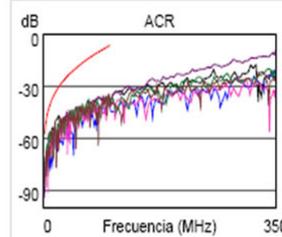
PASA	Margen de Peor Caso		Valor de Peor Valor	
	MAIN	SR	MAIN	SR
Peor Par	12-78	45-78	45-78	45-78
NEXT (dB)	8.3	8.7	10.0	8.7
Frec. (MHz)	22.5	98.2	98.4	98.2
Límite (dB)	41.2	30.2	30.2	30.2
Peor Par	78	45	78	45
PSNEXT (dB)	9.5	10.2	10.0	10.2
Frec. (MHz)	68.0	98.2	97.8	98.2
Límite (dB)	30.0	27.2	27.2	27.2



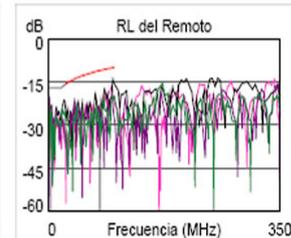
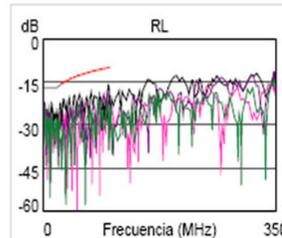
PASA	MAIN		SR	
	MAIN	SR	MAIN	SR
Peor Par	45-36	45-36	36-45	36-45
ELFEXT (dB)	13.3	13.3	14.6	14.4
Frec. (MHz)	65.8	65.8	100.0	100.0
Límite (dB)	21.0	21.0	17.4	17.4
Peor Par	36	36	36	36
PSSELFEXT (dB)	15.7	15.8	17.0	16.8
Frec. (MHz)	65.8	34.0	98.6	100.0
Límite (dB)	18.0	23.8	14.5	14.4



PASA	MAIN		SR	
	MAIN	SR	MAIN	SR
Peor Par	12-78	12-78	45-78	45-78
ACR (dB)	15.0	16.3	27.6	26.4
Frec. (MHz)	8.6	8.6	98.4	98.4
Límite (dB)	41.6	41.6	6.4	6.4
Peor Par	78	78	78	45
PSACR (dB)	15.4	16.1	27.6	27.9
Frec. (MHz)	8.6	8.6	97.8	98.2
Límite (dB)	38.6	38.6	3.5	3.4



PASA	MAIN		SR	
	MAIN	SR	MAIN	SR
Peor Par	36	36	36	36
RL (dB)	5.3	3.8	5.6	3.8
Frec. (MHz)	30.1	98.2	98.0	98.2
Límite (dB)	15.3	10.1	10.1	10.1



Estándares de Red Compatibles:		
10BASE-T	100BASE-TX	100BASE-T4
1000BASE-T	ATM-25	ATM-51
ATM-155	100VG-AnyLan	TR-4
TR-16 Active	TR-16 Passive	

Figura. 5. 80. Certificación del enlace R2-D3.

ID. Cable: R2-D4

Sumario de Pruebas: PASA

Fecha / Hora: 01/06/2005 09:31:38am

Paso Libre: 8.9 dB (NEXT 36-45)

Límite de Prueba: TIA Cat 5e Channel

Tipo de Cable: UTP 100 Ohm Cat 5e

Umbral de Anomalia de Fallo: 15%

Versión de Software: 1.912

Versión de Límites: 5.12

NVP: 69.0%

Prueba del Apantallamiento: N/A

Modelo: DSP-4300

Principal N/S: 8598032

Remoto N/S: 8598032

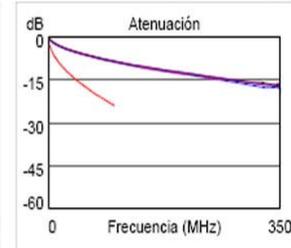
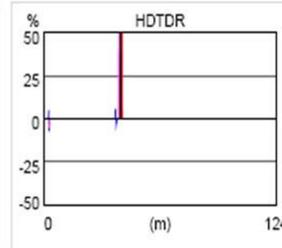
Adaptador Principal: LIA 013

Adaptador Remoto: LIA 012

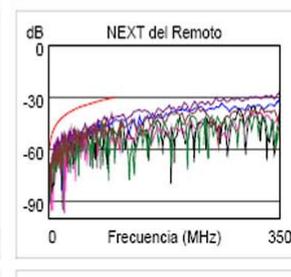
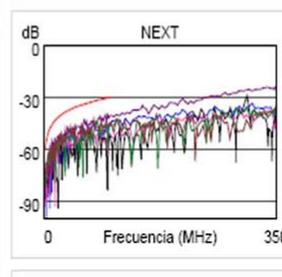
Mapa de Cableado	1 2 3 4 5 6 7 8 B
PASA	
	1 2 3 4 5 6 7 8



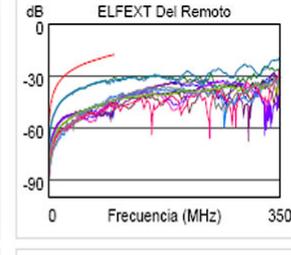
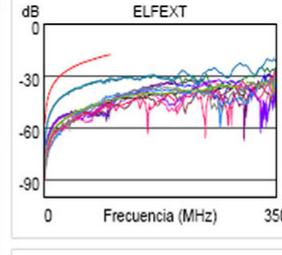
Longitud (m), Lim. 100.0	[Par 45]	39.9
Tiempo de Prop. (ns), Lim. 555	[Par 12]	201
Diferencia Retardo (ns), Lim. 50	[Par 12]	8
Resistencia (ohm.)		N/A
Atenuación (dB)	[Par 12]	15.1
Frecuencia (MHz)	[Par 12]	100.0
Límite (dB)	[Par 12]	24.0



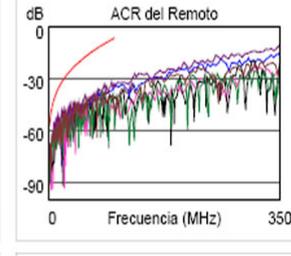
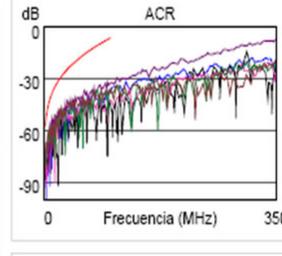
PASA	Margen de Peor Caso		Valor de Peor Valor	
	MAIN	SR	MAIN	SR
Peor Par	36-45	36-45	36-45	36-45
NEXT (dB)	8.9	9.0	9.2	9.1
Frec. (MHz)	84.2	14.5	92.4	95.6
Límite (dB)	31.3	44.4	30.7	30.4
Peor Par	36	36	36	36
PSNEXT (dB)	10.4	10.4	11.3	10.7
Frec. (MHz)	75.2	83.6	98.6	95.6
Límite (dB)	29.3	28.4	27.2	27.4



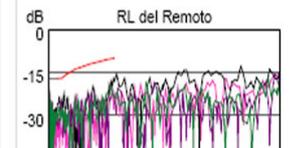
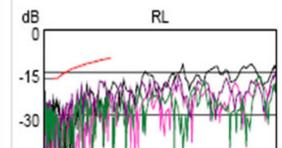
PASA	MAIN		SR	
	MAIN	SR	MAIN	SR
Peor Par	36-45	36-45	36-45	36-45
ELFEXT (dB)	12.7	12.7	13.5	13.3
Frec. (MHz)	38.8	39.2	100.0	100.0
Límite (dB)	25.7	25.6	17.4	17.4
Peor Par	36	36	45	36
PSSELFEXT (dB)	15.2	15.2	16.2	16.1
Frec. (MHz)	16.5	4.6	100.0	100.0
Límite (dB)	30.1	41.2	14.4	14.4



PASA	MAIN		SR	
	MAIN	SR	MAIN	SR
Peor Par	36-45	36-45	36-45	36-45
ACR (dB)	14.7	13.3	24.8	24.1
Frec. (MHz)	2.5	8.5	95.8	95.6
Límite (dB)	53.4	41.7	6.9	7.0
Peor Par	45	45	36	36
PSACR (dB)	14.5	14.5	26.5	25.5
Frec. (MHz)	2.5	2.7	98.6	95.6
Límite (dB)	50.4	49.7	3.3	4.0



PASA	MAIN		SR	
	MAIN	SR	MAIN	SR
Peor Par	45	36	45	36
RL (dB)	7.0	5.9	7.0	6.6
Frec. (MHz)	84.6	23.3	84.6	97.6
Límite (dB)	10.7	16.4	10.7	10.1



Estándares de Red Compatibles:		
10BASE-T	100BASE-TX	100BASE-T4
1000BASE-T	ATM-25	ATM-51
ATM-155	100VG-AnyLan	TR-4
TR-16 Active	TR-16 Passive	

Figura. 5. 81. Certificación del enlace R2-D4.

Los resultados de las pruebas de operación de la nueva infraestructura instalada son ampliamente positivos, cumplen las certificaciones establecidas para cableado estructurado. En el caso de la WirelessLAN, según la Figura 2.31 del Capítulo II, estamos asegurando las tasas de transmisión igual o mayores a 24 [Mbps], con lo que la red inalámbrica es óptima y eficiente. Su cobertura fue probada con una PDA en toda el área prevista.

De esta manera se finaliza la implantación del presente proyecto. Se ha montado la Intranet, dejándola completamente operativa en los laboratorios del Instituto Ecuatoriano de Normalización, con lo que actualmente la entidad goza ya de los beneficios que proporciona esta nueva infraestructura tecnológica, y que han sido detallados en varias secciones del presente documento.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- ✚ Al finalizar el presente trabajo es posible afirmar que se ha analizado, diseñado y desarrollado una moderna y funcional infraestructura de comunicaciones en el Centro de Apoyo Tecnológico a la Industria del INEN, donde la solución integral implantada es fiel ciento por ciento al diseño y planificación realizados en este documento. El producto resultante se encuentra funcionando y cumpliendo a cabalidad las expectativas previas que el INEN tenía acerca del proyecto. Su operación demuestra plena concordancia con las predicciones elaboradas en la etapa de planificación del mismo, avalizando de esta manera los procedimientos, criterios técnicos y en general, el trabajo en su conjunto.
- ✚ En el análisis de una red de comunicaciones y datos suele ser frecuente estudiar el sistema global a través de su desglose en las siete capas del modelo referencial OSI, donde cada una de estas capas es abordada con detalle pero también con independencia de las demás. El proyecto de la nueva Intranet del CATI ha sido iniciado por los autores de este trabajo desde su concepción misma, hasta su puesta en marcha, con éxito. El desarrollo y ejecución del mismo nos permite concluir que en la práctica, el procedimiento de planificación y diseño de un proyecto de este tipo no puede realizarse de la misma forma en que se analiza una red de datos, es decir tratando con independencia cada una de las capas del modelo OSI. Un caso real, como el presente, demuestra que tales capas se interrelacionan de tal manera que no es posible concentrar la atención sobre una sola de ellas, separándola de las

demás. Por tanto, para aplicar la teoría que el modelo referencial OSI representa, éste debe ser utilizado tal como su nombre corrobora: apenas como una referencia que indique el orden en el procedimiento de diseño.

- ✚ El estándar IEEE 802.11g es el preferido por estos días para implantar redes tipo WirelessLAN, con tecnología WI-FI. Ha desplazado ya al conocido 802.11b, aunque convivirán por un buen tiempo todavía. Si observamos la tendencia mundial, notaremos que el 802.11g tampoco durará mucho tiempo, porque la evolución e innovación en tecnologías inalámbricas mantiene un progreso vertiginoso. La misma banda ISM en 2.4 GHz puede ser reemplazada en mediano plazo por nuevos estándares sostenidos por los grandes fabricantes y desarrolladores de tecnología, que le han dado preferencia a bandas por los 5 GHz. Tal es el caso del nuevo estándar 802.11n para WirelessLAN, donde se aumenta aún más la velocidad de transmisión, se mejora el alcance con tecnologías como MIMO, y el desarrollo en 5 GHz es impulsado por gigantes como Intel, Sony, Toshiba, Cisco, entre otros.

- ✚ La tecnología de redes inalámbricas WI-FI se encuentra ampliamente difundida en el mundo, ha obtenido madurez y sigue en evolución y crecimiento. Las promesas que WI-FI hacía hace pocos años, son ahora realidades. Como ejemplo, el presente proyecto aprovecha los beneficios únicos de esta tecnología para solucionar necesidades específicas como la movilidad, imposible de atender de otra manera. Con seguridad, cada día serán mayores las utilidades y nuevas aplicaciones que se den a las WirelessLAN, lo que impulsará aún más su desarrollo y proliferación. La evolución de WI-FI es otro hecho concreto: hace pocos años se la vislumbró como otro agente de convergencia de tecnologías, y así está sucediendo, pero WI-FI se encamina de una manera más ambiciosa hacia una nueva tecnología totalmente revolucionaria: WI-MAX. Se trata de redes de comunicaciones equivalentes a las WirelessLAN, pero de área metropolitana, con una cobertura comparable a las redes celulares, aunque con un ancho de banda y velocidades de transmisión muy superiores. WI-MAX sigue en desarrollo pero ya está presente, y sus primeros

productos están en el mercado, mostrando nuevas aplicaciones y posibilidades impensables aún.

- ✚ El modelo de predicción de propagación de ondas Dominant Path (DP) o de trayectorias dominantes, es el más reciente, efectivo y exacto de los modelos disponibles. Su desempeño superior se debe a que aprovecha las mejores ventajas de sus equivalentes, tanto empíricos como determinísticos (por lo que se le ha considerado un modelo mixto, híbrido o intermedio), e incorpora otros beneficios adicionales, como la menor complejidad de cálculo, menor tiempo de cómputo, y sobre todo el hecho de que es tolerante a un grado de inexactitud en el modelo matemático del edificio, campus, ciudad o terreno donde se estudia la propagación de ondas. Ese grado de tolerancia permite al modelo DP seguir manteniéndose exacto en una predicción, a pesar de los errores e imprecisiones normales en la elaboración de un modelo matemático o Database. La precisión y exactitud del modelo DP han sido comprobadas a través de múltiples campañas de medición ejecutadas por importantes instituciones, con el objetivo de comparar sus predicciones con información obtenida experimentalmente.

- ✚ Una desventaja del modelo de predicción DP frente a los empíricos es que se basa en estructuras de redes neuronales para la determinación de las trayectorias dominantes, por lo que su cálculo manual se ve ampliamente dificultado, obligando prácticamente a su utilización mediante herramientas de software (WinProp en el caso del presente proyecto). Por tanto, si se desea realizar un estudio de propagación de ondas utilizando el modelo de predicción DP, será necesario desarrollar el software que permita su aplicación, o bien se deberá adquirir o conseguir software previamente desarrollado para ese modelo y que esté disponible en el mercado. Lo anterior involucrará una licencia, un permiso y probablemente un costo.

- ✚ La suite de software WinProp y su modelo de predicción DP son herramientas modernas, novedosas, efectivas y sobre todo prácticas, que permiten ejecutar una

verdadera planificación y diseño de redes inalámbricas de comunicaciones, sean celulares, WI-FI y WirelessLAN en general. El desarrollo y culminación del presente proyecto suponen un aporte a las telecomunicaciones en nuestra Patria, mediante la información y facilitación permanentes de tales herramientas, de manera que su aplicación estimule el verdadero análisis, planificación y diseño profesional de infraestructuras de comunicaciones inalámbricas, tan en boga en estos tiempos, y que signifique también un avance de nuestro medio hacia la Ingeniería del primer mundo.

- ✚ Se ha diseñado una WirelessLAN con tecnología WI-FI a través de un método de planificación consistente en predecir el desempeño y cobertura de la red, mediante el análisis de propagación de ondas electromagnéticas dentro del área de interés. Las predicciones obtenidas permiten realizar cambios, modificaciones y ajustes a las ideas y diseños preliminares, para perfeccionarlos, hasta que las predicciones finales indiquen un desempeño a conformidad con los requerimientos. Este método de planificación de redes inalámbricas permite optimizar el diseño, para sacarle el mayor rendimiento técnico a la menor inversión económica.

- ✚ Se ha planificado el sistema informático que estará disponible en la Intranet del CATI para automatizar sus procedimientos operativos, de manera que sea accesible a través de computadores y dispositivos portátiles como Laptops y PDA, utilizando la conectividad inalámbrica provista por la red WI-FI. Lo anterior ha sido posible gracias a la posibilidad de integración de una base de datos con un programa de navegación de Internet o browser, a través de interfases PHP. El acceso remoto a una base de datos a través de ambientes web es una solución muy frecuente, a nivel corporativo, para transacciones y operaciones en el Internet, y su adaptación al caso del INEN es una aplicación también novedosa y de excelente funcionalidad.

- ✚ La solución integral al problema de eficiencia del INEN implicó la ejecución de un proyecto que incorpore tecnología de apoyo, tanto en Telecomunicaciones como en Sistemas e Informática. Estas dos ramas han demostrado más que nunca ser

absolutamente complementarias, por lo que los profesionales de una especialidad debemos necesariamente incursionar en la otra, de manera que se enriquezca nuestro criterio técnico y visión global acerca de un proyecto.

- ✚ La Intranet implantada en los laboratorios del INEN constituyen una verdadera solución que beneficia a la entidad, y fue ejecutada con un presupuesto realmente bajo. La conclusión que se despliega de ese hecho es que, en el ejercicio de la profesión en Telecomunicaciones y probablemente en otras donde existe la responsabilidad de desarrollar e implantar proyectos, no debe descuidarse más la observación de un parámetro fundamental: el dinero. Aunque el ingeniero ejecute siempre cualquier trabajo tomando en cuenta el concepto de optimización, en muchas situaciones reales esto no será suficiente, debido al factor financiero. Es necesario entonces apelar al ingenio, a la creatividad y la experiencia para desarrollar la capacidad de resolver problemas y adaptarse a las situaciones, de manera que un proyecto no falle en su factibilidad porque sencillamente no se ajustó a las condiciones económicas. Quien recurre al ingeniero, porque tiene una necesidad, espera soluciones.

6.2 RECOMENDACIONES

- ✚ Para los computadores y terminales en general que pertenecen a la Intranet, se recomienda ampliamente mantenerlos actualizados en cuanto a las versiones de su sistema operativo. Como todos esos equipos utilizan Windows, deberían actualizarse a la última versión que es el Service Packet 2 (Windows SP2). En ese paquete de servicios se incorporan las herramientas necesarias para el reconocimiento de la encriptación usada por WPA y el estándar de seguridad 802.1X. Con todos los usuarios de la red usando Windows SP2, será posible activar un mayor nivel de seguridad en la WirelessLAN, reemplazando el actual sistema WEP por el citado WPA. Los Access Points y los adaptadores de acceso inalámbrico a la red con que ya cuenta el INEN soportan ambos niveles de seguridad.

- ✚ Los equipos PDA, que el INEN está por adquirir, deberán ser de tipo Pocket PC. Estos terminales portátiles tienen incorporado el adaptador de redes WI-FI, o tarjeta inalámbrica. También cuentan con sistema operativo Windows Mobile II para Pocket PC, y deberá procurarse que sea de última versión. Por indicar un ejemplo, la nueva línea de Hewlett – Packard, las hx - 2750, dispone de este sistema operativo, que es 100% compatible con el nivel de seguridad inalámbrica 802.1X y WPA.

- ✚ Todos los equipos WI-FI instalados para la WirelessLAN del CATI poseen al momento drivers y firmware original de fábrica, es decir el que viene preinstalado en el equipo, en su empaque original. Todo software, a todo nivel presenta algún grado de errores, y su fabricante suele corregirlos luego de un corto tiempo. En el caso de la marca D-Link, fabricante de los equipos seleccionados, pone a disposición de sus clientes en todo el mundo las actualizaciones mejoradas y corregidas de sus drivers y firmware, que pueden ser descargadas desde el sitio web de la empresa. Por tanto, se recomienda a los responsables del mantenimiento de la Intranet revisar en pocos meses el sitio web de D-Link para obtener esas actualizaciones y mejorar el desempeño de los equipos. Las descargas son gratuitas, como valor agregado de la marca a sus clientes.

- ✚ Es imperiosa la necesidad de instalación de software antivirus en todos los computadores del CATI. Como antes no había existido red alguna, tampoco existió un encargado de sistemas o mantenimiento, por lo que solo algunos computadores cuentan con antivirus, y no necesariamente actualizado. Ahora, con la nueva infraestructura aparecen nuevas necesidades, y recomendamos que el INEN revise este punto, porque la red permite el inicio de un intercambio de archivos que exige esos mínimos parámetros de seguridad.

- ✚ Existen proyectos para levantar más edificaciones en las proximidades de los edificios que actualmente ya existen en el CATI. Si se requiere ampliar la red o el número de Access Points en un futuro, solamente deberán cambiarse el o los

switches Giga Ethernet ubicados en el MDF y el IDF, de manera que se dispongan de más puertos para extender la red. Su capacidad actual soporta incremento en el tráfico.

- ✚ Cuando llegue el momento de poner en marcha el sistema informático para automatización de los procesos del CATI, el software y la base de datos deberán ser implantados sobre un servidor de aplicaciones, que será integrado a la Intranet. Se recomienda utilizar para este servidor de comunicaciones un hardware robusto, con arquitectura propia para servidores de red, y sistema de respaldo de información o back up, debido a la importancia de brindar todas las seguridades a la base de datos que se albergue en esa máquina.

- ✚ Actualmente la Intranet del CATI ya recibe servicio de Internet mediante un radioenlace alquilado, que une la red del CATI con la Intranet del edificio matriz del INEN, en el sector de La Mariscal en Quito. Por motivos económicos, la capacidad contratada de ese enlace es de 128 Kbps. En corto plazo la Intranet del CATI contará con 55 usuarios aproximadamente, por lo que la actual capacidad del enlace WAN para Internet no podrá brindar un servicio razonable. Es importante que el INEN aumente el ancho de banda contratado para sus laboratorios, y que esté pendiente de nuevas posibilidades de establecer el enlace WAN entre el edificio administrativo y los laboratorios, mediante la nueva infraestructura que se encuentran instalando en el Valle de Los Chillos empresas carrier como Ecutel. Seguramente se podrá reducir el costo del enlace y aumentar la capacidad del mismo. Como dato referencial, la mayoría de negocios tipo “Café Net” o “Cybercafés”, en promedio poseen entre 12 y 24 computadores, y su enlace de Internet suele ser un servicio asimétrico de 256 Kbps para el enlace de bajada, y 128 Kbps para el de subida, de modo que ese enlace produce moderada satisfacción en los clientes, en cuanto a la velocidad de navegación. De seguir esta referencia, para la Intranet del CATI, paulatinamente deberá incrementarse la capacidad de su enlace de Internet a 256 y finalmente 512 Kbps, para que los 55 usuarios experimenten una velocidad de navegación similar a la que ofrecen los negocios mencionados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IEEE Wireless Communications, Volumen 11 No. 2, Edición ISSN 1536-1284/ IEEE 2004, Editorial Scanning the Literature Songwu Lu, UCLA, USA, Michele Zorzi Editor-in-Chief, Universita Degli Sudi di Ferrara, Italy, New York-USA Abril de 2004, PG 32-39.

IEEE Wireless Communications, Volumen 11 No. 3, Edición ISSN 1536-1284/ IEEE 2004, Editorial Scanning the Literature Songwu Lu, UCLA, USA, Michele Zorzi Editor-in-Chief, Universita Degli Sudi di Ferrara, Italy, New York-USA Junio de 2004, PG 16-23, 72-79.

IEEE Wireless Communications, Volumen 11 No. 4, Edición ISSN 1536-1284/ IEEE 2004, Editorial Scanning the Literature Songwu Lu, UCLA, USA, Michele Zorzi Editor-in-Chief, Universita di Padova, Italy, New York-USA Agosto de 2004, PG 6-14, 66-75.

IEEE Wireless Communications, Volumen 11 No. 6, Edición ISSN 1536-1284/ IEEE 2004, Editorial Scanning the Literature Songwu Lu, UCLA, USA, Michele Zorzi Editor-in-Chief, Universita di Padova, Italy, New York-USA Diciembre de 2004, PG 38-43.

IEEE Wireless Communications, Volumen 12 No. 1, Edición ISSN 1536-1284/ IEEE 2005, Editorial Scanning the Literature Songwu Lu, UCLA, USA, Michele Zorzi Editor-in-Chief, Universita di Padova, Italy, New York-USA febrero de 2005, PG 12-36.

DOMINANT PATHS FOR THE FIELD STRNGTH PREDICTION, G. Wölfle, FM. Landstorfer, Institut für Hochfrequenztechnik, University of Stuttgart, Stuttgart-Germany. woelfle@ihf.uni-stuttgart.de

Dominant Path Prediction Model for Indoor and Urban Scenarios, Gerd Wölfle 1), René Wahl 1), Pascal Wildbolz 1), Philipp Wertz 2)1), AWE Communications GmbH, Otto-Lilienthal-Str. 36, 71034 Boeblingen, Germany, www.awe-communications.com 2) Institut für Hochfrequenztechnik, University of Stuttgart, Pfaffenwaldring 47, 70569 Stuttgart, Germany.

Propagation Model Development & Comparisons, Paul M. McKenna e-mail pmckenna@its.bldrdoc.gov.

<http://www.ieee.org>, *Estándares IEEE 802.11*.

<http://www.ihf.uni-stuttgart.de>, *Dominant Paths*.

<http://www.awe-communications.com>, *SHORT GUIDE FOR WINPROP INDOOR MODULES*, Stefan Burger AWE Communications, e-mail: stefan.burger@awe-communications.com.

<http://cisco.netacad.net>, *CCNA1, CCNA4*.

ANEXO 1

AWE DOMINANT PATH PREDICTION MODEL FOR INDOOR AND URBAN SCENARIOS

**(Modelo de predicción de Trayectoria Dominante de AWE
para escenarios Indoor y Urbanos)**

Dominant Path Prediction Model for Indoor and Urban Scenarios

Gerd Wölfle¹⁾, René Wahl¹⁾, Pascal Wildbolz¹⁾, Philipp Wertz²⁾

¹⁾AWE Communications GmbH, Otto-Lilienthal-Str. 36, 71034 Boeblingen, Germany, www.awe-communications.com ²⁾Institut für Hochfrequenztechnik, University of Stuttgart, Pfaffenwaldring 47, 70569 Stuttgart, Germany

Abstract— Currently, for the planning of wireless networks (cellular or WLAN) in urban and indoor scenarios either empirical (direct ray) or ray-optical (ray tracing) propagation models are used. In this paper both approaches are compared to one another and to measurements in different urban city centres and in different (multi-floor) buildings. Additionally a new concept - which is called dominant path model - is presented in this paper. This new concept does not focus only on the direct ray (like empirical models) and it does not consider hundreds of rays for a single pixel (like ray tracing), but it focuses on the dominant path(s) between transmitter and receiver. The parameters of these dominant paths are determined (e.g. path length, number and type of interactions, material properties of objects along the path, ...) and are used for the prediction of the path loss between transmitter and receiver. Thus the computational effort is far below ray tracing and in the range of empirical models. But the accuracy of the new model in very complex environments (where multiple interactions occur) is even higher than the accuracy of ray tracing models (because of their limitations in the number of interactions considered). This very high accuracy is shown with the comparison to measurements in different cities and buildings.

Keywords—*wave propagation, urban, indoor, ray tracing, dominant paths, measurements*

I. INTRODUCTION

The planning of wireless communication networks in urban or indoor scenarios must be based on accurate propagation models for the prediction of the path loss between fixed base station antennas and mobile terminals. Many different approaches have been investigated during the last years to obtain accurate and fast propagation models. Today either statistical/empirical models or ray-optical models are used. For the ray-optical models significant accelerations are available leading to computation times in the range of empirical models [1].

Today vector databases of cities or buildings are available and can be used without any restrictions. These databases provide a high accuracy – but errors in the material definitions or in the coordinates lead to significant errors if ray-optical propagation models are used (see figure 4). So there is a demand for models which are fast and consider multiple interactions (e.g. diffractions) – but which are not relying on each detail of the vector database. In this paper such an approach is presented and compared to empirical and rayoptical propagation models as well as measurements.

II. DOMINANT PATH MODEL

A. Current status

Figures 1 and 2 show the problem of empirical propagation models. They are based on the direct ray between transmitter and receiver. In indoor and in urban scenarios this ray is not always dominant and very often this path is highly attenuated.

Focusing a model on this path must lead to errors in all scenarios

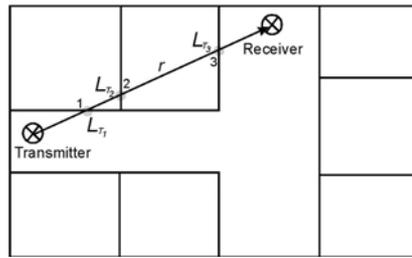


Figure 1. Empirical propagation models in indoor scenarios

where this path is contributing only a very small part to the total received signal power.

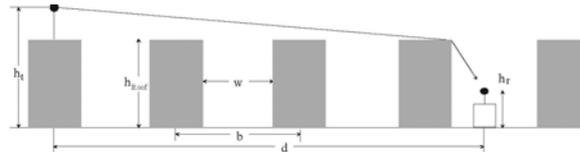


Figure 2. Empirical propagation models in urban scenarios

In figure 3 the principle of ray-optical propagation models is shown. Many hundreds of rays are computed for each receiver location. The contributions of each ray are superposed to obtain the received power. In most cases only 2 or 3 rays are contributing more than 95% of the energy, i.e. by focusing on these dominant rays the accuracy would be sufficient.

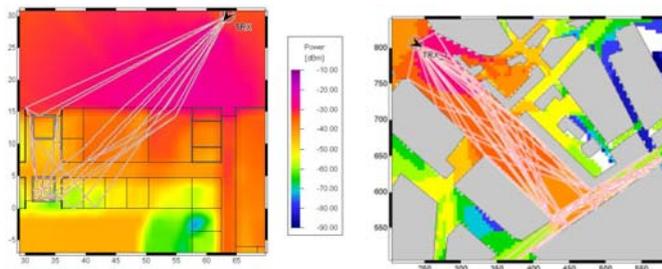


Figure 3. Ray-optical propagation models in indoor (left) and urban (right) scenarios

A second disadvantage of ray-optical models is shown in figure 4. Small inaccuracies in the databases lead to totally different prediction results. As angular criteria are evaluated during the ray-optical prediction, the orientation of walls is extremely important. Unfortunately databases with this very high accuracy incl. a very detailed description of the material properties are not available.

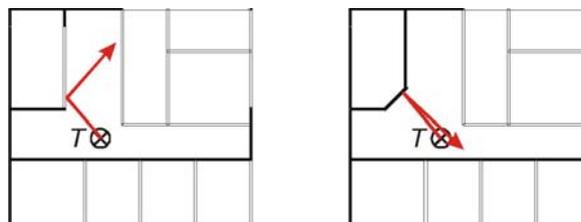


Figure 4. Accuracy of building databases

B. Requirements for a new model

After analyzing the status of the model currently available, the requirements for a new model can be defined:

- Model should not depend on each micro-detail in the vector database (see figure 4).
- Focusing on the dominant paths (see figure 5) and not computing hundreds of irrelevant paths
- Simple calibration possible with reference data (e.g. measurements)

With these requirements the dominant path model was defined.

C. The dominant path model

The dominant path model can be subdivided into two steps:

- Determination of the dominant paths (geometry)
- Prediction of the path loss along the paths

Determining the dominant paths is not a very simple task. For indoor scenarios the algorithm is published in [4] and [8]. The same principle can also be used for urban scenarios. Figure 5 shows an example for dominant paths in indoor scenarios.

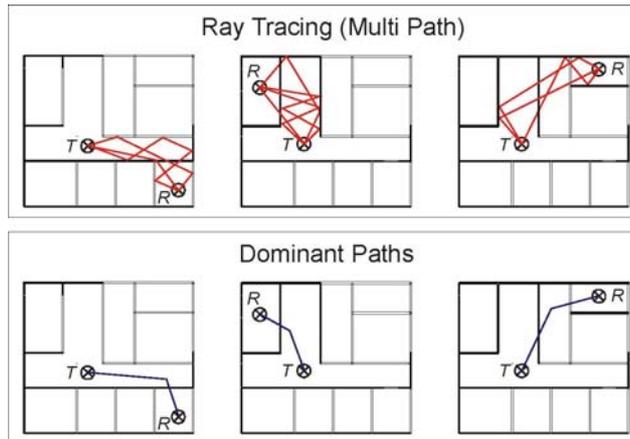


Figure 5. Dominant paths in indoor scenarios

By adjusting the weights described in [8], different paths can be obtained (small number of interactions or short paths or small number of transmissions.....). Obviously more than one path can be computed for each pixel if several runs with different weighting factors are computed and the contributions of the paths are superposed. In this paper the single path approach is used, i.e. only one path is determined per pixel. This reduces the computation time as each new set of weighting factors leads to a new computation of the paths, i.e. 5 different sets lead to a 5 times longer computation time compared to the single path approach.

It should also be mentioned that the path search algorithm works either in 2D or in 3D. If in urban scenarios the model is combined (superposed) with the COST 231 Walfisch-Ikegami Model (for multiple diffractions in over-rooftop propagation) the dominant path model can compute in 2D (horizontal plane) to save computation time. In multi floor indoor environments the model can work in rigorous 3D.

The prediction of the path loss along the path is done with the following equation:

$$L = n * (1 - 0.5 * \alpha) * 20 * \log(d) + \sum_{i=1}^n w_i * \varphi_i * L_{D_i} * 180^\circ$$

L is the path loss in dB after a path length of d (in meters). α is the waveguiding factor (see below). And L_D is the loss in dB due to an interaction, i.e. changing the direction of propagation. The angle between the former direction and the new direction of propagation is φ_i . Thus the loss increases linear with the angle, normalized to 180° . If no change of direction, the loss is 0 dB and if 90° the loss is $0.5 * L_D$. Obviously more complicated dependency on the angle could be implemented – but it is difficult later if L_D must be determined with linear regression from measurements. Then a linear dependency is much better.

The factor w_i can be used to reduce the weight of higher interactions. For example, w_2 could be 0.95 and w_3 0.9. This would emphasize the first interactions compared to the latter. And this is reasonable because later the wave is very diffuse and so multiple options for interactions occur and the loss is not so high.

The waveguiding factor α is described in [9]. The reflection loss of the walls along the path as well as their distance to the path influence the value. The smaller the reflection loss and the closer the wall to the path, the higher the waveguiding factor. As described in [9], the factor is limited to the range between 0 (no

waveguiding, free space) and 1.0 (full waveguiding with small reflection loss). The difference between max. and min waveguiding would result in 50% of the path loss exponent n . Figure 6 shows an example for the waveguiding factor in indoor scenarios. For urban scenarios the waveguiding factor is determined in a similar way.

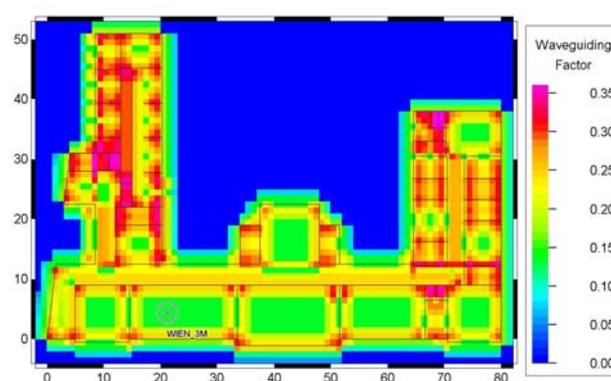


Figure 6. Waveguiding factor in indoor scenarios

The model could be improved with more details to increase the accuracy. But if an automatic calibration (e.g. linear regression) of the parameters (n , L_D , w_i) should be possible, the dependency should not be too complicated – otherwise the automatic calibration will not be possible.

III. INDOOR PROPAGATION

A. General

For indoor environments the Dominant Path Model is extended with some features: In contrast to urban scenarios, the indoor prediction considers not only the total number of interactions, but also the individual angle of each interaction (0 to 90 degrees) for the determination of the attenuation caused by the interactions. Thus, it is possible to separate between small and large changes of the direction of propagation, which results in smoother transitions between adjacent pixels. Additionally the ‘waveguiding’-factor (as described in section II.C) is included, which improves the accuracy especially in long corridors. The exponent n for the path loss is set to fit the indoor requirements (i.e. this factor is higher than the value in the urban case).

To demonstrate the performance of the Dominant Path Model in indoor environments, measurement campaigns in different types of buildings were used. New office buildings like the University of Stuttgart [6], older office buildings like the University of Vienna [4],[5] as well as buildings with multiple floors like the Instituto de Telecomunicações in Lisbon [7] were used for the comparison. The results concerning accuracy and performance were compared to the other prediction models “Intelligent Ray Tracing” (IRT) and “Multi Wall” (MW).

B. Modern office building

One measurement campaign was conducted in a modern office building at the University of Stuttgart, which is mainly built of concrete and glass. The database of the building contains 108 planar objects with more than 130 subdivisions (windows, doors...).

The campaign includes 20 different transmitter locations and many measurement routes for each location. Two of the transmitter locations are presented in this paper. The comparison of all other measurement routes and transmitter locations can be found in [3]. The results of the prediction for transmitter site 10 with different prediction models are presented in figures 7 to 9. The path loss measurements obtained in this building were performed with a CW signal. The carrier frequency was 1800 MHz and the transmitter output power was 20 dBm.

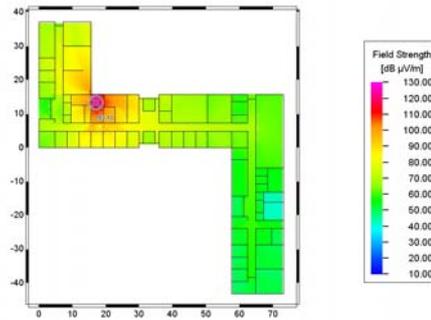


Figure 7. Prediction for site 10 with Dominant Path Model Figure 8. Prediction for site 10 with ray tracing (IRT) with 5 diffractions and 4 reflections in multiple combinations

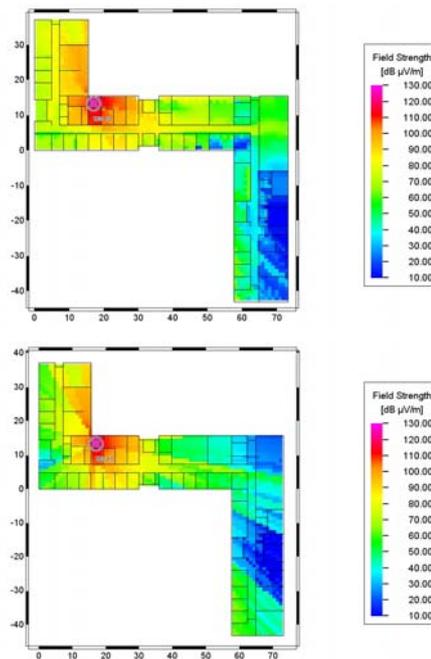


Figure 9. Prediction for site 10 with Multi-Wall Model

The results of the prediction with the Dominant Path Model are more realistic compared to the results of the other two models. Especially after multiple diffractions and large distances, the fieldstrength of the ray tracing and the Multi-Wall Model are too pessimistic. This can be explained with the fact, that the ray tracing considers 5 diffractions and 4 reflections in contrast to the Dominant Path Model, which has no limit for the number of interactions. The accuracy of the Multi-Wall Model is even worse, which is obviously a consequence of the fact that it considers only the direct ray and does not consider reflections and diffractions.

Figures 10 and 11 show the difference between prediction and measurement for transmitter sites 10 and 15. The standard deviation for site 10 is approx. 3.9 dB. The difference between prediction and measurement for site 15 leads to a higher but still acceptable standard deviation (5.3 dB). The computation time for the Dominant Path Model is very short for this building and therefore the model can be used for network planning purposes.

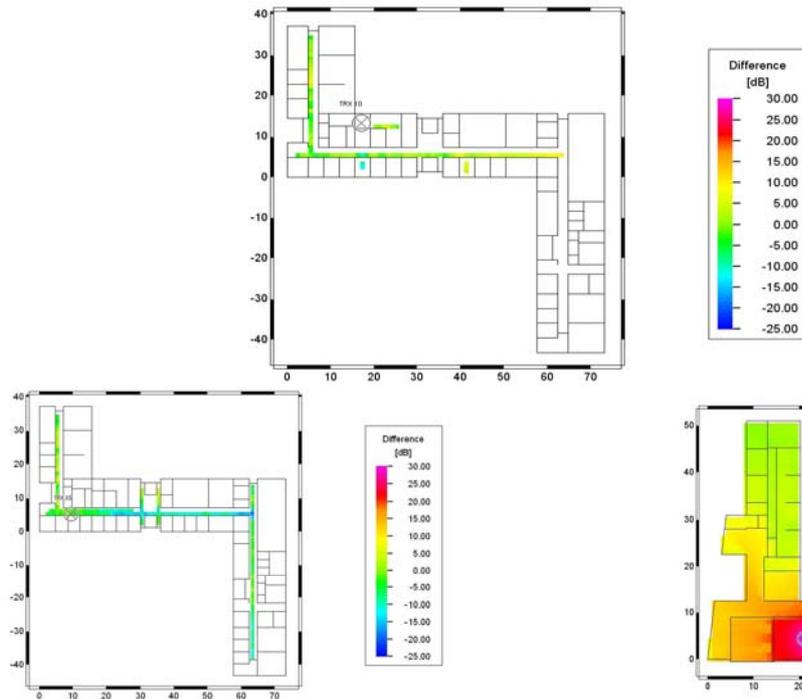


Figure 11. Difference between prediction and measurement for Dominant Path Model, Site 15

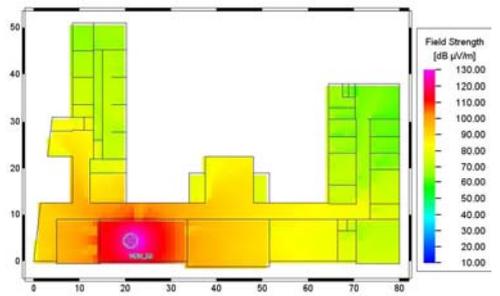


Figure 12. Prediction for Dominant Path Model, Site 3

Table I shows the difference between prediction and measurements. The computation times can be found in table II.

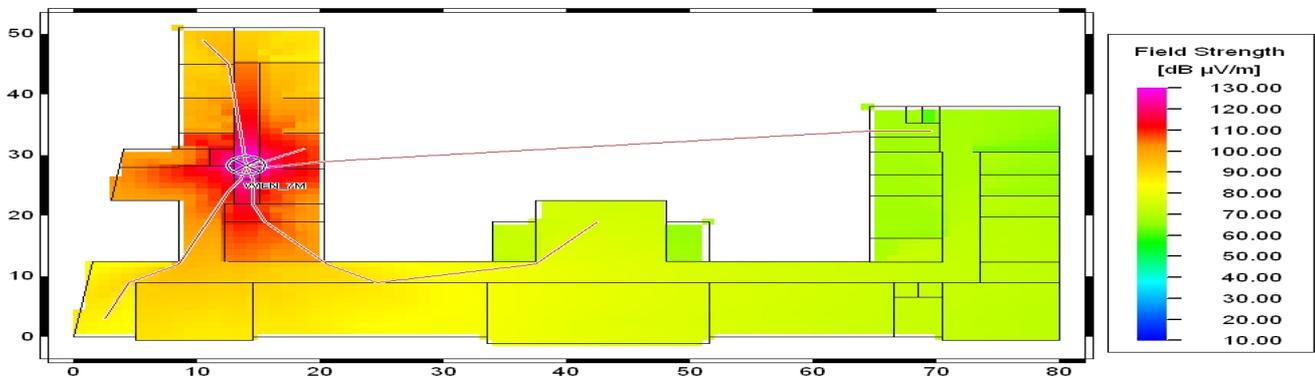


TABLE I. COMPARISON TO MEASUREMENTS Site	Difference (Predictions – Measurements) in dB					
	IRT		Dominant Path		Multi Wall	
	Mean value	Std. Dev.	Mean value	Std. Dev.	Mean value	Std. Dev.
TRX 10	5.21	5.29	1.07	3.97	-3.56	7.79
TRX 15	1.64	3.90	-5.84	5.29	-10.00	15.04

Site	Computation times in seconds
------	------------------------------

	IRT	Dominant Path	Multi Wall
TRX 10	20 s	< 1 s	< 1 s
TRX 15	2880 s	< 1 s	< 1 s

TABLE III. COMPARISON TO MEASUREMENTS

B. Old office building

Figures 12 and 13 show the predictions for two transmitter locations in a building of the Institute for Radio Frequency

Site	Difference (Predictions – Measurements) in dB					
	IRT		Dominant Path		Multi Wall	
	Mean value	Std. Dev.	Mean value	Std. Dev.	Mean value	Std. Dev.
TRX 3	9.94	7.31	-1.09	6.23	3.07	8.17
TRX 7	3.23	6.32	-3.96	5.74	0.19	5.90

TABLE IV. COMPUTATION TIMES (AMD ATHLON 2800+)

Technology at the University of Vienna [4], [5]. This building is mainly built of brick and wood – so it represents the older office buildings. The database of the building contains 107 planar objects.

The carrier frequency for the measurements was 1800 MHz. A detailed description of the measurement equipment and campaign can be found in [4].

In figure 13 some propagation paths are presented. For each receiver location only one set of weighting factors for the determination of the paths is used. Each diffraction and each transmission causes an additional attenuation along the propagation path. The computation is made in 2D as everything (transmitter, receiver) is located on the same floor.

The comparison between the prediction models can be found in the tables III and IV. The results of the Dominant Path Model are good and in particular the computation time is very short in contrast to the IRT Model.

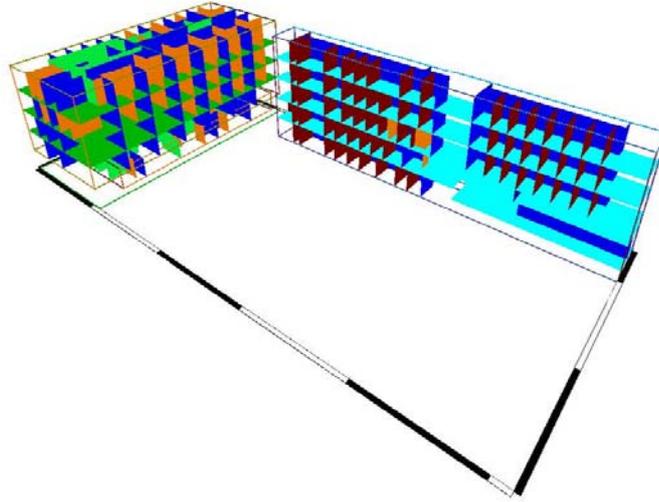
Site	Computation times in seconds		
	IRT	Dominant Path	Multi Wall
TRX 3	131 s	< 1 s	< 1 s
TRX 7	55 s	< 1 s	< 1 s

C. Multi-floor building

The considered multi-floor building is the office building of the Instituto de Telecomunicações (Instituto Superior Técnico, IST) and it is mainly built of concrete and glass – so it represents a typical modern office

building. The multi floor building database of this building contains 355 planar objects.

In this scenario the transmitting antenna is located on the top of the building [7]. Measurements and predictions were made in two adjacent buildings, see figures 15 and 16. A three dimensional view of this scenario is given in figure 14.



The carrier frequency for this measurement was 950 MHz. As in this scenario the mobile station and the base station antenna are located on different floors (height of antenna: 19.5m, height of prediction: 7.8m, 4th floor), the 3D extension of the Dominant Path Model was used for the computation. When using the 3D Dominant Path Model, not only one prediction plane in the height of the receiver is used for the computation, but several layers between transmitter and receiver are used in order to improve the result. The differences between predictions and measurements are presented in table V. The computation times are given in to table VI. All measurements together with a detailed description of the equipment can be found in [7].

If the transmitter is located outside a building the Dominant Path Model uses two different path loss exponents n . For the outdoor pixels, the coefficient 2.0 (ideal free space) is used.

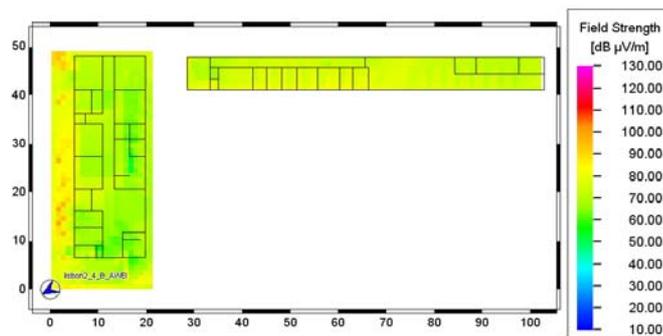
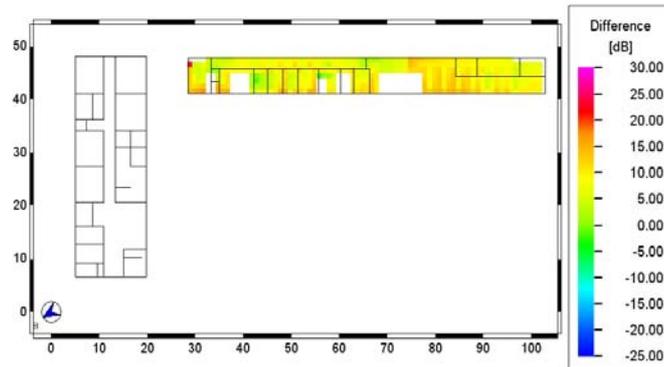


Figure 15. Prediction for Dominant Path Model (3D mode), Site 2_4_B



The tables V and VI show the differences to measurements for the compared prediction models and the computation times of the different models.

	Difference (Predictions – Measurements) in dB					
	IRT		Dominant Path		Multi Wall	
	Mean value	Std. Dev.	Mean value	Std. Dev.	Mean value	Std. Dev.
2_4_B	1.32	4.37	8.71	3.17	-26.48	14.48

After the path entered the indoor area, the coefficient n is set to TABLE VI. COMPUTATION TIMES (AMD ATHLON 2800+) the value used for all indoor pixels (generally slightly higher than 2.0). This indoor coefficient includes the influence of furniture and other objects not included in the database.

The result of the Dominant Path Model for this scenario is

Site	Computation times in seconds		
	IRT	Dominant Path	Multi Wall
2_4_B	5 s	31 s	1 s

quite good, but the computation time is longer than for IRT. This is due to the fact that the 3D mode was used for computation, in order to improve the accuracy of the results (only 3.17 dB std. dev.).

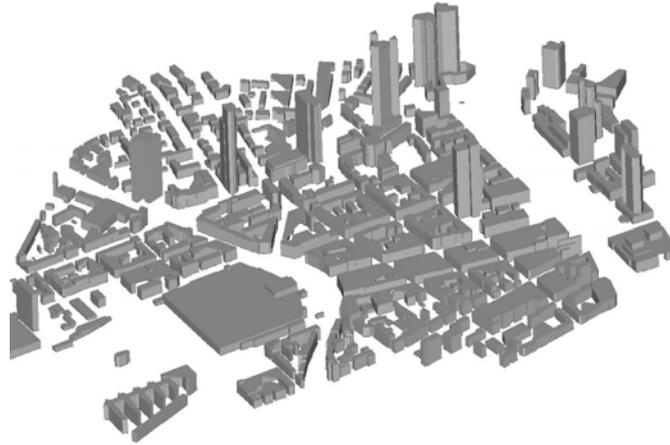
IV. URBAN PROPAGATION

A. General

The application of the Dominant Path approach to urban scenarios leads to some simplifications:

- Transmissions do not need to be considered
- The geometry of the considered building objects is less complex (polygonal cylinders)

As already stated in section II.A, the available building databases have a limited accuracy. For wave propagation modelling in urban scenarios, the databases usually only have 2.5 D information, i.e. for each building a polygonal cylinder and the height are defined (see figure 17). Therefore, the shape of the roof can not be considered in the modelling approach, which can have an impact especially if over-rooftop propagation is dominant.



This may be the case in scenarios with antenna locations above the mean building height. In this case the Dominant Path Model offers advantages as it is less sensitive to the inaccuracies that are caused by the simplification of the diffractions at the roofs.

Especially in scenarios where the transmitter is located below the mean building height, waveguiding effects become dominant for the propagation.

This is impressively demonstrated in figure 18. For a transmitter located below rooftop level (antenna height 15 meters), the results of the COST 231 Walfisch/Ikegami model (COST), the Ray Tracing Model (IRT) and the Dominant Path Model (DPM) model are shown.

The COST 231 model is too pessimistic in most parts of the scenario as there is a building obstructing the direct ray near the transmitter. The dominant effects of diffractions at this building and reflections that lead to waveguiding effects in street canyons are not modelled.

These effects are very well modelled by the IRT model, however far away from the transmitter, especially in the southern part of the image, the results are again too pessimistic as the number of interactions (max. 6) used for the computation limits the accuracy of the model, as obviously the rays that were found are not the ones which carry the main part of the power.

The Dominant Path Model result does not show these disadvantages. The whole scenario shows comprehensive results. Waveguiding effects are also visible in the Dominant Path Model.

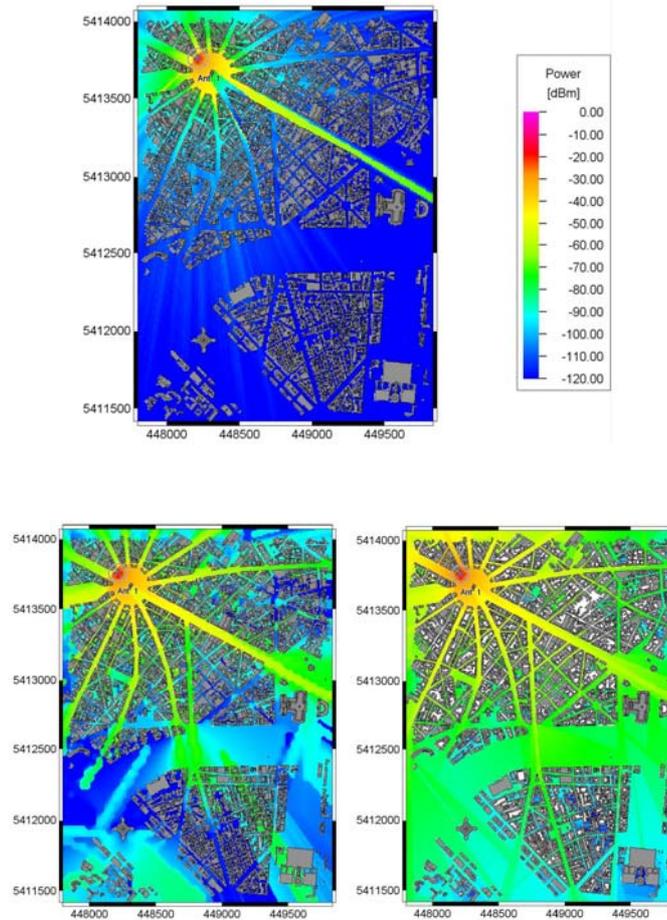
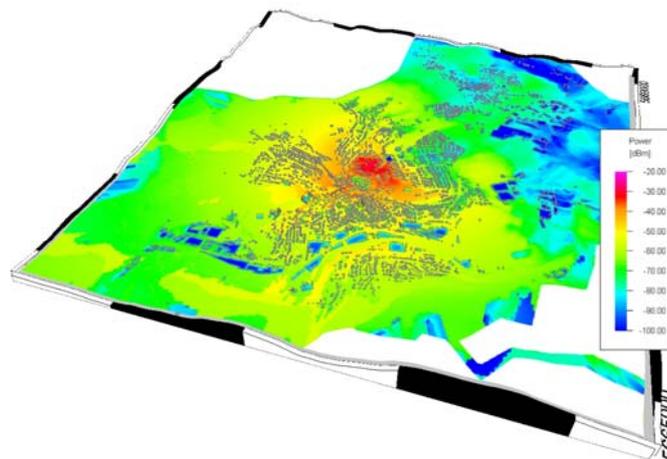


Figure 18. Prediction of received power with a transmitter below rooftop level: COST 231 W/I model (upper image), IRT model (lower left) and Dominant Path model (lower right)

In general, the topography of urban scenarios must also be taken into account, as it may influence the visibility of interactions points that are computed.

Figure 19 shows a prediction of a small city that is surrounded by hilly terrain using the IRT model. The area in the upper right part shows lower received power values due to the shadowing effect of the terrain. If the topography would not be considered a too optimistic prediction in this area would occur.



Both the Intelligent Ray Tracing model and the Dominant Path model allow the consideration of the topography.

B. Example I: COST 231 Benchmark in Munich

Several urban microcell prediction models have been developed and reviewed in COST 231. To verify and compare these models in a semi-blind test, vector-building data of downtown Munich (Germany) and

three different measurement routes have been supplied by the German GSM network operator Mannesmann Mobilfunk GmbH (now Vodafone GmbH).

Table VII shows some details of the scenario, figure 20 shows the topography including the building heights as well as a 3D view of the scenario.

TABLE VII. SCENARIO DESCRIPTION FOR DOWNTOWN MUNICH

Scenario	<i>Area</i>	2.5 x 3.5 km = 8,75 km ²
	<i>Number of Buildings</i>	2087
Transmitter	<i>Location</i>	(1281.36 1381.27 13.00)
	<i>Frequency</i>	947 MHz
	<i>Antenna Type</i>	Omni

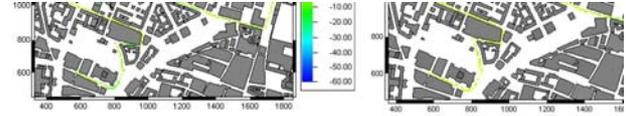


Figure 22. Difference of prediction and measurements (route 1): Ray Tracing (IRT) (left), Dominant Path Model (DPM) (right)

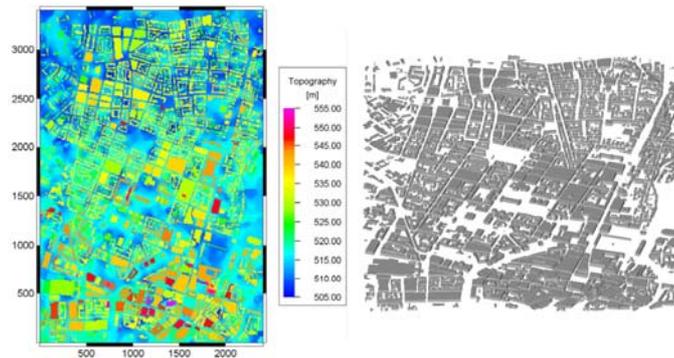


Figure 20. Downtown Munich scenario: Topography incl. building heights (left) and 3D view of buildings (right)

Figure 21 shows the prediction results of a ray tracing propagation model (here IRT [1], [3]) and the Dominant Path Model. Unlike in section A, the maximum number of interactions (6) was sufficient for this scenario. Therefore, only slight differences are visible, but the statistical evaluation (see below) allows the discussion of the differences.

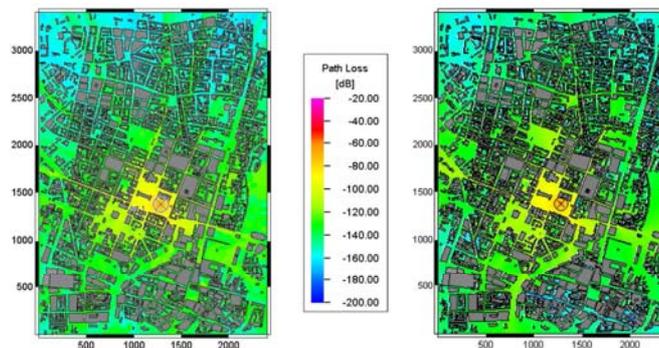


Figure 21. Prediction results: Ray Tracing (IRT) model (left), Dominant Path Model (DPM) (right)

The results were compared to all 3 available measurement routes. As an example, figure 22 shows the difference of the predictions and the measurements for measurement route 1.

Table VIII shows the results of a statistical evaluation for all 3 measurement routes. Although the Dominant Path model does not reach the accuracy of the Ray Tracing model, the results are very good especially in view of the computation times (see below).

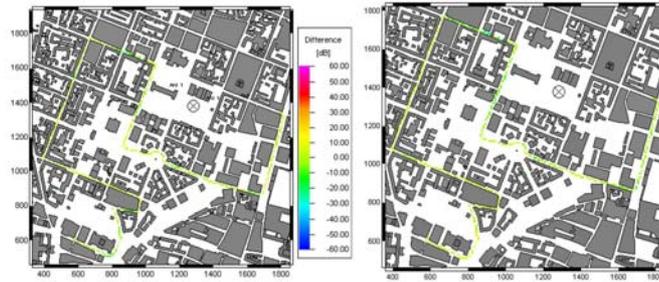


TABLE VIII. COMPARISON TO MEASUREMENTS

Route	Difference (Predictions – Measurements)			
	IRT		Dominant Path	
	Mean value	Std. Dev.	Mean value	Std. Dev.
0	-0.3	7.7	3.2	8.5
1	0.3	5.5	-0.2	5.6
2	-0.4	7.4	0.25	8.0

Table IX shows the prediction times for the Munich scenario. There is not much difference in the prediction times; the Dominant Path model is even slightly faster at a comparable accuracy.

However, there is one important point to mention: For predictions with the IRT model, a complex preprocessing [1] of the building data has to be done. Although this preprocessing has to be done only once per scenario independent of the number of transmitters and their position, it may be a constraint especially in very large scenarios.

TABLE IX. COMPARISON OF COMPUTATION TIMES

Transmitter	Computation times [min:sec] (using a standard PC with a CPU AMD Athlon XP 2000+™ and 512 MB of RAM)			
	Intelligent Ray Tracing		Dominant Path Model	
	Preprocess.	Prediction	Preprocess.	Prediction
1	117:30	0:28	0:05	0:26

C. Example II: Helsinki

The scenario, measurement, and all related topics are described in [1] and are therefore not repeated again in this document.

Table X shows some details of the scenario, figure 23 shows the topography including the building heights as well as a 3D view of the scenario. The map data was provided by FM-Kartta, Oy [11].

TABLE X. DESCRIPTION OF THE HELSINKI SCENARIO [1]

Scenario	Area	1.3 x 1.5 km = 1,95 km ²
	Number of Buildings	228
Transmitter 1	Location	(5968.35 5011.39 4.00)
	Frequency	900 MHz
	Antenna Type	Omni
Transmitter 2	Location	(5724.95 4467.59 4.00)
	Frequency	900 MHz
	Antenna Type	Omni

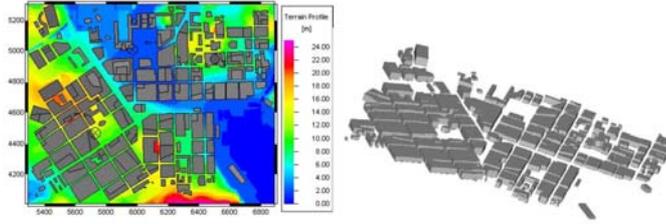


Figure 23. Helsinki scenario: Topography incl. building heights (left) and 3D view of buildings (right). Data provided by FM-Kartta [11].

Figure 24 shows the prediction results of both propagation models for transmitter 1. Like in section B, the maximum number of interactions (6) was sufficient for this scenario. Again, differences can mainly be seen in the statistical evaluation (see below).

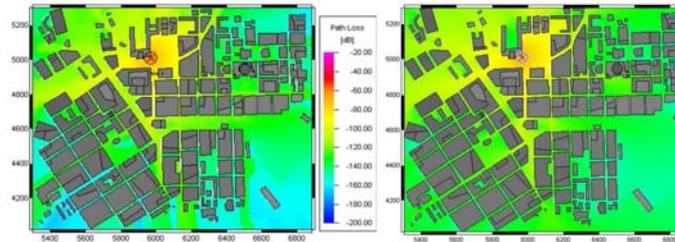


Figure 24. Prediction results for transmitter 1: IRT model (left), Dominant Path model (right)

The results for both transmitters were compared to the corresponding measurement routes. The accuracy obtained was acceptable with both models. Further discussion of the prediction results together with an analysis and description of the measurement routes is available in [1].

Table XI shows the results of a statistical evaluation for both transmitter positions. The results are comparable to the ones for the Munich scenarios (see section B), thus the dominant path model delivers good results at short computation times (see below).

TABLE XI. COMPARISON TO MEASUREMENTS

Transmitter	Difference (Predictions – Measurements)			
	IRT		Dominant Path	
	Mean value	Std. Dev.	Mean value	Std. Dev.
1	-0.4	7.1	2.3	8.0
2	0.7	6.7	0.45	6.8

Table IX shows the prediction times for the Helsinki scenario. There is no significant difference in the prediction times.

Concerning the required complex preprocessing of the building data see section B.

TABLE XII. COMPARISON OF COMPUTATION TIMES

Transmitter	Computation times [min:sec] (using a standard PC with a CPU AMD Athlon XP 2000+™ and 512 MB of RAM)			
	Intelligent Ray Tracing		Dominant Path Model	
	Preprocess.	Prediction	Preprocess.	Prediction
1	03:55	0:04	0:01	0:03
2		0:03		0:03

D. Summar (Urban Models)

As both discussed scenarios are rather small, the limitations of the (Intelligent) Ray Tracing in terms of the number of interactions did not have an adverse effect on the results.

However, it is expected that in larger scenarios the results of the Dominant Path Model will be much more accurate especially for longer distances from the transmitter (depending on the building structure).

Together with the fact that an additional preprocessing is needed for the Intelligent Ray Tracing, the Dominant Path Model should be given preference for the analysis of large urban scenarios.

V. CONCLUSIONS

A new approach for propagation modelling in indoor and urban scenarios based on vector databases is presented in this paper. The approach is based on the fact that not all rays between transmitter and receiver contribute a similar part of the energy. Some paths are dominant and by determining only these dominant paths, the computation time is reduced without influencing the accuracy.

The new indoor and urban propagation models are compared to measurements performed in indoor and urban environments. In comparison to results of ray tracing predictions it is shown that the new propagation models reach the accuracy of ray tracing models or even exceed it. The computation times are in the range of empirical models and therefore very short. No preprocessing of the building data is needed.

As the models compute the dominant ray paths, also wideband properties of the channels (channel impulse response, delay spread) could be computed with statistical channel models. This will be the object of further studies together with the validation of the urban model in extremely hilly terrain (e.g. Hong Kong).

REFERENCES

- [1] R. Hoppe, P. Wertz, F. M. Landstorfer, and G. Wölfle: *Advanced rayoptical wave propagation modelling for urban and indoor scenarios including wideband properties*, European Transactions on Telecommunications 2003; 14:61-69.
- [2] C. Carciofi, A. Cortina, C. Passerini, and S. Salvietti: *Fast field prediction techniques for indoor communication systems*, 2nd European Personal and Mobile Communications Conference (EPMCC), Bonn (Germany), pp. 37 – 42, Nov. 1997.
- [3] AWE Communications, Germany, Software tool WinProp for the planning of mobile communication networks (incl. demo-version), www.awe-communications.com, March 2003.
- [4] R. Gahleitner: *Radio Wave Propagation in and into Urban Buildings*, PhD Thesis, Technical University of Vienna, 1994.
- [5] G. Woelfle, F.M. Landstorfer, R. Gahleitner, E. Bonek: *Extensions to the field strength prediction technique based on dominant paths between transmitter and receiver in indoor wireless communications*, 2nd European Personal and Mobile Communications Conference (EPMCC) 1997, Bonn, Germany, pp. 29-36, Sept 1997.
- [6] G. Woelfle, P. Wertz, F.M. Landstorfer: *Performance, Accuracy, and Generalization Capability of Indoor Propagation Models in Different Types of Buildings*, 10th IEEE Internat. Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC) 1999, Sept. 1999, Osaka, Japan F5-2
- [7] G. C. Angelo, I. Neto, L. M. Correia: *Health and Penetration Issues in Buildings with GSM Base Station Antennas on Top*, 48th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC) 1998, Ottawa, Ontario, Canada, May 1998
- [8] G. Wölfle and F.M. Landstorfer: *Dominant Paths for the Field Strength Prediction*, 48th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC) 1998, Ottawa, Ontario, Canada, May 1998, pp 552-556
- [9] G. Wölfle and F.M. Landstorfer: *Field strength prediction with dominant paths and neural networks for indoor mobile communications* MIOP 1997, 22.-24. April 1997, Sindelfingen, Germany, pp. 216-220, Apr. 1997.
- [10] T. Rautiainen, G. Wölfle, and R. Hoppe: *Verifying Path Loss and Delay Spread Predictions of a 3D Ray Tracing Propagation Model in Urban Environments*, 56th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC) 2002 - Fall, Vancouver (British Columbia, Canada), Sept. 2002
- [11] www.fm-kartta.com

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1. 1. Laboratorios del CATI en el Valle de Los Chillos.	3
Figura. 1. 2. Plano de Implantación General del CATI. En el cuadro rojo, el área de 5500 donde se levantan los edificios de Metrología y Química.	4
Figura. 1. 3. Imagen tridimensional del área construida actualmente en el CATI, donde se aprecia la distribución de edificaciones.	5
Figura. 1. 4. Plano del Edificio de Metrología, planta y distribución.	6
Figura. 1. 5. Plano del Edificio de Química, planta y distribución.	8
Figura. 1. 6. Detalle de especificaciones de computadores tipo Desktop.	12
Figura. 2. 1. Remarcadas en cuadros rojos, las zonas de cobertura obligatoria de la red. La X roja señala un área de espacio abierto donde la existencia de cobertura es muy importante.	21
Figura. 2. 2. Topología de red en anillo.	27
Figura. 2. 3. Topología de red en malla.	27
Figura. 2. 4. Topología de red en estrella.	28
Figura. 2. 5. Topología en árbol o estrella extendida.	28
Figura. 2. 6. Topología en bus lineal.	29
Figura. 2. 7. Esquema general de la red LAN del CATI, donde se aprecian los cuartos de comunicaciones, los Access Points en número y ubicación supuestas, y los medios de transmisión.	31
Figura. 2. 8. Estructura típica de una red WI-FI.	38
Figura. 2. 9. Modos de acceso. WI-FI – MAC (Coordination Function).	40
Figura. 2. 10. Multipropagación: Posibles Rayos.	45
Figura. 2. 11. Representación de multitrayectorias a través de un camino dominante.	46
Figura. 2. 12. Multipropagación: Diferentes trayectorias dominantes.	46

Figura. 2. 13. Número de cuartos (izquierda) y acoplamiento de paredes (derecha).	48
Figura. 2. 14. Diagrama de árbol. Estructura de cuarto de la figura 2.13.	48
Figura. 2. 15. Esquinas convexas (o cuñas) de un cuarto y de su influencia en la determinación de las trayectorias.	50
Figura. 2. 16. Relación entre las esquinas convexas del cuarto de la figura 2.15.	51
Figura. 2. 17. Arranque del programa ProMan, parte de la suite WinProp de AWE Communications.	56
Figura. 2. 18. Database creada con WallMan, correspondiente al edificio Metrología y anexos.	62
Figura. 2. 19. Database creada con WallMan, correspondiente al edificio de Química.	62
Figura. 2. 20. Potencia recibida en edificio Metrología, con 1 transmisor de 31 dBm EIRP.	63
Figura. 2. 21. Potencia recibida en edificio Química, con 1 transmisor de 31 dBm EIRP.	64
Figura. 2. 22. Celdas de cobertura creadas en el proyecto de 1 AP por edificio. La verde corresponde a canal 11, la roja a canal 1. Las zonas de color blanco indican áreas fuera de cobertura de las celdas.	65
Figura. 2. 23. Sector #1 Metrología, con transmisor AP1 de 19 dBm EIRP, y celda de canal 11.	69
Figura. 2. 24. Sector #2 Metrología, con transmisor AP2 de 22 dBm EIRP, y celda de canal 6.	69
Figura. 2. 25. Sector #3 Metrología, con transmisor AP3 de 22 dBm EIRP, y celda de canal 11.	70
Figura. 2. 26. Sector #4 Metrología, con transmisor AP4 de 19 dBm EIRP, y celda de canal 1.	70
Figura. 2. 27. Sector #5 Química, con transmisor AP5 de 19 dBm EIRP, y celda de canal 11.	71
Figura. 2. 28. Sector #6 Química, con transmisor AP6 de 19 dBm EIRP, y celda de canal 6.	71
Figura. 2. 29. Sector #7 Química, con transmisor AP7 de 19 dBm EIRP, y celda de canal 11.	72
Figura. 2. 30. Sector #8 Química, con transmisor AP8 de 19 dBm EIRP, y celda de canal 1.	72
Figura. 2. 31. Distribución de celdas en el área de cobertura de la WirelessLAN,	

con velocidad de transmisión de 24 Mbps o superior.	74
Figura. 2. 32. Probabilidad de recepción de la señal que permitiría establecer la conexión esperada a la red WI-FI.	75
Figura. 2. 33. Esquema general de la Intranet del CATI. Se observa la posición de los AP que integran la WirelessLAN WI-FI, y su sistema de distribución constituido por una red LAN tipo Ethernet.	83
Figura. 3. 1. IEEE 802.3 Trama Ethernet.	90
Figura. 3. 2. Trama IEEE 802.11.	90
Figura. 3. 3. Proceso del algoritmo CSMA/CD.	91
Figura. 3. 4. Control de Acceso al Medio IEEE 802.11.	94
Figura. 3. 5. Esquema de Acceso CSMA/CA – RTS/CTS.	96
Figura. 3. 6. Adaptive Rate Selection (ARS) Access Point IEEE 802.11g.	98
Figura. 3. 7. Adaptive Rate Selection (ARS) Access Point IEEE 802.11b.	99
Figura. 3. 8. Esquema de cobertura WLAN CATI.	103
Figura. 3. 9. Esquema de red Cliente/Servidor.	106
Figura. 3. 10. Servidores de la red Cliente/Servidor del CATI.	107
Figura. 3. 11. Esquema de requerimientos de software para la automatización de los procesos.	113
Figura. 3. 12. Diagrama de estandarización de procesos del CATI.	119
Figura. 3. 13. Documento de entrega y recepción de equipos, muestras, etc.	120
Figura. 3. 14. Documento de programación y coordinación del trabajo.	121
Figura. 3. 15. Realización de ensayo o laboratorio.	121
Figura. 3. 16. Construcción del informe.	123
Figura. 3. 17. Factura Borrador.	124
Figura. 3. 18. Certificación.	125
Figura. 3. 19. Diagrama de relación de procesos del software de aplicación.	126
Figura. 3. 20. Tablas básicas para la integración del sistema.	127
Figura. 4. 1. Dispositivos de red D-Link, seleccionados para componer la Intranet del CATI.	138
Figura. 5. 1. Ubicación de los AP dentro de los laboratorios del CATI.	147
Figura. 5. 2. Ubicación del MDF en el edificio de Metrología.	148
Figura. 5. 3. Ubicación del IDF en el Edificio de Química.	149
Figura. 5. 4. Cableado Estructurado en el edificio de Metrología.	150
Figura. 5. 5. Cableado Estructurado en el edificio de Química.	151

Figura. 5. 6. Ilustración de nomenclatura de la tecnología Ethernet.	153
Figura. 5. 7. Conducto subterráneo para instalación del enlace entre Metrología y Química.	157
Figura. 5. 8. Construcción del enlace subterráneo entre los edificios principales.	158
Figura. 5. 9. Acometida edificio de Metrología.	159
Figura. 5. 10. Acometida edificio de Química.	159
Figura. 5. 11. Conductos para cableado estructurado y eléctrico del Laboratorio de Química.	160
Figura. 5. 12. Conductos para cables de datos y eléctricos.	161
Figura. 5. 13. Esquema de distancias máximas en cableado estructurado, con UTP CAT5E.	162
Figura. 5. 14. Instalación de racks y patch panels en el MDF e IDF.	164
Figura. 5. 15. Detalle de la norma ANSI/EIA/TIA para cableado estructurado.	165
Figura. 5. 16. Esquema de cableado estructurado estándar EIA/TIA 568 – B – Cable directo.	166
Figura. 5. 17. Código de colores para los conectores RJ-45 de la norma EIA/TIA 568–B.	166
Figura. 5. 18. Puntos de red con conectores RJ-45 hembra, norma EIA/TIA 568–B.	167
Figura. 5. 19. Patch Panel con conectores RJ-45 hembra, norma EIA/TIA 568–B.	167
Figura. 5. 20. Patch cord con conectores RJ-45 macho, Norma EIA/TIA 568–B.	168
Figura. 5. 21. Instalación de los puntos de red, racks.	169
Figura. 5. 22. Instalación de los puntos de red, patch panels.	170
Figura. 5. 23. Descripción del Access Point D-Link DWL – 7100AP.	171
Figura. 5. 24. Descripción del Access Point D-Link DWL – 2200AP.	172
Figura. 5. 25. Instalación y ubicación de Access Points.	182
Figura. 5. 26. Pantalla del browser accediendo al modo de configuración del AP.	184
Figura. 5. 27. Pantalla de autenticación en el AP.	184
Figura. 5. 28. Pantalla para configuración del AP DWL – 7100	185
Figura. 5. 29. Pantalla para configuración del AP DWL – 2200	185
Figura. 5. 30. Pantalla para configuración de WirelessLAN del AP	

DWL-7100AP.	186
Figura. 5. 31. Pantalla para configuración de WirelessLAN del AP	
DWL-2200AP.	186
Figura. 5. 32. Distribución de AP. Nótese que se ha indicado modelo y canal para cada uno.	187
Figura. 5. 33. Pantalla para configuraciones LAN en el DWL – 7100.	188
Figura. 5. 34. Pantalla para configuraciones LAN en el DWL – 2200.	189
Figura. 5. 35. Direcciones IP estáticas para el puerto LAN, asignadas a cada AP.	190
Figura. 5. 36. Pantalla para configuración de seguridades inalámbricas en los AP.	192
Figura. 5. 37. Ventana de configuración de seguridad inalámbrica en el DWL-7100AP.	193
Figura. 5. 38. Ventana de configuración de seguridad inalámbrica en el DWL-2200AP.	194
Figura. 5. 39. Pantalla de configuración de seguridad de acceso a la administración del AP.	195
Figura. 5. 40. Pantalla de configuración de seguridad de acceso al DWL-7100AP.	196
Figura. 5. 41. Pantalla de configuración de seguridad de acceso al DWL-2200AP.	196
Figura. 5. 42. Vista de la respuesta provocada por el comando “ping”.	197
Figura. 5. 43. Descripción de tarjeta Inalámbrica PCI marca D-Link, modelo DWL-G520.	198
Figura. 5. 44. Tarjeta Inalámbrica USB marca D-Link, modelo DWL-G122.	198
Figura. 5. 45. Pantalla principal para instalación de tarjetas inalámbricas USB y PCI.	205
Figura. 5. 46. Pantallas del programa tutor de instalación de tarjetas inalámbricas.	206
Figura. 5. 47. Ultima pantalla del tutor de instalación de tarjetas inalámbricas USB y PCI.	207
Figura. 5. 48. Instalación de tarjeta inalámbrica PCI, DWL-G520, en un Desktop.	207
Figura. 5. 49. Instalación de tarjeta inalámbrica USB, DWL-G122.	208

Figura. 5. 50. Pantalla de reconocimiento automático de tarjetas inalámbricas.	208
Figura. 5. 51. Carga de ficheros en la instalación automática de las tarjetas inalámbricas.	209
Figura. 5. 52. Fin de la instalación automática de las tarjetas inalámbricas.	209
Figura. 5. 53. Icono D-Link en el Tool Bar de Windows. Significa que la tarjeta inalámbrica está habilitada y lista para comunicación.	210
Figura. 5. 54. Icono D-Link que indica que la tarjeta está activa pero no conectada a la red.	210
Figura. 5. 55. Icono de conexión de redes inalámbricas, para dispositivo activo.	211
Figura. 5. 56. Pantalla de configuración de las tarjetas inalámbricas.	211
Figura. 5. 57. Pantalla de configuración de tarjeta inalámbrica, para red WCATI.	212
Figura. 5. 58. Pantalla de configuración avanzada de las tarjetas inalámbricas.	213
Figura. 5. 59. Pantalla de configuración de grupos de trabajo #1	214
Figura. 5. 60. Pantalla #2 para configuración de grupos de trabajo.	215
Figura. 5. 61. Pantalla #3 para configuración de grupos de trabajo.	215
Figura. 5. 62. Pantalla #4 para configuración de grupos de trabajo.	216
Figura. 5. 63. Pantalla #6 para configuración de grupos de trabajo.	216
Figura. 5. 64. Pantalla #6 para configuración de grupos de trabajo.	217
Figura. 5. 65. Pantalla #7 para configuración de grupos de trabajo.	217
Figura. 5. 66. Pantalla #8 para configuración de grupos de trabajo.	218
Figura. 5. 67. Pantalla de reinicio del computador.	218
Figura. 5. 68. Pruebas de wiremap.	220
Figura. 5. 69. Pruebas de avería wiremap.	221
Figura. 5. 70. Fluke DSP-4300 Cable Analyzer.	223
Figura. 5. 71. Cuadro de descripción de enlaces de cableado en el CATI	224
Figura. 5. 72. Certificación del enlace entre los dos laboratorios (Unión MDF con IDF)	225
Figura. 5. 73. Certificación del enlace R1-D1.	226
Figura. 5. 74. Certificación del enlace R1-D2.	227
Figura. 5. 75. Certificación del enlace R1-D3	228
Figura. 5. 76. Certificación del enlace R1-D4.	229
Figura. 5. 77. Certificación del enlace R1-D5.	230
Figura. 5. 78. Certificación del enlace R2-D1.	231

Figura. 5. 79. Certificación del enlace R2-D2	232
Figura. 5. 80. Certificación del enlace R2-D3.	233
Figura. 5. 81. Certificación del enlace R2-D4.	234

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 1. 1. Distribución del Edificio Metrología.	7
Tabla. 1. 2. Distribución del Edificio Química.	9
Tabla. 1. 3. Listado de equipos de computación existentes.	11
Tabla. 2. 1. Familia del estándar IEEE 802.11.	36
Tabla. 2. 2. Valoración de características de las normas IEEE 802.11.	42
Tabla. 2. 3. Propiedades físicas y eléctricas de las paredes componentes de la database.	59
Tabla. 2. 4. Propiedades físicas y eléctricas de las puertas componentes de la database.	60
Tabla. 2. 5. Propiedades físicas y eléctricas de elementos de vidrio en la database.	61
Tabla. 2. 6. Propiedades físicas y eléctricas de pisos, columnas y techos en la database.	61
Tabla. 2. 7. Cuadro comparativo de tecnologías para conformar el backbone de la red LAN.	80
Tabla. 3. 1. Tipos de Trama estándar IEEE 802.3.	89
Tabla. 3. 2. Ventajas y desventajas de una red “client/server”.	108
Tabla. 4. 1. Cuadro comparativo de Puntos de Acceso (AP).	135
Tabla. 4. 2. Cuadro comparativo de Adaptadores de Red PCI (Tarjetas Inalámbricas).	136
Tabla. 4. 3. Cuadro comparativo de Adaptadores de Red USB compactos (Tarjetas Inalámbricas).	136
Tabla. 4. 4. Lista de precios de materiales de Cableado Estructurado, para montaje de la Intranet.	140
Tabla. 4. 5. Precio del Servidor de Comunicaciones, con plataforma de servicios de red.	141
Tabla. 4. 6. Detalle de precios de mano de obra general.	142

Tabla. 4. 7. Detalle de precios de mano de obra especializada.	143
Tabla. 4. 8. Determinación del Monto Total de Inversión estimado para la Intranet del CATI.	144
Tabla. 4. 9. Cronograma de ejecución del proyecto de la Intranet del CATI.	145
Tabla. 5. 1. Clases de Ethernet para instalaciones de redes.	152

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Access Point	Punto de acceso a una WirelessLAN. Es la interfase entre el medio inalámbrico del usuario y el medio guiado de la red.
ANSI/TIA/EIA 568B	Normativa referencial para cableado estructurado, donde se establecen estándares para cableado, según medios físicos, materiales, conexiones, etc.
Backbone	Medio troncal de transmisión, en una red de comunicaciones. Soporta la comunicación de las ramificaciones, especialmente en topologías de árbol y estrella extendida.
Cabling Analyzer	Analizador de cableado. Equipo o dispositivo electrónico para verificación y pruebas de cableado de red.
Ethernet	Tecnología de redes similar al estándar IEEE 802.3, que constituye una técnica de control de acceso a un medio de transmisión guiado.
Firmware	Software residente en equipos de red y computación en general. Permite el funcionamiento y administración del dispositivo.
Hacking	Ejecución de acciones para violentar el acceso y la seguridad de redes de comunicaciones, con diversos fines negativos como robo de información, sabotaje, etc.
Intranet	Red privada e interna, conformada por una o más redes LAN.
NIC	Del inglés Network Interface Card, tarjeta para conexión a una red.
OSI	Del inglés Open System Interconnection, o interconexión de sistema abierto. Modelo referencial para desarrollo de redes de comunicaciones, establecido por la ISO.
PHP	Del inglés Previous Hypertext Processor, o preprocesador de hipertextos. Servidor interfase entre bases de datos y documentos html.
PDA	Del inglés Personal Digital Assistant. Asistente personal digital. Equipo ordenador o computador de mano.
Pocket PC	PDA de la línea del fabricante Hewlett – Packard. Su característica es utilizar sistema operativo Windows, así como software de Microsoft, del mismo estilo que los computadores personales corrientes.
Red LAN	Del inglés Local Area Network. Red de datos de área local. Se caracteriza por tener relativamente pequeñas extensiones, pero muy altas velocidades de transmisión.

Service Packet 2 (SP2)	Paquete de Servicios No. 2, del fabricante Microsoft. Actualización para Windows XP que incluye correcciones de seguridad, nuevos protocolos, actualizaciones de software, etc.
Spam	Recepción de correo “basura” o no solicitado.
Spoof	Suplantación de dominio, para envío de correo spam.
Spyware	Software malicioso que se hospeda secretamente en un computador para publicar datos de éste al Internet.
Subcapa MAC	Del inglés Medium Access Control. Parte de la capa 2 del modelo OSI, encargada de controlar el acceso al medio de transmisión.
Suite de software	Familia de programas de software agrupados en un solo paquete.
Switch	Dispositivo concentrador de conexiones de red, trabaja a nivel de capa 2 o 3 del modelo referencial OSI, según el tipo.
WirelessLAN	LAN inalámbrica, red de datos sobre área local, que utiliza ondas radioeléctricas como medio de transmisión.
Wireless Fidelity (WI-FI)	Fidelidad inalámbrica. Se refiere al cumplimiento de normas de la familia IEEE 802.11, de una manera certificada, para asegurar compatibilidad e interoperatividad.

Sangolquí, 01 de Agosto de 2005

HOJA DE LEGALIZACIÓN

Juan Carlos Ibarra Cárdenas

David Alejandro Trujillo Otáñez

AUTORES

Tcm. E.M. Ing. Marcelo Gómez

DECANO

Dr. Jorge Carvajal

SECRETARIO ACADÉMICO