

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“APLICACIÓN DEL MODELO DE KOLB EN LA ENSEÑANZA DE LAS TELECOMUNICACIONES BASADAS EN MEDICIONES DE DENSIDAD DE POTENCIA UTILIZANDO EL ANALIZADOR ESPECTRAL NARDA SRM-3000.”

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

Presentada por:

Estefanía Elizabeth Mantilla Contreras

GUAYAQUIL – ECUADOR

2009

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme llegar a conseguir esta meta, a mi mami por ser mi ejemplo principal para seguir adelante, a mi familia: mi hermana, mi tía, y mi padre por estar siempre junto a mí, a mis profesores por compartir conmigo no solo conocimientos sino también una amistad, a mis amigos por ser lo que son y especialmente al Dr. Boris Ramos por su sabia orientación y a mis amigos del Grupo IRNI por su apoyo incondicional.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Jorge Aragundi

SUB-DECANO DE LA FIEC

PRESIDENTE

Dr. Boris Ramos

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Washington Medina

VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta
Tesis de Grado, me corresponden
exclusivamente; y el patrimonio intelectual de
la misma a la ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Estefanía Mantilla Contreras

RESUMEN

El desarrollo del conocimiento exige una nueva estructura de enseñanza complementaria basada en la experimentación. Un modelo desarrollado por David Kolb, percibe el aprendizaje como un ciclo de 4 fases: Observando, pensando, haciendo y sintiendo. Pasando de la observación de efectos, hacia el análisis de la explicación de los mismos, luego la experimentación para probar las hipótesis, y finalmente obteniendo nuestros propios criterios de los conceptos mediante el análisis de los resultados, y así lograr corroborar los conocimientos teóricos, y la creación de nuevos conocimientos impulsando la investigación.

En la actualidad La enseñanza de las telecomunicaciones a nivel de pregrado, generalmente ha sido complementada con prácticas de laboratorio. Este método tradicional en la mayoría de los casos carece de prácticas estudiantiles con aplicación en la vida real, lo cual no permite cerrar el ciclo de Kolb tan relevante para la formación de ingenieros investigadores crítico-analíticos de la ciencia, sin lograr así una aprehensión efectiva de los conocimientos teóricos. Mediante el avance de la tecnología, los estudiantes pueden participar de formas no tradicionales de enseñanza-aprendizaje experimentales a través del uso de equipos para experiencias de campo o simulaciones por computadores.

El objetivo de este proyecto es aplicar el Modelo de KOLB en la enseñanza de las telecomunicaciones mediante el desarrollo de un manual de prácticas didácticas experimentales para el curso de comunicaciones inalámbricas. En el manual se desarrollarán procedimientos de medición de potencia de señales de radio frecuencia usando un analizador espectral portátil, aplicando conceptos de modelamiento de propagación, análisis de cobertura de redes inalámbricas y emisiones de radiación no ionizante. Con el uso de este manual los estudiantes podrán reforzar los conocimientos teóricos adquiridos en clase mediante experimentación, utilizando instrumentos de medición y casos de estudio reales.

INDICE GENERAL

RESUMEN	V
INDICE GENERAL	VII
INDICE DE FIGURAS.....	X
INDICE DE TABLAS	XII
ABREVIATURAS	XIV
1. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA PRÁCTICA	4
1.1 INTRODUCCIÓN	4
1.2 Importancia De La Enseñanza-Aprendizaje Experimental	7
1.3 ESTILOS DE APRENDIZAJE.....	7
1.3.1 Estilos de Dicotomía	9
1.3.2 Auditivo, Sinestesia, y Modos visuales	10
1.3.4 Modelo de aprendizaje experimental de KOLB y su importancia en la enseñanza de las telecomunicaciones	12
2. PROPAGACIÓN DE LA SEÑAL EN UNA RED INALÁMBRICA.....	17
2.1 Características del canal	19
2.2 Modelos de propagación	21
2.2.1 Modelamiento de propagación indoor (ambiente interior): Método Gradiente Distancia- Potencia	26
2.3 Fundamentos y características de la Tecnología WIFI 802.11 g.....	29
3. RADIACIONES NO IONIZANTES.....	33

3.1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	35
3.2 Estándares de telecomunicaciones	37
3.3 Efectos biológicos de exposición RF.....	45
3.4 Técnicas para mediciones precisas de flujo de potencia en estaciones base celulares.	47
4. DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS DIDACTICAS.....	51
4.1 Descripción del Analizador espectral NARDA SRM 300.....	52
4.2. Modelo de propagación y análisis de desempeño de redes WIFI IEEE 802.11g basado en mediciones de pérdida potencia en la ESPOL.....	55
4.2.1 Elaboración de la Práctica para el curso de Comunicaciones Inalámbricas.	56
4.3 Medición del nivel de emisión de radiaciones no ionizantes de estaciones base celulares	76
4.3.1 Descripción del caso de estudio.	76
4.3.2 Descripción del Procedimiento de la SUPERTEL :.....	78
4.3.3 Formato de práctica y reporte.....	83
5. APLICACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DIDÁCTICAS Y SU IMPACTO EN EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES.....	91
5.1 Aplicación del Ciclo de KOLB en la enseñanza de las Comunicaciones Inalámbricas.....	92
5.2 Estudio del impacto en el aprendizaje de los estudiantes usando el método de KOLB en laboratorios experimentales.	106

5.2.1 Encuestas y resultados.....	108
5.2.2 Análisis de resultados.....	111
CONCLUSIONES.....	119
RECOMENDACIONES.....	123
ANEXOS.....	124
BIBLIOGRAFIA.....	182

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Ciclo científico de Aprendizaje	8
Figura 1.2. Ciclo de KOLB para el aprendizaje	13
Figura 2.1.- Ejemplos de multicaminos en diferentes canales de radio. (a) dispersión en la tropósfera, (b) microonda LOS, (c) señales de radio móviles, (d) señal de radio en áreas internas.....	20
Figura 2.2 Potencia recibida vs Distancia entre un terminal móvil y una estación base, ajuste lineal con su respectiva pendiente, mutipath fading, and shadow fading.....	25
Figura 3.1. Onda Electromagnética	33
Figura 3.2 El espectro Electromagnético	36
Figura 3.3. Antena Celular sobre un piso alto.....	46
Figura 3.4 Medición de RNI en una antena celular mediante un analizador espectral portátil.....	49
Figura 4.1. Analizador Espectral NARDA SRM-3000	53
Figura 4.2.-Plano de la planta baja del edificio	57
Figura 4.3. Pérdida de potencia vs Distancia en escala Logarítmica en la primera medición del AP1.....	63
Figura 4.4. Pérdida de potencia vs Distancia en escala Logarítmica en la segunda medición del AP1.....	65

Figura 4.5. Pérdida de potencia vs Distancia en escala Logarítmica.....	67
Figura 4.6. Mapa de ubicación de los puntos de medición	77
Figura 4.7. Analizador espectral	84
Figura 4.8. Antena del Analizador Espectral NARDA SRM 3000.....	84
Figura 5.1. Adaptación del Modelo de KOLB en el Desarrollo de un Modelo de Propagación de Radiofrecuencia IEEE 802.11 g.....	94
Figura 5.2. Adaptación del Modelo de Kolb en el Análisis de desempeño de una red WLAN IEEE 802.11 g.	99
Figura 5.3. Medición de RNI en una estación base según Kolb.....	103
Figura 5.4. Porcentaje de estudiantes con respecto a la asistencia de las prácticas.	111
Figura 5.5. Porcentaje de estudiantes que mejoraron sus notas y los que no mejoraron sus notas después de las practicas.	112
Figura 5.6. Evaluación de los estudiantes con respecto a la mejoría de sus notas y la asistencia a las prácticas.....	113
Figura 5.7. Evaluación de los estudiantes con respecto a la mejoría de sus notas y la elaboración del reporte.....	115
Figura 5.8 Evaluación de los estudiantes con respecto a la mejoría de sus notas, la elaboración del reporte y la asistencia a las prácticas.	115

INDICE DE TABLAS

Tabla I: Niveles de referencia para exposición ocupacional a Campos Eléctricos y Magnéticos (valores rms no perturbados).....	43
Tabla II : Niveles de referencia para exposición poblacional a Campos Eléctricos y Magnéticos (valores rms no perturbados	43
Tabla III: Datos técnicos del transmisor	60
Tabla IV: Datos obtenidos de la primera medición en el AP1	62
Tabla V: Datos obtenidos en la segunda medición en el AP1	64
Tabla VI: Datos obtenidos de la primera medición en el AP2	66
Tabla VII: Segunda Medición en el AP2	68
Tabla VIII: Promedio de datos de L_o [dBm].	69
Tabla IX: Tasa de datos y RSS para IEEE 802.11g.....	71
Tabla X:. Toma de datos de ubicación de los puntos de medición de RNI alrededor de la estación base celular ubicada en la Cdla. Saiba.....	79
Tabla XI: Datos obtenidos en las mediciones de RNI en la zona poblacional alrededor de la SB ubicada en la Cdla. Saiba.	81
Tabla XII: Informe de inspección de emisiones de RNI	82

Tabla XIII : Resultado de la aplicación del método de KOLB mediante prácticas
experimentales a los estudiantes del Curso de Comunicaciones Inalámbricas.

..... 110

ABREVIATURAS

AP	Punto de Acceso
BS	Estación Base
CCH	Control Channel
GSM	Global system for mobile communications
MS	Mobile Station
RF	Radio Frequency
WFI	Wireless Fidelity
WLAN	Red Inalámbrica Local

INTRODUCCIÓN

La educación vocacional siempre ha entendido que si quiero enseñar a alguien cómo reparar un auto, necesito un auto que reparar. Quien ha escuchado alguna vez que se enseñe a nadar en un aula tradicional? De esta manera se está aprendiendo que *'Para enseñar realmente ciencia, tenemos que hacer ciencia'* (14).

En la actualidad La enseñanza de las telecomunicaciones a nivel de pregrado, generalmente ha sido complementada con prácticas de laboratorio. Este método tradicional en la mayoría de los casos carece de prácticas estudiantiles con aplicación en la vida real, lo cual no permite cerrar el ciclo de KOLB tan relevante para la formación de ingenieros investigadores crítico-analíticos de la ciencia, sin lograr así una aprehensión efectiva de los conocimientos teóricos.

Mediante el avance de la tecnología, los estudiantes pueden participar de formas no tradicionales de enseñanza-aprendizaje experimentales a través del uso de equipos para experiencias de campo o simulaciones por computadores.

Estas experiencias basadas en mediciones de potencia de radio frecuencia, se dividen en dos procesos: El primero describe el Desarrollo de un Modelo de Propagación de una red WIFI 802.11 g, y el segundo proceso es basado en Mediciones de Radiaciones No Ionizantes emitidas por una estación base celular. Estos procedimientos se plasman en dos prácticas orientadas a la aplicación y refuerzo de los conocimientos de estudiantes del Curso de Comunicaciones Inalámbricas de la ESPOL.

El contenido de este trabajo se ha dividido en cinco capítulos: El capítulo 1 se enfoca en los estilos de aprendizaje que existen e introduce de una manera clara el Método de aprendizaje de KOLB. En el capítulo 2 se ofrece información relevante con respecto a la propagación de señales en una red inalámbrica, sus características y principalmente se enfatiza en la utilización del Método Gradiente Distancia-Potencia para modelar la propagación de la señal en una red WIFI 802.11 g de un área indoor (ambiente interior). En el capítulo 3 se presenta la introducción a las Radiaciones no Ionizantes, sus efectos en la salud humana, y organismos encargados del control de las mismas. En el capítulo 4 se describe el caso de estudio desarrollo de las prácticas experimentales basadas en mediciones de radio frecuencia, aplicando el modelo de aprendizaje de KOLB. Finalmente en el capítulo 5 se presenta la adaptación del ciclo de

KOLB en la enseñanza de las Comunicaciones Inalámbricas y su impacto en los conocimientos de los estudiantes, para esto se realizó encuestas a un grupo de estudiantes del curso de Comunicaciones Inalámbricas de la ESPOL, quienes realizaron las prácticas y fueron evaluados.

CAPITULO 1

1. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA PRÁCTICA

1.1 INTRODUCCIÓN

Existen muchas actividades experienciales que se realizan o pueden realizarse dentro del aula, como son juegos y simulaciones. Los Juegos son unas actividades, generalmente cortas en el tiempo en las que varios participantes compiten o colaboran, y que frecuentemente tienen la característica de ser divertidas. Por otro lado las simulaciones son experiencias de aprendizaje interactivas que tratan de ser espejo de una situación real. Las decisiones que los participantes toman y las acciones que llevan a cabo producen cambios o pueden estar afectados por dichos cambios, pero la metodología de enseñanza práctica busca a la vez una formación experiencial que se lleva a cabo fuera del aula.

La metodología de enseñanza práctica es interpretada de diferentes maneras alrededor del mundo. Se entiende como formación OUTDOOR (ambiente exterior) o también enseñanza HANDS ON (mediante las manos) (15).

Formación Outdoor (Outdoor Training) es el nombre usual para esta metodología. Los tipos de actividades que pueden llevarse a cabo forman una larga lista. Tareas que exigen iniciativa, creatividad, tareas de orientación en situaciones con varia complejidad, exploración de cuevas, escalada y rapel, navegación a vela, montañismo, rafting, construcción de una balsa, de un puente, ejercicios con cuerdas y combinaciones de varias de estas actividades a lo largo de uno o varios días. Obviamente tienen distintos niveles de complejidad, de exigencia logística y de medidas de seguridad necesarias, pero algunas pueden realizarse simplemente en un jardín (15).

De igual forma, el aprendizaje HANDS-ON se ha convertido en una frase común en la educación de la ciencia. Como otros términos y frases, hay varias interpretaciones de lo que significa HANDS-ON. El aprendizaje HANDS-ON es ciertamente aprender haciendo. La educación vocacional siempre ha entendido que si quiero enseñar a alguien cómo reparar un auto, necesito un auto que reparar. Quien ha escuchado alguna vez que se enseñe a nadar en un aula

tradicional? De esta manera se está aprendiendo que '*Para enseñar realmente ciencia, tenemos que hacer ciencia*' (14).

Aprendizaje HANDS-ON mediante Doing-Helping (hacer y ayudar), un estudiante adquiere conocimientos y habilidades fuera de libros y lecturas. Se puede aprender a través de trabajos, juegos y otras experiencias. Los profesores en conjunto de varias experiencias HANDS-ON, principalmente en las Matemáticas y en las Ciencias, se aseguran del entendimiento de los estudiantes de conceptos nuevos y familiares. El aprendizaje HANDS-ON puede ser usado también para evaluar los conocimientos y la aprehensión de los estudiantes. Es la única manera para que los estudiantes puedan directamente observar y entender la ciencia (14).

A medida que los estudiantes desarrollen técnicas para observar y evaluar todo alrededor de ellos, poco a poco aprenden el QUÉ, CÓMO, CUÁNDO y POR QUÉ de las cosas con las cuales interactúan. Estas experiencias son necesarias principalmente si se trata de potenciales jóvenes investigadores y científicos.

1.2 IMPORTANCIA DE LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE EXPERIMENTAL

Los ciclos de aprendizaje sucesivos permiten refinar el concepto aprendido, que es el resultado del proceso de aprendizaje.

A medida que los estudiantes aplican más sus conocimientos ya evaluados en clase, ellos tienen un mayor desempeño en la vida diaria tanto profesional como estudiantil. Pueden descubrir la importancia de la ciencia que varios años han estudiado. Se puede entender su aplicación, y su uso mediante experimentaciones.

1.3 ESTILOS DE APRENDIZAJE

Qué hace que los estudiantes se distraigan o no aprendan lo que los maestros enseñan? Acaso simplemente ciertos estudiantes no son hábiles con ciertos temas como matemáticas o física por ejemplo? O será que se requieren nuevas técnicas o formas de llegar al estudiante de tal manera que sea menos complicado adaptarse a las clases. Sin embargo los estudiantes generalmente atraviesan un desequilibrio causado por la nueva información que no puede ser debidamente explicada por los viejos modelos y la inhabilidad para resolver problemas requeridos.

Existe una teoría de cómo enseñar ciencia la cual es conocida como el *ciclo científico de aprendizaje* (ver figura 1.1). En la literatura es llamado simplemente *Ciclo de Aprendizaje* (8). Este ha sido extensamente usado y evaluado en la ciencia y educación como en varios niveles de centros educativos. Se ha comprobado que el ciclo de aprendizaje científico es mas efectivo en la enseñanza de la ciencia que cualquier método tradicional (8).



Figura 0.1: Ciclo científico de Aprendizaje

En la fase EXPLORACIÓN, los estudiantes exploran nuevos fenómenos con poca guía. Ellos descubren algunos de los patrones o conceptos envueltos. En la segunda fase, llamada INTRODUCCIÓN DE CONDICIONES o introducción

de conceptos, el profesor presenta las condiciones términos o definiciones. Los estudiantes están animados a usar estos términos para describir los patrones. Esta fase debe ser complementada con lecturas, videos o discusiones. En la tercera fase, la APLICACIÓN DE CONCEPTOS, o expansión de ideas, los estudiantes aplican las nuevas ideas, términos, condiciones, o patrones para nuevos ejemplos.

1.3.1 Estilos de Dicotomía

Muchos investigadores han descrito estilos de aprendizaje de dicotomía. Dicotomía se refiere a la división en dos partes, con respecto a esto existen ciertos esquemas estilos de dicotomía donde se especifica la comparación de dos forma de aprendizaje. Algunos incluyen la dicotomía de sentido-intuición , mientras otros presentan la dicotomía entre separar y conectar conocimientos. Además se resalta la dicotomía entre memorizar y el verdadero aprendizaje. Reflexión versus impulso mide la tendencia entre reflejar posibles respuestas o el impulso de seleccionar una solución. Los estudiantes que aprenden a través del impulso necesitan que se les enseñe muy despacio, de tal manera que al final lean todas las respuestas posibles (8).

Un estilo de dicotomía que se debe de citar involucra procesamiento activo y reflexivo de información. Este estilo de dicotomía es parte del ciclo de aprendizaje de KOLB el cual se explica en la sección 1.3.3. Practicantes activos quieren hacer algo con la información en el mundo exterior. Por ejemplo, ellos quieren discutir, enseñar, resolver, o hacer algo. Ellos quieren realizar alguna actividad o aprender haciendo. La reflexión individual realiza el procesamiento de la información internamente. Anderson (1991) encontró que los estudiantes de ingeniería prefieren procesamiento activo, mientras que el estilo de enseñanza preferido es el reflexivo (8).

1.3.2 Auditivo, Sinestesia, y Modos visuales

Las personas usan tres modos diferentes para percibir el mundo: Auditivo, Sinestesia (Kinesthetic) y Modos Visuales. Todos sin un mayor impedimento físico, tienen la habilidad para usar los tres modos. Por ejemplo, en una fiesta, generalmente se puede primero disfrutar de la vista de la comida y la mesa. Luego se puede disfrutar de oler, probar, sentir (todo sinestesia) de la comida y bebida. Finalmente, después de comer, se puede sentar y disfrutar de la fiesta hablando acerca de lo maravillosa que estaba. Como en otros aspectos de

aprendizaje, muchos de nosotros hemos desarrollado un modo favorito de percepción para aprender acerca del mundo (8).

El aprendizaje de sinestesia incluye probar, tocar, oler, y sentir. Este aprendizaje ocurre en la educación de ingenieros cuando los estudiantes trabajan en un laboratorio y manipulan componentes reales como herramientas, equipos como protoboards. Escribir acerca de algo es una buena forma de aprender, ya que incluye parte de aprendizaje de sinestesia y auditivo. Los aprendices visuales prefieren procesar información en figuras, y aprender de diagramas, cuadros, fotos, equipos actuales, imágenes y demás. Este modo parece ser el preferido de la mayoría de las personas como se lo entiende en la frase: "Una foto vale más que mil palabras", pues la información visual se torna más fácil de entender y captar en la memoria que las palabras. Los modos visuales como estilo de aprendizaje se los incluye sin duda en la educación de ingeniería en muchas formas como las gráficas de ecuaciones. Los métodos de solución gráfica son más sencillos para muchos estudiantes para entender, que resolver ecuaciones analíticamente (8).

Los métodos auditivos son comúnmente usados en sistemas de educación occidentales, donde incluyen conferencias y publicaciones de materiales. La

lectura en las culturas del occidente es una representación visual de las técnicas de aprendizaje auditivas. En cambio, la educación oriental es caracterizada por las técnicas de procesamiento más visual. Escribir palabras o ecuaciones en un pizarrón es también una representación visual de un método auditivo (8).

1.3.4 Modelo de aprendizaje experimental de KOLB y su importancia en la enseñanza de las telecomunicaciones

David Kolb es el autor de un modelo de aprendizaje genérico, que permite identificar los enlaces perdidos en los procedimientos de enseñanza comunes. El aprendizaje mediante experiencias KOLB, se basa en un ciclo de cuatro pasos ilustrados en la figura 2. Estas cuatro fases: observando, pensando, haciendo, y sintiendo; explican las cuatro etapas que se requieren para finalmente lograr un proceso de aprendizaje efectivo. El aprendiz necesariamente debe de cambiar constantemente entre sus habilidades físicas y cognitivas para poder desarrollar este proceso de aprendizaje práctico (11).

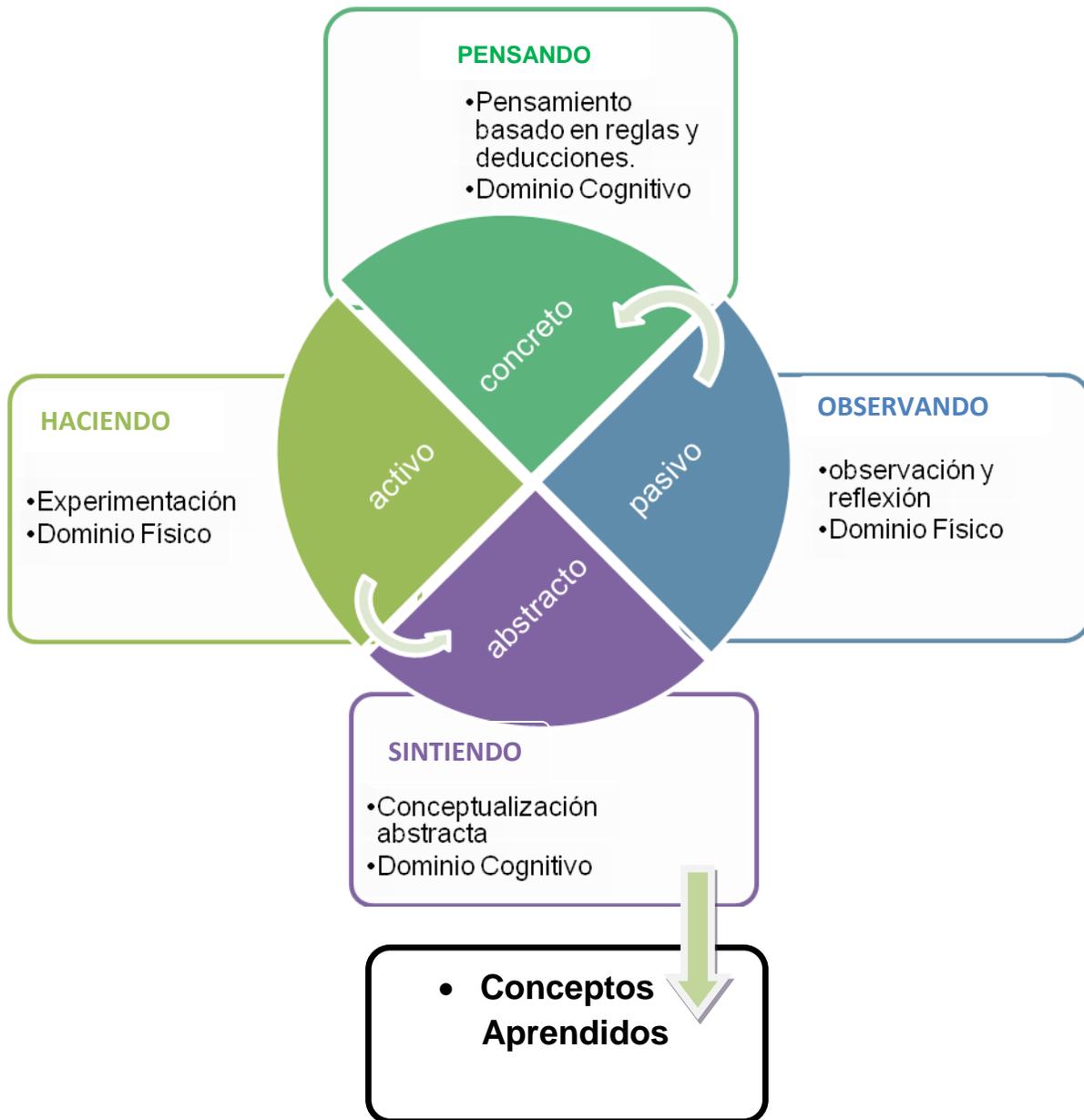


Figura 0.2. Ciclo de KOLB para el aprendizaje

Se inicia con la etapa de OBSERVACIÓN cuidadosa de efectos, fenómenos alrededor, para discernir patrones organizados (ver figura 1.2). Entonces estos patrones pasan a ser analizados en la fase de PENSANDO, lo cual debería crear una experiencia concreta de la realidad. Estas experiencias concretas analizadas tienen que ser evaluadas a través de la EXPERIMENTACIÓN conducida mentalmente o mediante modelos matemáticos o físicos. Finalmente, esta experimentación tiene que ser traducida en conceptos abstractos y conceptos generales a través de procesos cognitivos manejados desde el principio por los SENTIMIENTOS, que debería organizarse en observaciones cuidadosas y así, de este modo invocar otro ciclo de aprendizaje.

Las facultades de aprendizaje, acorde al modelo de KOLB, residen en dos funciones humanas básicas: física y cognitiva; cada cual integrada por dos dimensiones, las cuales están también ilustradas en la figura 1.2. La primera dimensión, concierne a las funciones físicas pasiva- activa. La segunda, concierne a las funciones cognitivas concreta-abstracta. De este modo, la facultad de observación es una función física pasiva, pensando es una función cognitiva concreta, haciendo es una función física activa y sintiendo es una función cognitiva abstracta.

Generalmente el ciclo de KOLB no se cierra en la enseñanza de las Telecomunicaciones e ingenierías en general, por ejemplo, existen etapas faltantes necesarias para lograr la efectiva aprehensión de los conocimientos. Se sabe que los estudiantes reciben clases teóricas, donde se les alimenta con nuevos conocimientos, analizados y demostrados en el pasado y simplemente se los toma como válidos, esto desarrolla una actitud de observación y análisis, donde se trata de pensar en ciertos patrones pero nada profundo debido a que no se espera comprobar ningún resultado. Si es verdad, los estudiantes se acercan a la etapa de experimentación, aplicando sus conocimientos en deberes, tareas, proyectos, incluso en laboratorios de simulación, lo cual no tiene nada negativo pero aquello no permite concluir el ciclo de enseñanza completamente. Se requiere la fijación de una hipótesis, pensar en ciertos patrones en la vida real, buscar la forma de comprobarlo, teniendo una experiencia práctica fuera del aula, y luego una etapa fundamental, abstraer los conocimientos, los estudiantes deben ser capaces de lograr tomar aquellos conocimientos aplicados como propios , después de haber observado, indagado, pensado, experimentado y finalmente sentido como conocimiento abstracto que pasa a formar parte de nuestra vida como saber manejar la bicicleta o sumar o restar, que simplemente se lo sabe y no se necesita revisar apuntes pasados para poder dominarlos.

Terminado el ciclo, un punto muy importante para la verdadera ingeniería es dar inicio a un nuevo ciclo mediante nuevas hipótesis basadas en lo abstraído. De ahí que destacamos a la investigación como una herramienta básica para crear nuevo conocimiento en la enseñanza de las telecomunicaciones mediante métodos cíclicos como es el método de KOLB.

CAPITULO 2

2. PROPAGACIÓN DE LA SEÑAL EN UNA RED INALÁMBRICA

Una red inalámbrica es una conexión de equipos sin el uso de cables. Existen redes inalámbricas de voz como el de telefonía celular y datos como la red inalámbrica para el acceso a internet.

La tecnología inalámbrica sin duda está desplazando el uso del cableado dando soluciones modernas en el ámbito de las comunicaciones. La telefonía móvil está cada vez más cerca de convertirse en un sistema de comunicación personal universal en el mundo, los teléfonos inalámbricos de casa son cada vez más comunes en reemplazo de los teléfonos con cables enrollados. Cada vez son más los hogares , los cafés , las empresas pequeñas, los aeropuertos o grandes compañías en los que se dispone de redes inalámbricas de computadoras.

El primer servicio que se liberó del cable fue la telefonía y con ello la transmisión de voz. La telefonía móvil apareció en los años setenta y poco a poco se ha ido

desarrollando hasta superar a la telefonía fija en el número de líneas, por ejemplo: en el en el año 2008 según las estadísticas en el Ecuador , la densidad de líneas fijas en el país fue de 13.4 % en comparación de las líneas móviles cuya participación es del 73 %. (16)

El constante y rápido desarrollo de Internet está causando que la informática sea cada vez más común en la vida diaria. Se observa que va creciendo el uso de redes inalámbricas en el Ecuador y es claro que cada vez los servicios de telefonía, internet u otros se han convertido en una necesidad colectiva si se busca mejorar la calidad de vida de una sociedad donde el acceso a internet se torna indispensable para mejorar el nivel de educación y los servicios de un país.

En este entorno, no es de extrañar que se esté creciendo en número de soluciones inalámbricas: GSM, UMTS, WIFI, BLUETOOTH, Dect, GPRS, 3G, LMDS, etc.

Uno de los aspectos más importantes para el desarrollo de una tecnología es la regulación. En cada país existe un organismo que se encarga de regular el uso del espectro electromagnético, es decir regular el uso de las bandas de frecuencias para así mantener el buen funcionamiento de los equipos de radio.

La mayoría de las bandas de frecuencia no pueden ser utilizadas a menos que se disponga de una licencia por ejemplo en el caso de la telefonía celular, emisoras de radio o tv. Sin embargo, existen bandas de frecuencia para las que no se necesita licencia de uso. Este es el caso de la banda 2.4 GHz y de 5 GHz utilizadas en redes inalámbricas locales(12).

2.1 Características del canal

En las comunicaciones inalámbricas, la presencia de reflectores en el ambiente alrededor de un transmisor y un receptor crean múltiples caminos que una señal transmitida puede atravesar. Como resultado, el receptor observa la superposición de múltiples copias de la señal transmitida, cada una atravesando diferentes caminos. Cada copia de la señal experimentara diferencias en atenuación, retardo y cambios de fase mientras viaja desde la fuente al receptor.

La figura 2.1 provee varios ejemplos de canales de radio de propagación por multicamino. En la figura 2.1 la señal transmitida es dirigida a través de la capa tropósfera de la atmósfera, la onda es dispersada (scattered) y cierta energía de la señal dispersada es alcanzada por el receptor. La figura 2.1 b representa una

conexión de micro-onda con línea de vista (LOS: line of sight). La figura 2.1 c representa un escenario de red móvil donde la señal recibida llega mediante diferentes caminos. La figura 2.1 d representa un simple escenario de multicamino para áreas indoor.

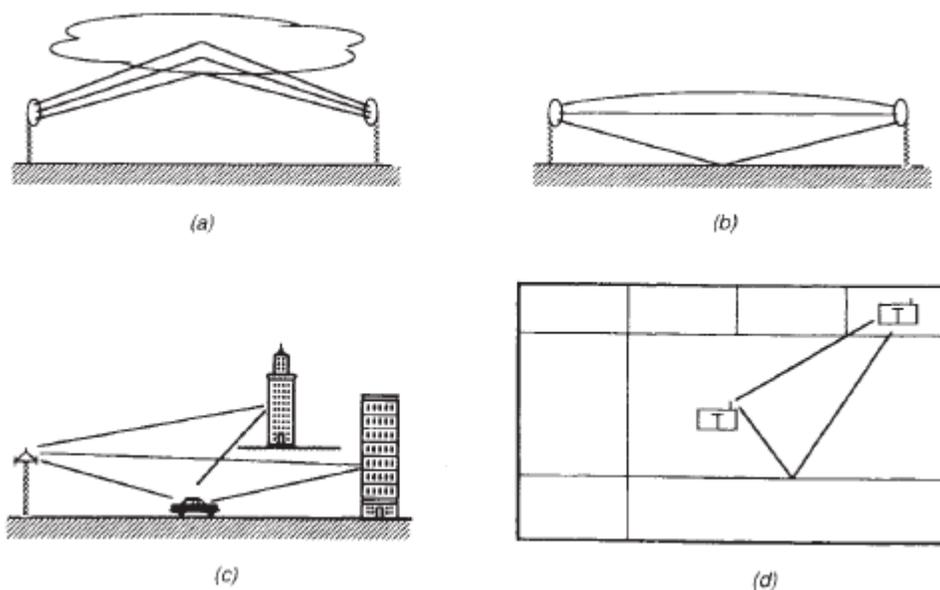


Figura 0.1.- Ejemplos de multicaminos en diferentes canales de radio. (a) dispersión en la tropósfera, (b) microonda LOS, (c) señales de radio móviles, (d) señal de radio en áreas internas.

La fase y la amplitud de la señal que llega a través de cada camino están relacionados con la longitud de la trayectoria (path length) y ciertas condiciones; esto produce considerables fluctuaciones de la señal recibida. Un análisis de propagación de multicamino puede ser hecho resolviendo ecuaciones de

MAXWELL con condiciones de frontera representando las propiedades físicas y arquitectónicas del ambiente. (2)

Los tres mecanismos de radio propagación son atribuidos a la reflexión difracción y dispersión. Estos tres efectos causan distorsiones en la señal de radio que produce atenuación debido a las pérdidas de potencia de la señal en su propagación. Los efectos más comunes en los edificios son las pérdidas a través de paredes, pisos y techos. Estos efectos junto a la pérdida de multicamino y la difracción causada por las esquinas son muy difíciles de evaluar.

2.2 Modelos de propagación

El objetivo de los modelos de propagación es frecuentemente determinar la probabilidad de rendimiento satisfactorio de un sistema de comunicación. Este es un factor principal en la planificación de una red de comunicación. Si el modelo es muy conservativo, podrían incurrir demasiados costos, y un modelo muy liberal puede resultar con un rendimiento insatisfactorio. Además la fidelidad de el modelo tiene que ajustarse a la intención de la aplicación. (17)

Existen modelos de desvanecimiento lo cual se refiere a la distorsión que una señal de telecomunicaciones modulada experimenta sobre cierto medio de propagación.

Los modelos de desvanecimiento (fading) de canal son usados frecuentemente para modelar matemáticamente los efectos de la transmisión electromagnética de información a través del aire. El desvanecimiento es usualmente modelado como un cambio en la amplitud y fase de la señal transmitida en una variación aleatoria del tiempo.

A medida que la distancia aumenta entre el transmisor y el receptor, la intensidad de la señal tendrá cortas y largas fluctuaciones debido a dos factores: La atenuación por multicaminos y por sombra. La Atenuación por multicaminos es el promedio de los cambios instantáneos en la potencia de la señal recibida causado por los cambios rápidos en la fase de la señal recibida desde diferentes caminos, debido a pequeños movimientos. La atenuación por sombra es el promedio de los cambios en la intensidad de la señal recibida causados por la posición relativa de objetos grandes, como esquinas, postes, paredes considerando como ejemplo un área de oficina.

Se han desarrollado dos modelos de propagación generales: Desvanecimiento lento (Slow Fading) y desvanecimiento rápido (Fast fading).

Slow and fast fading se refieren a la tasa a la cual se produce cambios de magnitud y la fase en el canal por las variaciones de la señal transmitida. El tiempo mínimo requerido para que el cambio de magnitud del canal vuelva al valor previo es llamado tiempo coherente (Coherence time).

- SLOW FADING (desvanecimiento lento): Surge cuando el tiempo coherente del canal es relativamente grande en relación al retardo límite del canal. El cambio de la amplitud y la fase del canal se consideran constantes sobre el periodo de uso. Slow fading es causado por diferentes razones la presencia de shadowing o efecto por sombra donde una obstrucción grande como paredes, montañas o edificios oscurecen el principal camino de la señal entre el transmisor y el receptor. El cambio de la amplitud causada por shadowing es frecuentemente modelado usando la distribución log-normal con una estándar de desviación acorde a el modelo logarítmico de camino mediante la pérdida de potencia a través de la distancia que es el efecto principal del Método Gradiente Distancia-Potencia detallado en el subcapítulo 2.3.1 (ver figura 2.2).

- FAST FADING (desvanecimiento rápido): Ocurre cuando el tiempo coherente de el canal es pequeño en relación al retardo limite del canal produciendo que la amplitud y la fase cambien considerablemente en un periodo de tiempo. En un canal fast fading la transmisión debe tomar ventaja de las condiciones de las variaciones del canal usando diversidad de tiempo para ayudar a incrementar el fortalecimiento de la comunicaciones mediante el uso temporal de un desvanecimiento bajo.

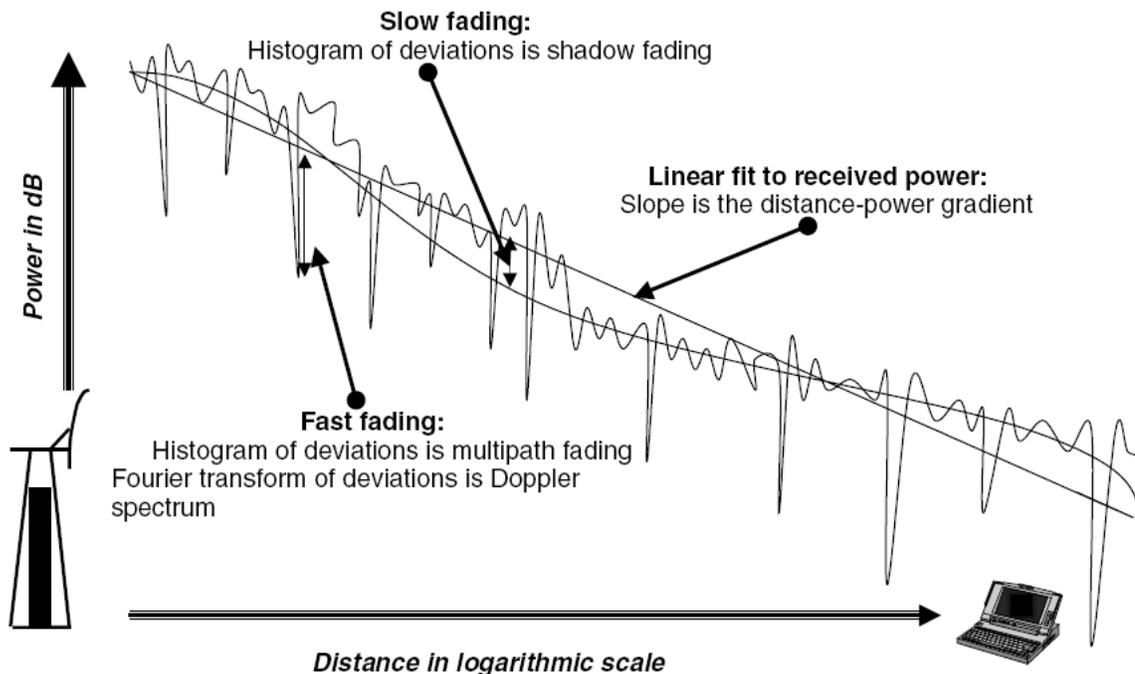


Figura 0.2 Potencia recibida vs Distancia entre un terminal móvil y una estación base, ajuste lineal con su respectiva pendiente, mutipath fading, and shadow fading.

En una gráfica de potencia vs distancia en escala logarítmica (ver figura 2.2), se puede apreciar el efecto la propagación Slow and Fast Fading. Se observa una recta que representa el ajuste lineal de los puntos de la gráfica, la pendiente de la recta indica un término que es llamado Gradiente Distancia-Potencia (α) que es usado en el método con su mismo nombre.

El gradiente distancia-potencia α es usado para la determinación del decrecimiento de potencia como función de la distancia desde el transmisor. Por

ejemplo, 10α es la atenuación promedio por década en relación al incremento de la distancia (2).

2.2.1 Modelamiento de propagación indoor (ambiente interior): Método Gradiente Distancia- Potencia

Un método consiste en ciertas ecuaciones matemáticas y pasos generales que al aplicarlas a algo específico, nos permite desarrollar un modelo. En el caso de los métodos de propagación, estas ecuaciones generales, pueden ser aplicadas a áreas específicas, obteniendo los datos necesarios, ya sea mediante mediciones utilizando equipos u otras formas, y así poder factores que caracterizan el área de propagación modelándolo.

El método más simple para relacionar la potencia de la señal recibida y la distancia es mediante el enunciado de que la potencia de la señal recibida P_r es proporcional a la distancia entre el transmisor y el receptor d , elevada a un exponente, el cual hace referencia al Gradiente Distancia-Potencia, y esto es:

$$P_r = \frac{P_0}{d^\alpha} \quad (2.1)$$

Donde P_0 es la potencia de la señal recibida a 1 m desde el transmisor. Para trayectorias de espacio libre, $\alpha = 2$. Para canales de radio indoor y urbano, la relación distancia-potencia varía según la ubicación de edificios o calles, tal como la construcción de los materiales, densidad y altura de edificios en el área.

La relación distancia-potencia (en decibelios) está dada por:

$$10 \log_{10} P_r = 10 \log_{10} P_0 - 10\alpha \log_{10} d \quad (2.2)$$

Donde $10 \log_{10} P_r$ y $10 \log_{10} P_0$ representa la potencia transmitida y recibida a 1 m en decibelios, respectivamente. El último término de la parte derecha de la ecuación representa la pérdida de potencia en decibelios con respecto a la potencia recibida a 1 m, y este indica que por cada 1-década que incrementa en distancia, la pérdida de potencia es 10α dB, y por cada 1-octavo que incrementa en distancia, este es 3α dB.

Para trayectorias libres o sin obstáculos, se ha establecido un $\alpha=2$ y la pérdida de potencia es de 20 dB/década de distancia.

Utilizando la ecuación 2.2, y definiendo la pérdida de potencia a 1 m en decibelios como $L_0 = 10 \log_{10} P_t - 10 \log_{10} P_0$, donde P_t es la potencia de la señal transmitida, la pérdida de camino L_p en decibelios está dada por:

$$L_p = L_0 + 10\alpha \log_{10} d \quad (2.3)$$

La cual representa la pérdida de camino total como la suma entre la pérdida de camino a 1 metro y pérdida de potencia relativa a la potencia recibida a 1 m. La potencia recibida en decibelios es la potencia recibida en decibelios menos la pérdida de camino total L_p . Esta ecuación normalizada es ocasionalmente usada en la representación de la relación distancia-potencia (2).

Mediante las ecuaciones ya descritas se obtiene el modelo de propagación mediante el método de Gradiente Distancia-Potencia, siguiendo los siguientes pasos:

- Tomar datos de la potencia en función de la disminución de la distancia.
- Luego graficar la potencia en decibelios para distancias en valores logarítmicos y determinar el gradiente como la pendiente de un ajuste lineal de las mediciones.

Este método es ajustable para áreas abiertas amplias donde la relación distancia potencia se mantiene el mismo en todas direcciones, y en áreas urbanas, donde las características de las calles fuerzan a los móviles a moverse

en líneas rectas. En muchas áreas internas, cuando nosotros cambiamos la dirección del movimiento desde la estación base o Access point, la arquitectura de la característica entre el transmisor y el receptor y consecuentemente el gradiente cambia. Así para medir el gradiente de la relación distancia potencia en un área interna dada, el transmisor es fijado en una localidad y el receptor es ubicado en un numero de lugares en varias direcciones con diferentes distancias entre el transmisor y el receptor. Incluso el promedio de la potencia recibida o la pérdida promedio de camino es graficado en db contra la distancia en una escala logarítmica. La pendiente de la recta obtenida con ajuste lineal es tomado como el gradiente de la relación distancia-potencia.

2.3 Fundamentos y características de la Tecnología WIFI 802.11 g

Las redes inalámbricas de área local o WLAN (Wireless Local Area Network) cubren distancias de unos cientos de metros. Estas redes están pensadas para crear un entorno de red local entre computadores o terminales situados en un mismo edificio o grupo de edificios. Este es el caso de WI-FI por ejemplo.

En el caso de las redes locales inalámbricas, el sistema que se impone es el normalizado por IEEE con el nombre de 802.11. A esta norma se la conoce habitualmente como WIFI o Wireless Fidelity (fidelidad inalámbrica).

Esta tecnología opera en la banda ISM (902 a 908 MHz, 2.4 a 2.5 MHz y 5.8 a 5.9 MHz). Como se mencionó anteriormente estas bandas no requieren licencia para su uso, lo cual ha favorecido para la implantación de la tecnología inalámbrica. Sin embargo, no se está exento de problemas a que estas bandas de frecuencias son utilizadas no sólo por la tecnología de redes locales inalámbricas, sino que tecnologías como Bluetooth utiliza también los 2,4 GHz pudiendo producirse problemas de interferencias.

El mayor inconveniente de los sistemas inalámbricos definidos originalmente por 802.11 es que trabajaban a velocidades de 1 y 2 Mbps. Esto unido al alto coste inicial de los equipos, hizo que la tecnología inalámbrica no se desarrollase hasta 1999. En este año aparecieron semiconductores de tecnología de radio de 2,4 GHz mucho más baratos.

Por otro lado aparecieron nuevas versiones de la norma 802.11:

- IEEE 802.11b, que subía la velocidad de transmisión a los 11 Mbps. Pues este motivo se la conoció también como 802.11 HR (High Rate o alta velocidad).
- IEEE 802.11a, Esta norma se diferencia de 802.11b en el hecho de que no utiliza la banda de 2,4 GHz, sino la de los 5 GHz y que utiliza una técnica de transmisión conocida como OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing o Multiplexación Ortogonal por División de Frecuencia). La gran ventaja es que se consiguen velocidades de 54 Mbps; llegándose a alcanzar los 72 y 108 Mbps con versiones propietarias de esta tecnología.
- IEEE 802.11 g, Surge en el año 2001 con la idea de aumentar la velocidad sin renunciar a las ventajas de la banda de los 2,4 GHz. Esta norma permite transmitir datos a 54 Mbps (12).

Lo mágico de las redes inalámbricas no es sólo que funcionen sin cables, sino también funcionan cuando ni siquiera podemos ver el punto de acceso al que nos estamos conectando, lo cual requiere mucho cuidado al momento de diseñar una red inalámbrica local, pues su rendimiento calidad servicio dependerá de aquello, teniendo en cuenta todos los efectos antes mencionados que afectan a la señal transmitida a través de la distancia hasta llegar al

receptor. Al ser afectada la potencia de la señal, la velocidad de la tasa de datos también sufre ciertos cambios que son indicados como datos técnicos en los equipos utilizados para la implementar una red inalámbrica.

CAPITULO 3

3. RADIACIONES NO IONIZANTES

Las ondas de radio son formas de energía electromagnética que son descritas por el término 'radiofrecuencia' o 'RF'. Las emisiones RF y fenómenos asociados pueden ser discutidos en términos de energía, radiación o campos. La radiación es definida como la propagación de la energía a través del espacio en la forma de ondas o partículas. La radiación electromagnética puede ser mejor descrita como ondas de electricidad y energía magnética moviéndose juntos a través del espacio como se ilustra en la figura 3.1. Estas ondas son generadas por el movimiento de las cargas de electricidad como en un objeto de metal conductivo o antena.

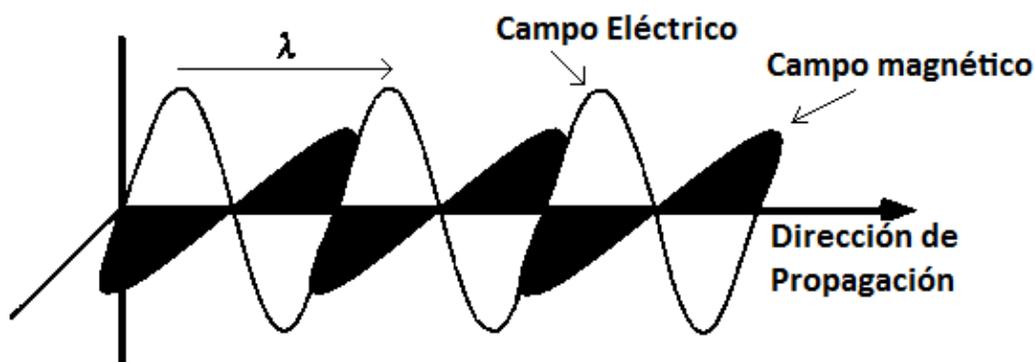


Figura 0.1. Onda Electromagnética

Por ejemplo, los movimientos alternantes de la carga en una antena usados por una antena de estación base celular genera ondas electromagnéticas que radian desde la antena transmisora y son interceptadas por la antena receptora tal como lo hace una antena de radio de carro o una antena integrada en un teléfono celular. El término 'campo electromagnético' es usado para indicar la presencia de energía electromagnética en un lugar determinado. El campo RF puede ser descrito en términos de intensidad de campo eléctrico y/o magnético en un área dada.

La energía electromagnética puede ser caracterizada por una longitud de onda y una frecuencia. La longitud de onda (λ) es la distancia cubierta por un ciclo completo de una onda electromagnética como se muestra en la figura 3.1. La frecuencia es el número de ondas electromagnéticas que pasan un punto dado en un segundo.

Las ondas electromagnéticas viajan a través del espacio a la velocidad de la luz, y la longitud de onda y la frecuencia de una onda electromagnética están inversamente relacionadas por la siguiente ecuación:

$$f = \frac{c}{\lambda} \text{ o } \lambda = \frac{c}{f} \quad \text{ec. 3.1}$$

Donde f es la frecuencia, c la velocidad de la luz y λ la longitud de la onda.

3.1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Las ondas electromagnéticas de alta frecuencia tienen longitudes de onda cortas y las ondas electromagnéticas de baja frecuencia tienen longitudes de onda largas. El 'espectro' electromagnético (figura 3.2) incluye todas las variaciones de formas de energía desde la energía electromagnética con frecuencia extremadamente baja (ELF), con longitudes de onda muy largas, a rayos X o rayos gamma, las cuales tienen frecuencias muy altas y longitudes de onda cortas como corresponde. Entre estas tenemos las ondas de radio, microondas, radiación infrarrojo, luz visible, y radiación ultravioleta, entre otras. La parte RF del espectro electromagnético es generalmente definido como la parte del espectro donde las ondas electromagnéticas tienen frecuencias en el rango alrededor de los 3 KHz a 300 GHz. Un KHz es igual a mil hertz, un megahertz (MHz) es igual a un millón de hertz y un gigahertz (GHz) es igual a un billón de hertz. Además, cuando se sintoniza la radio FM del carro en 101.5, eso significa que la radio del carro está recibiendo señales desde una estación emisora de ondas de radio a una frecuencia de 101.5 millones de ciclos por segundo, o 101.5 MHz (18).

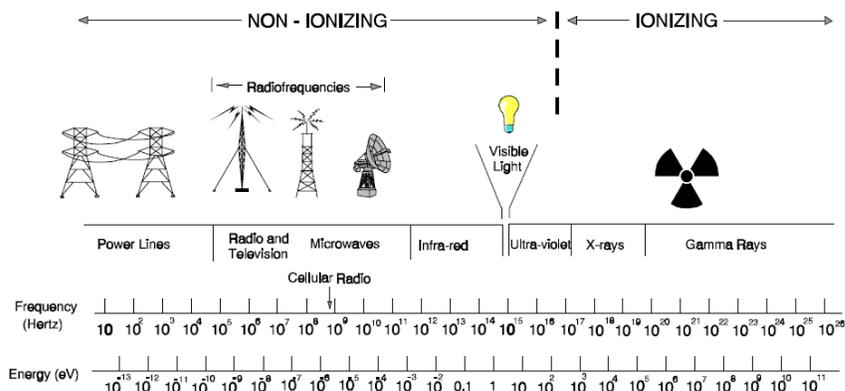


Figura 0.2 El espectro Electromagnético

Algunos fenómenos electromagnéticos pueden ser más fácilmente descritos si se considera a la energía como ondas, mientras que otros fenómenos son mejor explicados si se los describe considerando a la energía como un flujo de partículas o fotones. La energía asociada con un fotón, la unidad elemental de una onda electromagnética, depende de sus frecuencias o longitud de onda correspondiente. A mayor frecuencia de la onda electromagnética mayor será la energía de un fotón asociado a esta. Los fotones asociados con rayos X o gamma (los cuales tienen frecuencias muy altas) contienen una gran cantidad de energía. Los fotones asociados con diferentes frecuencias del espectro electromagnético son mostrados en la escala más baja de la figura 3.2.

La ionización es un proceso mediante el cual los electrones son separados de los átomos y moléculas. Este proceso puede producir cambios moleculares que pueden generar daños en el tejido biológico, incluyendo efectos en el ADN, el material genético. Este proceso requiere interacción con fotones que contengan un nivel alto de energía, como son los rayos X y gamma, que son ejemplos de radiaciones ionizante (RI).

Las energías de los fotones de las ondas electromagnéticas no son lo suficientemente potentes para causar la ionización de átomos y moléculas, por lo cual la energía RF es caracterizada como radiación no ionizante (RNI), siguiéndole la luz visible, la radiación infrarroja otras formas de radiación electromagnética con frecuencias relativamente bajas.

Es muy importante tener claros los términos 'ionizante' y 'no ionizante', cuando se discuten los efectos biológicos de la radiación electromagnética, dado que cada vez la exposición del cuerpo humano a estas ondas es mayor.

3.2 Estándares de telecomunicaciones

Las guías y estándares de exposición han sido desarrollados por varias organización y países varias década atrás. En Estados Unidos y parte de

Europa, las guías y estándares han sido generalmente basados en niveles de exposición donde ocurren efectos considerados perjudiciales al ser humano (18).

En 1974, la Asociación Internacional para la Protección contra la Radiación (IRPA) formó un grupo de trabajo para Radiaciones No- Ionizantes, el cual examinó los problemas suscitados en el campo de la protección contra los varios tipos de Radiaciones No- Ionizantes (RNI). En el Congreso de la IRPA en París en 1977, este grupo de trabajo se convirtió en Comité Internacional para las Radiaciones No- Ionizantes (INIRC) .

En cooperación con la División de Salud Ambiental de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la IRPA/ INIRC desarrolló un número de documentos sobre criterios de salud en relación a las RNI, como parte del Programa de Criterios de Salud Ambiental de la OMS, auspiciado por Programa de Naciones Unidas para el Ambiente (UNEP). Cada documento incluye una visión panorámica de las características físicas, mediciones e instrumentación, fuentes, y aplicaciones de las RNI, una revisión total de la literatura sobre los efectos biológicos y una evaluación de los riesgos a la salud provenientes de la exposición a las RNI. Estos criterios de salud han proveído la base de datos científica para el

subsiguiente desarrollo de los límites de exposición y los códigos de práctica relacionados a las RNI.

En el Octavo Congreso Internacional de la IRPA (Montreal, Mayo 18-22, 1992), fue establecida una nueva organización científica independiente- la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No- Ionizantes (ICNIRP)- como sucesora de la IRPA/ INIRC. Las funciones de la Comisión son investigar los peligros que pueden ser asociados con las diferentes formas de RNI, desarrollar recomendaciones internacionales sobre límites de exposición para las RNI, y tratar todos los aspectos sobre protección contra las RNI (19).

Para establecer los límites de exposición, la Comisión reconoce la necesidad de reconciliar diferentes opiniones de científicos. La validez de los reportes científicos tiene que ser considerada y las extrapolaciones de experimentos en animales a efectos en los seres humanos tienen que ser realizadas. Las restricciones en estas recomendaciones fueron basadas solamente en datos científicos, el conocimiento disponible a la fecha, sin embargo se debe indicar que dichas restricciones proveen un adecuado nivel de protección de la exposición a CEM(Campo Electromagnético) variables en el tiempo. Dos clases de recomendaciones son presentadas :

- **Restricciones básicas:** Restricciones a la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables en el tiempo que están basados directamente en los efectos en la salud establecidos son llamadas “restricciones básicas”. Dependiendo de la frecuencia del campo, las cantidades físicas usadas para especificar estas restricciones son la densidad de corriente (J), la tasa de absorción específica de energía (SAR), y la densidad de potencia (S), Sólo la densidad de potencia en aire, fuera del cuerpo, puede ser rápidamente medida en individuos expuestos.
- **Niveles de referencia:** Estos niveles son proporcionados para propósitos de evaluar en forma práctica las exposiciones para determinar si es probable que las restricciones básicas sean excedidas. Algunos niveles de referencia son derivados de restricciones básicas relevantes usando técnicas de medición y/o computacionales, y algunas están basadas en percepciones y efectos indirectos adversos por la exposición a los CEM. Las cantidades derivadas son la intensidad de campo eléctrico (E), la intensidad de campo magnético (H), la densidad de flujo magnético (B), la densidad de potencia (S) y las corrientes que fluyen a través de las

extremidades (IL). Las cantidades que están dirigidas a la percepción y otros efectos indirectos son las corrientes de contacto (IC) y, para campos pulsantes, la absorción de energía específica (SA). En cualquier situación de exposición particular, los valores medidos o calculados de cualquiera de estas cantidades pueden ser comparados con el nivel de referencia apropiado. Respetar los niveles de referencia asegurará que se respeten las restricciones básicas relevantes. Si los valores medidos o calculados exceden los niveles de referencia, no necesariamente son excedidas las restricciones básicas. Sin embargo, siempre que un nivel de referencia sea excedido, es necesario evaluar el cumplimiento de la restricción básica relevante y determinar si son necesarias medidas de protección adicionales(19).

Las recomendaciones de la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) están basadas en la metodología de la OMS para las evaluaciones de riesgos a la salud. Incorporan un factor de seguridad de 10 para la exposición laboral y 50 para la exposición poblacional. Han sido adoptadas como estándar para las RNI en más de 30 países y son

aceptadas por la OMS, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) (21).

Rango de Frecuencias (MHz)	Intensidad de Campo Eléctrico (Vm ³)	Intensidad de Campo Magnético (Am ³)	Densidad de Flujo Magnético (μT)	Densidad de Potencia (Wm ²)
Hasta 1 Hz	–	$1,63 \times 10^5$	2×10^5	–
1 – 8 Hz	20 000	$1,63 \times 10^5 / f^2$	$2 \times 10^5 / f^2$	–
8 – 25 Hz	20 000	$2 \times 10^4 / f$	$2,5 \times 10^4 / f$	–
0,025 – 0,82 kHz	$500 / f$	$20 / f$	$25 / f$	–
0,82 – 65 kHz	610	24,4	30,7	–
0,065 – 1 MHz	610	$1,6 / f$	$2 / f$	–
1 – 10 MHz	$610 / f$	$1,6 / f$	$2 / f$	–
10 – 400 MHz	61	0,16	0,2	10
400 – 2000 MHz	$3 f^{0,5}$	$0,008 f^{0,5}$	$0,01 f^{0,5}$	$f / 40$
2 - 300 GHz	137	0.36	0.45	50

Tabla I: Niveles de referencia para exposición ocupacional a Campos Eléctricos y Magnéticos (valores rms no perturbados)

Rango de Frecuencias	Intensidad de Campo Eléctrico (Vm ⁻¹)	Intensidad de Campo Magnético (Am ⁻¹)	Densidad de Flujo Magnético (μT)	Densidad de Potencia (Wm ⁻²)
Hasta 1 Hz	–	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	–
1 – 8 Hz	10 000	$3,2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	–
8 – 25 Hz	10 000	$4000 / f$	$5000 / f$	–
0,025 – 0,8 kHz	$250 / f$	$4 / f$	$5 / f$	–
0,8 – 3 kHz	$250 / f$	5	6,25	–
3 – 150 kHz	87	5	6,25	–
0,15– 1 MHz	87	$0,73 / f$	$0,92 / f$	–
1 – 10 MHz	$87 / f^{0,5}$	$0,73 / f$	$0,92 / f$	–
10 – 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 – 2000 MHz	$1,375 f^{0,5}$	$0,0037 f^{0,5}$	$0,0046 f^{0,5}$	$f / 200$
2 - 300 GHz	61	0.16	0.20	10

Tabla II : Niveles de referencia para exposición poblacional a Campos Eléctricos y Magnéticos (valores rms no perturbados)

Notas

1. f está en la frecuencia que se indica en la columna Rango de Frecuencias
2. Asumiendo que se cumplen las restricciones básicas y que se pueden excluir los efectos indirectos adversos los valores de las intensidades de campo pueden ser excedidos.
3. Para frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz, E2, H2, y B2, deben ser promediados sobre cualquier periodo de 6 minutos.
4. Para valores pico en frecuencias mayores a 100 kHz, ver las Figuras 3.1 y 3.2. Entre 100 kHz y 10 MHz los valores pico de las intensidades de campo son obtenidas de la interpolación desde 1,5 veces el valor de pico en 100 kHz hasta 32 veces el valor de pico en 10 MHz. Para frecuencias mayores a 10 MHz se sugiere que la intensidad de campo no exceda en 32 veces los niveles de exposición en intensidad de campo dados en esta tabla I y II.
5. Para frecuencias mayores a 10 GHz, E2, H2, y B2, deben ser promediados sobre cualquier periodo de $68/f$ minutos (en GHz).
7. No se provee valores de campo eléctrico para frecuencias menores a 1 Hz, los cuales efectivamente son campos eléctricos estáticos. Para la mayoría de gente la molesta percepción de cargas eléctricas en su superficie no ocurrirá para intensidades de campo menores a 25 kV/m . Las descargas tipo chispas causantes de estrés y molestia deberían ser evitadas (19).

En general en el Ecuador se establece la normativa recomendada por la ICNIRP, donde según la tabla 3.2, para exposiciones a antenas celulares para área poblacionales, el límite es de 4 W/m^2 , considerando la como frecuencia la de la banda celular 800 MHz

3.3 Efectos biológicos de exposición RF.

Un efecto biológico es una respuesta fisiológica medible a la exposición de CEM, no necesariamente, esto debe ser evaluado como peligroso. Un efecto adverso a la salud es un efecto biológico fuera del rango normal de compensación fisiológica del cuerpo que es perjudicial a la salud.

Se conoce que la exposición a campos de RF causa efectos a la salud por encima de 4 W/Kg causando cambios de comportamiento, reduciendo la resistencia debido al calor y no se ha encontrado ningún efecto por debajo de estos límites.

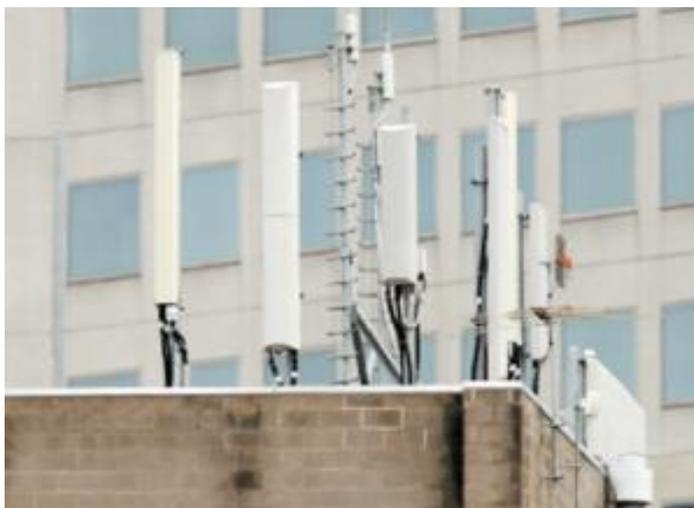


Figura 0.3. Antena Celular sobre un piso alto.

Actualmente las estaciones base, y puntos de acceso para redes celulares y locales respectivamente, se encuentra en lugares cercanos al medio ambiente, escuelas, aeropuertos y lugares de trabajo. Los niveles de campos RF que se producen generalmente están entre 100-1000 veces por debajo de los límites establecidos por el ICNIRP, por lo cual no pueden causar daño a los tejidos humanos.

Actualmente las operadoras celulares en el Ecuador se encuentran proporcionando información a los habitantes, debido a que, los principales problemas que se observan con respecto al tema, es la falta de información, pues es un hecho que cada vez se ubican más estaciones base celulares en zonas pobladas o cerca de establecimiento de salud y educación, lo cual ha sido necesario para así atender a la demanda de este servicio sin el perjuicio a la

salud. De esta manera, con el objetivo de ofrecer mayor cobertura de las redes celulares, se tienen varias opciones, una sería aumentar la potencia de transmisión de la antena celular lo cual representaría un peligro a la salud si se llegara a los límites de exposición RNI, por lo cual se opta por el aumento de antenas celulares ubicándolas en diferentes y nuevos lugares.

3.4 Técnicas para mediciones precisas de flujo de potencia en estaciones base celulares.

Es necesario realizar una evaluación de la exposición en las instalaciones de telecomunicaciones, la cual se basa en la determinación de los campos electromagnéticos y en las condiciones de accesibilidad.

El cálculo de los valores de los campos electromagnéticos se puede realizar mediante predicción numérica o mediciones.

La **PREDICCIÓN NUMÉRICA** se utiliza preferentemente en el análisis previo al levantamiento de la instalación de telecomunicación, dado que entrega una referencia del nivel del campo electromagnético e indica si es necesario tomar precauciones (delimitación de las zonas de accesibilidad).

Las **MEDICIONES** son generalmente realizadas después del levantamiento para confirmar que los niveles de exposición de las personas a RNI cumplen con lo acordado en el reglamento.

La conformidad con las normas relativas a la exposición de las personas a RNI puede determinarse midiendo la intensidad de campo electromagnético siempre que se utilicen instrumentos debidamente calibrados y se exprese correctamente la incertidumbre de la medición (20).

Las mediciones pueden ser en dos grupos de bandas del espectro:

- Banda Ancha (antena de prueba isotrópica): Se pueden realizar mediciones selectivas en frecuencia en bandas amplias usando una antena pequeña de banda ancha o dispositivos más sofisticados.
- Banda Estrecha (Frecuencia Selectiva): tienen un factor de antena plano en una gama de espectro limitada y son usadas en mediciones selectivas en frecuencia. Para mediciones de banda estrecha, se utiliza generalmente un analizador espectral (figura 3.4).



Figura 0.4 Medición de RNI en una antena celular mediante un analizador espectral portátil.

Los métodos de medición más usados son:

- **Medición con prueba de campo:** Este método es muy simple, conveniente y rápido. Debido a las características isotrópicas de la prueba de campo la dirección y la polarización del campo no son importantes. Pero los instrumentos no pueden distinguir entre emisiones de distinta frecuencia. Por lo tanto no se tiene información de la emisión de la estación base evaluada, sino de una combinación de emisiones

sumadas (radio, TV, GSM). Esto significa que esta prueba considera a señales en una frecuencia que se encuentra fuera de la banda de interés por lo que los resultados en muchos casos pueden no corresponder a la realidad.

- **Medición con antena dirigida:** Este método consiste de una antena y un receptor selector de frecuencia o analizador de espectro. Este tipo de antenas son dirigidas o de banda estrecha. Las mediciones se hacen en un barrido discreto de frecuencias, con un cierto ancho de banda del receptor. En este caso para cada lectura la frecuencia es conocida y las señales fuera de la banda en estudio no juegan ningún papel en la medición. El número de mediciones depende de el número de direcciones de la antena, por lo que este método es muy demandante en cuanto a tiempo y complejidad.

CAPITULO 4

4. DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS DIDACTICAS.

Generalmente en la educación superior, no se tiene presente un método de enseñanza práctico como es el ciclo de KOLB. Se ofrece una educación tradicional, que si bien logra enseñar lo necesario, los estudiantes seguramente no logran aprender lo suficiente, y así luego no saben aplicar de una manera correcta los conocimientos aprendidos en el aula de clases en su vida diaria o etapa laboral. No es ningún secreto que generalmente los estudiantes culminan sus estudios universitarios, y sienten que todo lo estudiado representa solo un recuerdo de su esfuerzo, ya que la mayoría no entiende realmente la aplicación de esos conocimientos.

En el inicio de este capítulo hemos logrado avanzar hasta la tercera etapa del ciclo de KOLB, hasta aquí los estudiantes han observado fenómenos, las causas de ellos, han analizado la teoría existente, han pensado en la elección de las leyes que se apliquen para lo anteriormente observado y como tercera

etapa, la experimentación. En esta etapa se podrán corroborar las ideas planteadas y obtener nuestras propias conclusiones de los resultados.

4.1 Descripción del Analizador espectral NARDA SRM 300.

El modo de operación de este equipo cubre los requerimientos de diferentes usuarios en el área de las comunicaciones inalámbricas.

Por ejemplo: un ingeniero de seguridad puede utilizar este instrumento para monitorear complicaciones con valores límites en el lugar de trabajo, de tal manera puede medir las emisiones presentes en áreas públicas.

El SRM es también una herramienta de evaluación de alta calidad para ingenieros de comunicaciones calificado, quien podría estar interesado en electromagnética presente alrededor de equipos de telecomunicaciones.

El Analizador espectral NARDA SRM-3000 (ver figura 4.1) es un instrumento de medición para campos de de alta y baja frecuencia en el rango de 100 kHz y 3 Ghz. Este instrumento incorpora un rango versátil de funciones.

El SRM-3000 es un sistema de medición completo. En conjunto con el instrumento básico, el SRM, Narda también provee varias antenas como soluciones para diferentes aplicaciones y rangos de frecuencias. Estas antenas Tienen tres ejes o un simple eje. Todas las antenas del Narda pueden ser colocadas en el instrumento básico o conectado a este por medio de un cable especial RF.



Figura 0.1. Analizador Espectral NARDA SRM-3000

Las antenas con tres ejes, hacen posible la detección automática de las tres componentes espaciales del campo medido. Mediciones isotrópicas son simples y mucho más rápidas que con antenas de ejes individuales. Otras antenas disponibles pueden también ser conectadas pal SRM usando los cables de conexión.

El NARDA SRM-3000 guarda todas las mediciones directamente en el lugar, sin embargo los resultados pueden ser transferidos a una computadora, de tal manera que se pueda desarrollar reportes de las mediciones y un mejor análisis.

Entre las características principales del NARDA SRM 3000 tenemos:

- Selección de frecuencias (porciones de espectro).
- Selección de magnitudes a medir (campo eléctrico, campo magnético, densidad de potencia).
- Integración de magnitudes espectrales a través del barrido de frecuencias.

4.2. Modelo de propagación y análisis de desempeño de redes WIFI IEEE 802.11g basado en mediciones de pérdida potencia en la ESPOL.

El primer paso para la construcción de un modelo de propagación de canal es clasificar las características físicas del mismo. Los modelos de señal de banda angosta y banda ancha son desarrollados para diferentes ambientes. En el modelo de banda angosta, es importante la medición de la potencia recibida relacionando la pérdida de camino con la distancia entre el transmisor y receptor. En aplicaciones de banda ancha, solo importa el modelamiento de una estructura de multi-camino o el comportamiento de la selección de frecuencia del canal en diferentes ambientes.

En esta parte del proyecto se desarrolla un modelo de propagación de banda angosta mostrando dos de los procesos más básicos previo a la implementación de una red inalámbrica: el Desarrollo del Modelo de Potencia de la Señal Recibida y el Estudio de Cobertura [2].

Modelar la potencia de la señal recibida nos permite identificar como se desvanece la señal al aumentar la distancia. El estudio de cobertura nos proporciona la información necesaria para definir la calidad de servicio por área, ya que la potencia se relaciona con la velocidad de transmisión de la señal.

El estudio de cobertura nos proporciona la información necesaria para definir la calidad de servicio por áreas.

4.2.1 Elaboración de la Práctica para el curso de Comunicaciones Inalámbricas.

4.2.1.1 Descripción del caso de estudio y procedimiento

A medida que la distancia aumenta entre el transmisor y el receptor, la intensidad de la señal tendrá cortas y largas fluctuaciones debido a dos factores: La atenuación por multi-caminos y por sombra.

Para analizar el modelo de propagación de una WLAN IEEE 802.11b y g, se midió la densidad de potencia de la Señal Recibida (RSS) en diferentes puntos localizados en la planta baja del edificio (figura 4.2).

El equipo que se utilizó para realizar las mediciones fue un analizador espectral portátil marca SRM-NARDA 3000, que es un instrumento para mediciones de campos eléctricos y/o densidad de potencia en alta frecuencia, en el rango desde 100kHz hasta 3GHz originalmente diseñado para mediciones de radiaciones no ionizante. Este fue adaptado para incorporarlo en nuevos proyectos de comunicaciones inalámbricas como es el desarrollo de un modelo de propagación de una red inalámbrica local WIFI 802.11 g.

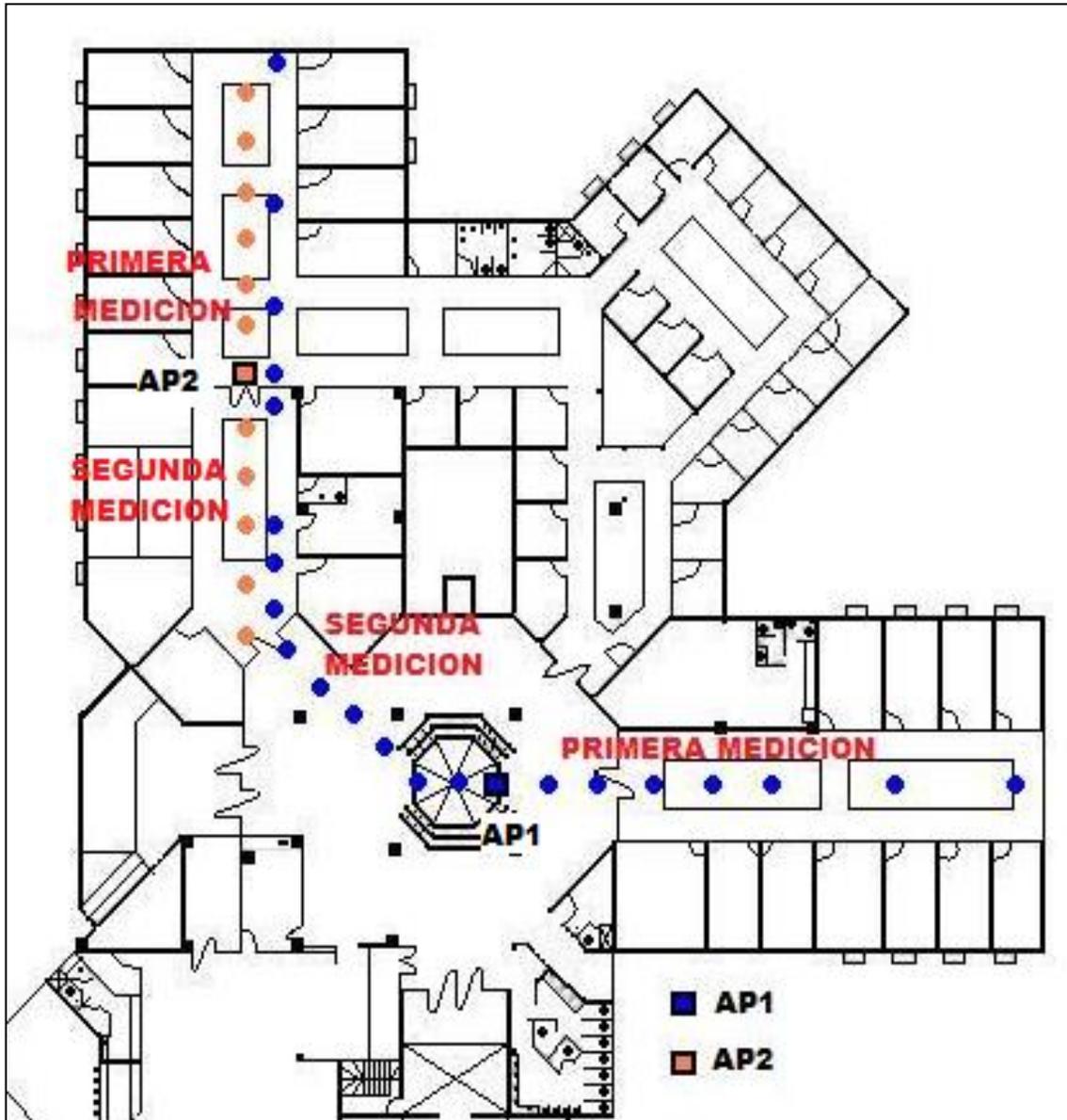


Figura 0.2.-Plano de la planta baja del edificio

La potencia recibida en cada punto a partir de la densidad de potencia está dada por:

$$A_e = \frac{\lambda^2 * G_r^{[1]}}{4\pi} \quad (4.1)$$

$$P_r = P_d * A_e \quad (4.2)$$

Donde la A_e es la apertura efectiva, λ^2 es la Longitud de onda, G_r es la Ganancia del Receptor, P_r es la Potencia recibida y P_d la Densidad de potencia. La G_r para este caso se la considera incluida en la P_d por lo cual se la reemplaza por la unidad.

Se desarrolla el modelo de propagación a partir del Método Gradiente Distancia-potencia que se explicó en detalle en el capítulo 2. Generalmente el gradiente distancia-potencia α es considerado igual a 2 en áreas libres o corredores . Donde la pérdida de camino a 1 metro en decibelios se definió en el capítulo 2 por las ecuaciones:

$$L_0 = 10 * \log_{10} P_t - 10 * \log_{10} P_0 \quad (4.4)$$

Y La pérdida de camino total viene dada por:

$$L_p = L_0 + 10 * \alpha * \log_{10}(d) \quad (4.5)$$

P_t Potencia transmitida en cualquier punto

P_0 Potencia transmitida a 1m.

d Distancia entre el transmisor y el receptor

L_p Pérdida de camino entre el transmisor y el receptor

L_0 Pérdida de camino a un metro del transmisor

α Gradiente distancia-potencia.

Frecuencia Central	$F_c = 2435000000$ Hz
Velocidad De La Onda	$C = 300000000$ m/s
Longitud De Onda	$\lambda = 0.12320329$ m
Apertura Efectiva	$A_e = 0.00120791$
Ganancia Tx	$G_t = 8$ dBi
Atenuacion Por Pared	$M_{type} = 6$
Potencia Tx	$P_{tx} = 20$ dBm
Potencia Tx	$P_{tx} = 0.1$ W

Tabla III: Datos técnicos del transmisor

Tomando como dato la potencia de trasmisión del Access point que es de 20 dBm, podemos calcular los valores L_p para cada una de nuestras mediciones de la siguiente manera:

$$L_p = 20 - \text{Potencia Recibida (dBm)}$$

Una manera de determinar L_0 y α para cada ambiente en análisis, es trazar los valores de L_p versus $\log_{10}(d)$ medidos. La pendiente del ajuste lineal de los puntos es el gradiente distancia-potencia y la extrapolación de los valores hacia el eje vertical es la pérdida L_p a un metro.

Se realizaron varias mediciones alrededor de dos puntos de acceso (AP) de la planta baja del edificio, comenzando con una distancia de 1 m, y aumentando 3 m en cada punto de medición, obteniendo los siguientes resultados mostrado en las tablas IV, V, VI y VII.

Punto	Pd [mW/m ²]	P dbm	P db	Lp [dBm]
01	1,3610	-27,841071	-57,841071	52,4310414
02	1,0730	-34,091663	-64,0916632	54,0916632
03	0,1860	-36,484523	-66,4845234	56,4845234
04	0,0657	-41,003999	-71,00399916	61,00399916
05	0,0181	-46,59328	-76,5932800	66,5932800
06	0,0072	-50,623855	-80,6238556	70,6238556
07	0,0056	-51,692347	-81,6923473	71,692347
08	0,0039	-53,214781	-83,2147815	73,2147815
09	0,0032	-54,170430	-84,1704304	74,1704304

Tabla IV: Datos obtenidos de la primera medición en el AP1

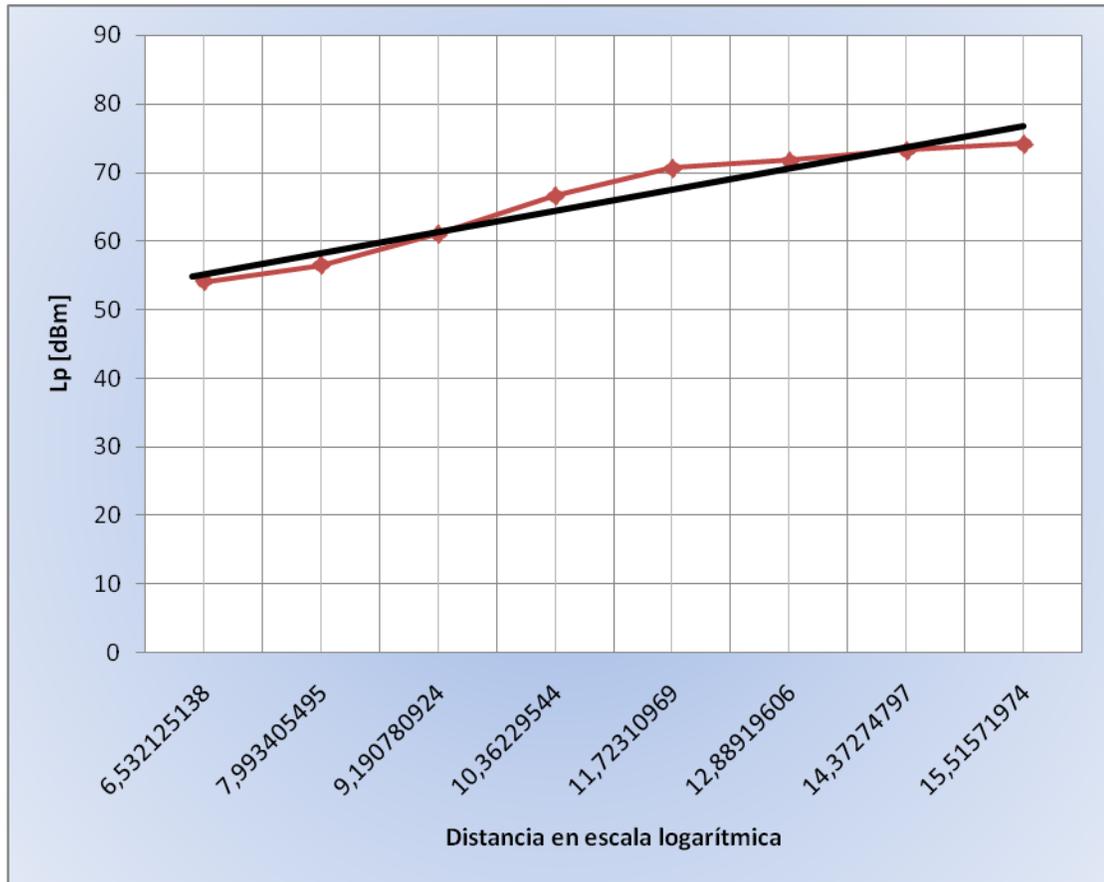


Figura 0.3. Pérdida de potencia vs Distancia en escala Logarítmica en la primera medición del AP1.

Punto	Pd [mW/m ²]	P [dBm]	P [db]	Lp[dBm]
01	0,6237	-31,229895	-61,229895	51,229895
02	0,4401	-32,744139	-62,744139	52,744139
03	0,2154	-35,847195	-65,847195	55,847195
04	0,1654	-36,994297	-66,994297	56,994297
05	0,0667	-40,940348	-70,94034	60,940348
06	0,0260	-45,038279	-75,038279	65,038279
07	0,0345	-43,79894	-73,798944	63,798944
08	0,0316	-44,188282	-74,188282	64,188282
09	0,0169	-46,895649	-76,895649	66,895649
10	0,0082	-50,023016	-80,023016	70,023016
11	0,0036	-53,622663	-83,622663	73,622663

Tabla V: Datos obtenidos en la segunda medición en el AP1

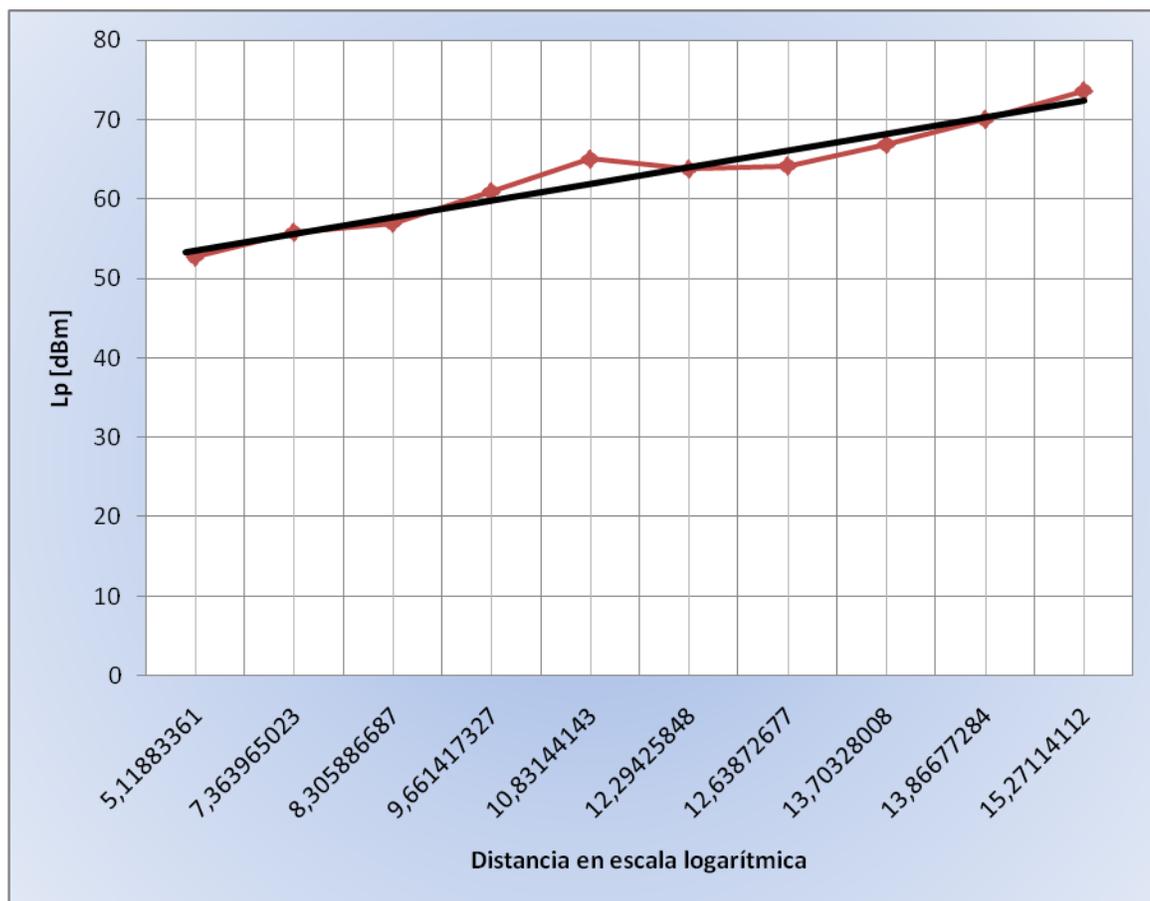


Figura 0.4. Pérdida de potencia vs Distancia en escala Logarítmica en la segunda medición del AP1.

Punto	Pd [mW/m ²]	P [dB]	P [dBm]	Lp[dBm]
01	1,6020	-57,133028	-27,133028	47,1330277
02	0,6584	-60,994983	-30,994983	50,9949827
03	0,1975	-66,223982	-36,223982	56,2239819
04	0,1554	-67,265143	-27,265143	57,2651427
05	0,1231	-68,277707	-38,277072	58,2770723
06	0,0923	-69,527703	-39,527703	59,5277032
07	0,0394	-73,222938	-43,222938	63,2229378

Tabla VI: Datos obtenidos de la primera medición en el AP2

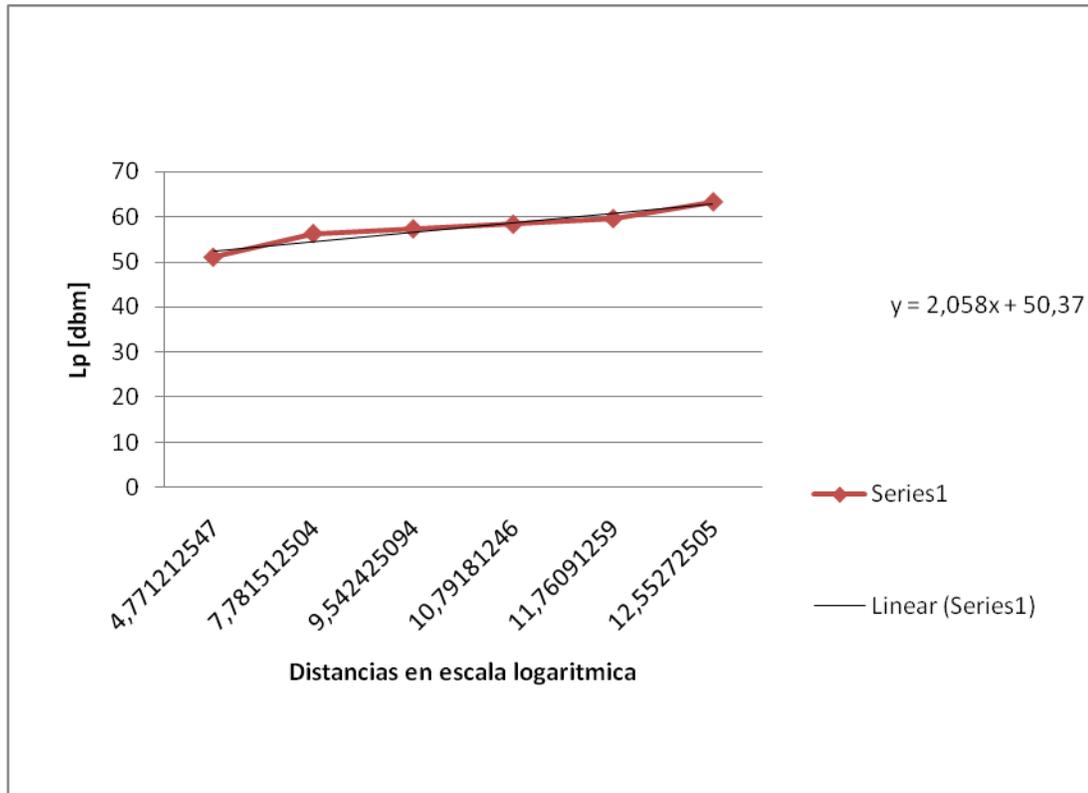


Figura 0.5. Pérdida de potencia vs Distancia en escala Logarítmica

Punto	Pd [mW/m2]	P [dbm]	P [db]	Lp [dBm]
01	1,6020	-27,133028	-57,133027	47,13302774
02	0,3911	-33,256775	-63,256774	53,2567747
03	0,1093	-38,793451	-68,793451	58,79345124
04	0,0657	-41,005321	-71,005321	61,00532142
05	0,0370	-43,501158	-73,501158	63,50115835
06	0,0173	-46,809245	-76,809244	66,80924494
07	0,0112	-48,683597	-78,683596	68,68359673

Tabla VII: Segunda Medición en el AP2

En la figura 4.3 y 4.4 se puede observar la gráfica de la pérdida de potencia en función de la distancia en escala logarítmica de los datos experimentales obtenidos en la primera y segunda medición alrededor del AP1, obteniendo un modelo de pérdida de $L_p = 52,04 + 3,098 \times 10 \log d$ y $L_p = 51,50 + 2,091 \times 10 \log d$ respectivamente, de igual manera se procede con los datos obtenidos en el área del AP2, obteniendo para la primera medición los siguientes valores $(\alpha, L_0) = (2,058; 50,37)$ y en la segunda medición $(2,962; 51,64)$.

MEDICIONES	L_0 [dBm] MEDIDO	L_0 [dBm] ESTIMADO
AP1-1	51,23	52,04
AP1-2	51,23	51,50
AP2-1	47,13	50,37
AP2-2	47,13	51,64
Promedio	49,18	51,38

Tabla VIII: Promedio de datos de L_0 [dBm].

El promedio de los valores medidos de pérdida a un metro (L_0) en comparación con los datos obtenidos mediante el modelo de Gradiente distancia-potencia

difieren en un 4.48%, error que se esperaba ya que los modelos de propagación son aproximaciones de valores reales, y considerando además que hemos elegido un modelo que no contempla otros factores que puedan producir mayores pérdidas.

En general para corredores en áreas INDOOR, el valor del gradiente distancia potencia es de 2, en nuestras mediciones en promedio el gradiente distancia-potencia de los corredores de la planta baja del edificio es de 2,5525, se obtiene un error del 20%.

En nuestros resultados se observa en forma notoria como afecta el ambiente alrededor del estudio de propagación en los datos medidos, obtuvimos diferentes índices de propagación ya que los ambientes no eran los mismos, la segunda medición tenía más obstáculos y esquinas produciendo mayor difracción de la señal, además de que algunos puntos no tienen línea de vista con respecto al transmisor.

Con respecto al segundo proceso, es decir al ESTUDIO DE COBERTURA, sabemos que las redes WLAN IEEE 802.11b y g soportan múltiples tasas de datos. Cuando la distancia entre el transmisor y el receptor incrementa, la WLAN reduce su tasa de transmisión de datos a fin de expandir su cobertura. Las normas IEEE 802.11b y g recomiendan un grupo de tasas de transmisión de datos para las WLANs.

Tasa de Datos [Mbps]	RSS [dBm]
54	-72
48	-72
36	-73
24	-77
18	-80
12	-82
9	-84
6	-90

Tabla IX: Tasa de datos y RSS para IEEE 802.11g

Los tres mecanismos de radio propagación son atribuidos a la reflexión difracción y dispersión. Estos tres efectos causan distorsiones en la señal de radio que produce atenuación debido a la pérdidas en su propagación. Los efectos más comunes en los edificios son las perdidas a través de paredes, pisos y techos. Estos efectos junto a la pérdida de multicamino y la difracción causada por las esquinas son muy difíciles de evaluar.

En las mediciones obtenidas, la tasa de transferencia de 54 Mbps se mantiene hasta los 25 m de distancia entre el receptor y el transmisor, a partir de esta distancia la pérdida de paso de potencia es muy alta, lo cual produce un decaimiento en la potencia de la señal de tal manera que se ve reflejado en la disminución de la tasa de transferencia.

4.2.1.2 Formato de práctica y reporte.

PASOS A SEGUIR PARA REALIZAR LAS MEDICIONES

- Indicar en un plano del área en estudio los puntos de ubicación de las mediciones de radiofrecuencia.
- Encender el equipo (on/off).
- Seleccionar modo (Analizador espectral).
- Configurar Frecuencia mínima (2.42 GHz).

- Configurar Frecuencia máxima (2.45 GHz).
- Elegir el tipo de resultado (Max. Average).
- Configurar las unidades de medición (V/m- W/ m²).
- Realizar 5 mediciones de seis minutos en puntos distintos separados 3 m en dirección de un mismo AP, y guardarlo en memoria (save).
- Anotar cualquier variación de lo observado.
- Ingresar al menú de memoria y entrar al presentador (VIEWER).
- En cada uno de los datos almacenados presionar la tecla EVAL y escoger la opción de integración sobre una banda de frecuencias.
- Repita estos pasos para todas las mediciones.
- Copiar el resultado (VALUE).

PASOS A SEGUIR PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA Y REPORTE

1. Obtener los datos experimentales de densidad de potencia de las mediciones en los puntos en dirección de un Ap.
2. Realizar los cálculos de lo siguiente:
 - Frecuencia Central
 - Longitud De Onda

- Apertura Efectiva
- Potencia Recibida
- Pérdida de Camino a 1m
- Pérdida De Camino Total

3. Presentar los resultados obtenidos en tablas como se muestra en el desarrollo ejemplo.

4. Graficar los datos de PERDIDA DE POTENCIA vs. DISTANCIA EN ESCALA LOGARÍTMICA tal como se muestra en el desarrollo de ejemplo.

4.1 Realizar las gráficas utilizando EXCEL

4.1.1 Sombrear los puntos graficados- clic derecho

4.1.2 Opción Add Trendline

4.1.3 Elegir opción Linear

4.1.4 Activar Equation on Chart

4.2 Graficar los datos utilizando MATLAB.

Nota: El código se indica en la práctica ejemplo.

5. Identificar los valores de L_0 y α en la ecuación del modelo de propagación .

8. Comparar los resultados de potencia recibida y tasa de transmisión de datos según la tabla IX.

9. Graficar la tasa de datos versus cobertura (funciones escalera) para una WLAN IEEE 802.11g operando en la planta baja del Edificio Principal de la FIEC, usando para tal efecto los valores de L_0 y α ya encontrados (ver desarrollo de práctica de muestra).

10. Recomendaciones

11. Conclusiones.

Notas para las conclusiones:

- Presentar una tabla con los datos de L_0 medido experimentalmente y estimado mediante el modelo de propagación, comparando y obteniendo su porcentaje de diferencia.
- Comparar los datos de α con respecto a valores en áreas libres.
- Responder lo siguiente:

- Que efectos están presentes en la mediciones de radiofrecuencia WIFI y que causan?
 - Qué sucedió con la potencia de la señal a medida que el receptor se alejaba del transmisor y cuáles son las razones?
 - Porque razones la tasa de transferencia disminuye a medida de que el receptor se aleja del transmisor?
- Tener presente que la tasa de transferencia máxima es de 54 Mbps

12. Presentar el reporte vía METIS.

La práctica final se la presenta en el anexo 1.

4.3 Medición del nivel de emisión de radiaciones no ionizantes de estaciones base celulares

4.3.1 Descripción del caso de estudio.

El caso de estudio se refiere a la medición de los niveles de exposición de RNI de una antena celular en el área apta a la población, en este caso se hicieron

pruebas de medición de RNI en una estación base ubicada en la ciudadela La Saiba (anexo 2).



Figura 0.6. Mapa de ubicación de los puntos de medición

4.3.2 Descripción del Procedimiento de la SUPERTEL :

El estándar europeo EN 50400 emitido por CENELEC, describe una norma básica para evaluar el cumplimiento de restricciones para equipos de radio-transmisión (110 MHz – 40 GHz) configurados para redes de comunicación inalámbricas, con respecto a la exposición de campos electromagnéticos al público en general cuando estos equipos se encuentran en servicio.

Para empezar, el procedimiento de la SUPTEL se ha dividido en tres partes importantes: la identificación de los puntos de medición, la medición propiamente dicha y la comparación de resultados con alguna referencia. Se evaluará a continuación si estos pasos mencionados previamente cumplen la norma CENELEC.

- **Identificación de los puntos de medición:** Para tener mediciones exitosas es necesario determinar acertadamente los puntos de medición, en este aspecto el procedimiento de la SUPERTEL (ver anexo 3) cumple perfectamente la norma al definir las zonas inherentes a la antena (zona de rebasamiento, zona ocupacional y zona poblacional) y la zona de acceso al público, además del dominio de estudio que resulta de la

intersección de la zona libre acceso y la unión resultante de las zonas de la antena. Establece la SUPTEL q los puntos de medición serán los puntos más cercanos de la zona de libre acceso a la antena, que coinciden justamente con el límite de la intersección definida previamente. Estos últimos pasos concuerdan con las recomendaciones del CENELEC. En la práctica, se recomienda que utilizar un GPS para obtener la latitud y longitud de cada uno de los puntos de medición establecidos para analizar la exposición de RNI (figura 4.6).

UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICION	LATITUD (°)(')('')	LONGITUD (°)(')('')
Pto. 1	02° 13' 41.58"	79° 53' 35.64"
Pto.2	02° 13' 41.46"	79° 53' 36.18"
Pto.3	02° 13' 41.34"	79° 53' 38.16"
Pto.4	02° 13' 41.88"	79° 53' 38.40"
Pto.5	02° 13' 43.02"	79° 53' 37.28"
Pto.6	02° 13' 43.20"	79° 53' 36.78"
Pto.7	02° 13' 43.26"	79° 53' 35.28"
Pto.8	02° 13' 43.26"	79° 53' 34.08"
Pto.9	02° 13' 43.98"	79° 53' 30.08"
Pto.10	02° 13' 42.78"	79° 53' 30.48"
Pto.11	02° 13' 42.12"	79° 53' 30.90"
Pto.12	02° 13' 41.46"	79° 53' 35.16"

Tabla X:. Toma de datos de ubicación de los puntos de medición de RNI alrededor de la estación base celular ubicada en la Cdla. Saiba.

- **La Medición:** Un efectivo proceso de medición requiere principalmente calidad en los equipos de medición, las recomendaciones sobre este tema están contempladas en la norma EN 50383 del CENELEC, el procedimiento de la SUPERTEL (ver anexo 3) no especifica parámetros de calidad en los equipos que serán usados para efectuar las inspecciones. Este es un aspecto que puede ser mejorado incorporando por ejemplo requisitos que deban cumplir los equipos para que puedan tomar parte en una inspección, requisitos tales como vida útil, sensibilidad, sensibilidad, etc.

En la tabla XI se observan los datos obtenidos en las mediciones realizadas en la zona poblacional alrededor de la SB celular en la Cdla. Las Saiba.

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION	FRECUENCIAS DE OPERACIÓN (MHz)		CAMPO ELECTRICO E(V/m)
	FRECUENCIA MAXIMA	FRECUENCIA MINIMA	
	Pto. 1	891,5	
Pto. 2	891,5	890	0,6023
Pto. 3	891,5	890	0,1889
Pto. 4	891,5	890	0,2634
Pto. 5	891,5	890	1,3842
Pto. 6	891,5	890	0,3110
Pto. 7	891,5	890	0,3495
Pto. 8	891,5	890	0,4028
Pto. 9	891,5	890	0,3539
Pto. 10	891,5	890	0,0838
Pto. 11	891,5	890	0,4681
Pto. 12	891,5	890	0,2963

Tabla XI: Datos obtenidos en las mediciones de RNI en la zona poblacional alrededor de la SB ubicada en la Cda. Saiba.

- **Comparación de resultados:** La SUPERTEL toma como referencia la norma UIT-T K.52 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, la cual es avalada por la ICNIRP (International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection), mientras que el CENELEC recomienda su propio método de manipulación de datos.

A comparar los datos obtenidos con los límites de exposición de RNI, que es de un campo eléctrico de 40 V/m, se obtienen los resultados mostrados en la tabla XII.

FORMULARIO PARA EL INFORME TECNICO DE INSPECCION DE EMISIONES DE RNI			11- dic- FECHA: 07	
12) CONCLUSIONES				
Se superan los límites de exposición por estación Radioeléctrica fija El nivel de exposición porcentual es inferior a la unidad Es necesario delimitar las zonas que superan los límites de emisiones de RNI	SI		NO	x
	SI	x	NO	
	SI		NO	x

Tabla XII: Informe de inspección de emisiones de RNI

Para evaluar el formato del reporte, las normas del CENELEC son bastante explícitas en sus recomendaciones acerca del formato del reporte de la evaluación.

Según dichas normas un reporte debería:

- Identificar el equipo bajo estudio.
- Identificar el equipo humano que realiza el estudio.
- Registrar la fecha y hora en que se realiza el estudio.
- Registrar los métodos de evaluación usados, o hacer referencia explícita a dichos métodos.

- Registrar la fuente relevante considerada y los parámetros asociados.
- Registrar las restricciones de acceso al sitio.
- Registrar los detalles de calibración para cualquier instrumento usado.
- Incluir el valor de los parámetros usados en la evaluación y cualquier asunción hecha.
- Registrar cálculos y resultados de las mediciones incluyendo los correspondientes puntos de investigación.

4.3.3 Formato de práctica y reporte.

Como paso previo a la medición se llevará a cabo un levantamiento visual del lugar de instalación del sistema irradiante, y se tomarán fotografías para dar una vista panorámica del entorno de la antena considerada.

Equipos requeridos:

- Analizador Espectral NARDA SRM3000.
- Antena 3AX 75M-3G.
- Cable SRM 1.5m.
- GPS Explorist XL.

- Estación Base celular (ubicada cerca de las aulas de básico).



Figura 0.7. Analizador espectral



Figura 0.8. Antena del Analizador Espectral NARDA SRM 3000

PASOS PARA TOMAR LAS MEDICIONES Y DESARROLLO DEL REPORTE

1. Encender el equipo (on/off).
2. Seleccionar modo (Analizador espectral).
3. Configurar Frecuencia mínima (869 MHz).
4. Configurar Frecuencia máxima (891.5 MHz).
5. Escoger la resolución de Ancho de Banda (1 MHz).
6. Elegir el tipo de resultado (Max. Average).
7. Configurar las unidades de medición (V/m).
8. Seleccionar el Rango de Medición (3.6 V/m).
9. Realizar cuatro mediciones de seis minutos en puntos distintos separados 30° de un mismo panel, tomando como punto de referencia la antena de radiocomunicaciones, y guardarlo en memoria (save).
10. Anotar las coordenadas de los tres puntos de medición valiéndose del GPS.
11. Anotar cualquier variación de lo observado.
12. Ingresar al menú de memoria y entrar al presentador (VIEWER).
13. En cada uno de los datos almacenados presionar la tecla EVAL y escoger la opción de integración sobre una banda de frecuencias.
14. Seleccione como frecuencia central la frecuencia del primer canal y 20 MHz como ancho de banda.

15. Copiar el resultado (VALUE).
16. Repetir pasos 14 y 15 con la banda de 890 – 891.5 MHz.
17. Recolectar los datos de las mediciones de Radiaciones no Ionizantes realizadas en una antena celular.
18. Presentar un mapa del área de ubicación de la Estación base indicando los puntos de las mediciones.

Notas:

- Los puntos de medición deberán quedar perfectamente definidos sobre el croquis a presentar en el informe técnico de inspección, con el fin de permitir la realización de controles periódicos.
- En los casos que corresponda, las mediciones se realizarán en las horas de mayor tráfico.

19. Llenar el reporte

- Los datos correspondientes del estudiante
- Calcular el valor del PIRE
- Los datos de las coordenadas de los puntos de medición
- Los datos obtenidos en las mediciones
- Conclusiones
- Recomendaciones

Notas.-

1) Con respecto al punto 3.2, investigar cómo calcular el valor del PIRE y explicar que indica, a partir de los datos técnicos de la antena a continuación.

POTENCIA MAXIMA DEL EQUIPO(W): 28,18

GANANCIA MAXIMA DE LA ANTENA: 16,5

2) Para el punto 3.4, se debe comparar los datos obtenidos de las mediciones de RNI en la estación base con los límites de exposición de RNI en el Ecuador: 40 V/m o 4.34 W/m².

3) Para el punto 3.5: Indicar las recomendaciones que usted como estudiante de Telecomunicaciones haría con respecto al método de medición.

21.- Ejercicio:

Calcular el límite de exposición máxima de Campo eléctrico E (v/m) y

Densidad de potencia (W/m²) usando la tabla siguiente.

LIMITES MAXIMOS DE EXPOSICION POR ESTACION RADIOELECTRICA

FIJA

Tipo de exposición	Rango de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico, E (V/m)	Intensidad de campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia de onda plana equivalente, S (W/m ²)
Ocupacional	3 - 65 kHz	610	24,4	–
	0,065 -1 MHz	610	1,6 /f	–
	1 –10 MHz	610 /f	1,6 /f	–
	10-400 MHz	61	0,16	10
	400-2000 MHz	3f ^{1/2}	0,008f ^{1/2}	f /40
	2-300 GHz	137	0,36	50
Poblacional	3-150 kHz	87	5	–
	0,15-1 MHz	87	0,73 /f	–
	1-10 MHz	87/f ^{1/2}	0,73 /f	–
	10-400 MHz	28	0,073	2
	400-2000 MHz	1,375f ^{1/2}	0,0037f ^{1/2}	f /200
	2-300 GHz	61	0,16	10

Donde:

- Los valores límites señalados en esta tabla corresponden a valores eficaces (RMS) sin perturbaciones.
- f es la magnitud de la frecuencia indicada en la columna rango de frecuencias; se deben omitir las unidades al momento de hacer el cálculo del límite respectivo.

- Para las frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz, el período de tiempo en el que se debe realizar la medición será de 6 minutos.
- Para las frecuencias superiores a 10 GHz; el período de tiempo en el que se debe realizar la medición será $68/f1.05$ minutos.

Nota:

4) Recordar las frecuencias de la bandas de medición en la práctica.

- Comparar los cálculos, con los datos de los límites indicados en la Nota #3.

22. Indicar cuáles son los conocimientos que obtuvo con la práctica (ver reporte final en anexo 1).

Al final del desarrollo de las prácticas, lo estudiantes capaces de interpretar los resultado obtenidos, y aplicar sus propios conocimientos para formar un criterio de los efectos mostrados en las experimentaciones. En este punto los estudiantes se encuentran en la etapa 4 denominada SINTIENDO del método de enseñanza-aprendizaje de KOLB. Se evalúan los resultados, se obtienen

conclusiones después de la experimentación, y como resultado final se genera nuevos conocimientos con nuevas dudas, observaciones, patrones, etc dando inicio a un nuevo ciclo.

La práctica final se presenta en el anexo 1.

CAPITULO 5

5. APLICACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DIDÁCTICAS Y SU IMPACTO EN EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES

Gracias a la investigación realizada por unos estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones de la FIEC que formaron parte del grupo de investigación de radiaciones no ionizantes (GRUPO IRNI), se han desarrollado dos experiencias prácticas que permiten darle un nuevo enfoque a la enseñanza de las telecomunicaciones en la ESPOL. Después de investigar acerca de los métodos de enseñanza práctica existentes, podemos destacar principalmente al método de KOLB, el cual nos explica sus 4 ciclos, los cuales son necesarios para poder abstraer los conocimientos aprendidos en clases y para generar nuevo conocimiento, lo que fomenta la investigación científica.

Mediante este proyecto se aplicó el método de KOLB en la enseñanza del curso de Comunicaciones Inalámbricas del II término 2008. Los estudiantes de aquel curso pudieron experimentar las etapas de enseñanza-aprendizaje de KOLB y finalmente cerrar el ciclo de aprendizaje personal.

5.1 Aplicación del Ciclo de KOLB en la enseñanza de las Comunicaciones Inalámbricas.

La enseñanza de las Telecomunicaciones implica un gran reto, existen actualmente varias herramientas que permiten complementar la obtención y transferencia de conocimientos en esta área. Como es el caso de los ejercicios o problemas en clase, análisis de gráficos y simulaciones, entre otras.

De nuestra investigación y experiencia podemos concluir que las telecomunicaciones requieren de un proceso de enseñanza-aprendizaje donde los estudiantes puedan hacer prácticas de campo. Mediante la aplicación del modelo de KOLB en la enseñanza de las telecomunicaciones obtenemos un punto de vista que permite abstraer los conocimientos sin la necesidad de revisar conceptos o procesos posteriormente, a través de la experimentación.

Primer Ciclo de Kolb: Adaptación Del Modelo De Kolb En El Proceso Práctico Desarrollo De Un Modelo De Propagación De Una Red Wifi 802.11

G

En este trabajo se presenta una adaptación del modelo de Kolb en la elaboración del manual de práctica propuesto. Este manual será de mucha utilidad en la enseñanza de las telecomunicaciones, específicamente de la materia Comunicaciones Inalámbricas.

En la Figura 5.1 observamos el primer proceso práctico que define la *Aplicación del ciclo de KOLB al desarrollo de un modelo de propagación de radiofrecuencia para el estándar IEEE 802.11 g* (figura 5.1).



Figura 0.1. Adaptación del Modelo de KOLB en el Desarrollo de un Modelo de Propagación de Radiofrecuencia IEEE 802.11 g.

En la figura 5.1 se puede apreciar según Kolb, las fases que incluyen la elaboración de conocimiento en forma práctica en temas como Modelos de Propagación de Radiofrecuencia en un área indoor (ambiente interior) que son cubiertos teóricamente en el curso de comunicaciones inalámbricas.

PASO 1: Observación y Reflexión: Se observa detenidamente el comportamiento de una red inalámbrica existente en un área de oficina

universitaria. Esta red es usada comúnmente por trabajadores o estudiantes de una universidad, los mismos que desconocen el comportamiento de la misma. Esto es como es afectada la propagación de las señales a través del aire, lo cual varía según las características del área con respecto a su estructura, número de paredes, ventanas, esquinas, etc.

PASO 2: Pensamiento basado en reglas y deducciones: En este paso ya tienen lugar términos como Propagación de la Señal, Modelo de Propagación, Cobertura de la señal en una red inalámbrica local. Se analizan los mecanismos de la propagación de señales, los efectos que causan en la misma, y ciertos métodos que permiten modelar la propagación en una red inalámbrica indoor.

Teóricamente se ha aprendido que “A medida que el receptor se aleja del transmisor, disminuye la intensidad de la señal que se propaga”. Deben existir razones para que la señal que se propaga disminuya su intensidad, y en efecto existen, pero hasta esta etapa de KOLB solo se las ha estudiado.

Un término que es un indicativo de la propagación de la señal en el Método Gradiente Distancia- Potencia es el gradiente (α), que como dice la teoría debe ser aproximadamente un valor de 2 en áreas libres. El área donde se realiza

este procedimiento es en los corredores de un área de oficina universitaria que no presenta muchos obstáculos y que se podría aproximar a un área libre.

El método que se elige utilizar es el método Gradiente Distancia-Potencia, que requiere de ciertos datos adquiridos experimentalmente mediante el uso del analizador espectral NARDA SRM 3000, los mismos que se obtienen en el siguiente paso (Paso 3) del ciclo de aprendizaje de KOLB.

PASO 3: Experimentando: En este paso, los estudiantes deben ser capaces de realizar la parte experimental del ciclo de aprendizaje, donde se realizan mediciones a través del analizador espectral NARDA SRM 3000 que originalmente fue diseñado para mediciones de radiaciones no ionizantes, y que para este caso se lo ha adaptado para ser usado en el proceso de modelamiento de la propagación de la señal en una WLAN. Se visualiza el espectro radioeléctrico a través de la pantalla del analizador espectral. Se experimenta la disminución de la densidad de potencia de la señal a medida que se realizan mediciones más lejos del transmisor, que en este caso es un AP que forma parte de la WLAN.

PASO 4: Conceptualización Abstracta: Finalmente en esta etapa se analizan los resultados obtenidos en la experimentación y se obtienen conclusiones propias (abstracción).

Se entiende qué es lo que sucede con la señal cuando atraviesa un canal como lo es el aire, desde el transmisor hasta el receptor. Los cambios a los que se expone la señal de telecomunicaciones causados por los diferentes obstáculos. Estos efectos se los atribuye a la reflexión, dispersión y difracción de la señal, los cuales dependen de las características del área.

Se obtiene un modelo de propagación de la señal en un área de oficina que abstrae el comportamiento detectado en la etapa de observación, para esto se aplican métodos matemáticos que pueden ser simples ecuaciones que se estudian y se guardan en la memoria para alguna evaluación. Pero para el modelo propuesto estas ecuaciones matemáticas de un método de propagación aplicadas a un área específica representan un modelo de propagación que indica información relevante para una red inalámbrica como: comportamiento de la señal que se propaga, cobertura de la red o tasa de transferencia en las diferentes ubicaciones del receptor en el área de estudio, en este caso los receptores de la señal serían las computadoras de los usuarios de la red, lo cual

da paso al inicio de un nuevo ciclo de KOLB para la aplicación del modelo de propagación ya desarrollado.

Segundo Ciclo De Kolb Para El Análisis de Desempeño de una Red Wifi 802.11g.

Después de haber obtenido las ecuaciones matemáticas que modelan la propagación de la señal, se inicia un nuevo ciclo de KOLB tal como se observa en la Figura 5.2. Este segundo ciclo genera nuevas observaciones con respecto a la propagación de la señal y sus efectos en la red inalámbrica Wifi en un área de un ambiente interior de oficinas universitarias.



Figura 0.2. Adaptación del Modelo de Kolb en el Análisis de desempeño de una red WLAN IEEE 802.11 g.

PASO 1: Observando: En la primera etapa del ciclo, se observa la calidad de servicio ofrecida por la red WiFi de la universidad. Esto es los niveles de potencia de la señal recibida y las tasas de transmisión de datos de la red. Además de como las características del ambiente afectan en la propagación de la señal en una red WIFI. La potencia evidentemente disminuye, esto se observa en las mediciones del ciclo anterior, por lo cual se observa que el área de cobertura tiene un límite, debido a que si un usuario se ubica muy alejado de los

AP de una red, no podrá acceder al servicio. Las razones se las analiza en la etapa siguiente del ciclo e KOLB.

PASO 2: Pensando: En el ciclo anterior se abstrajo a través de un modelo de propagación, el hecho de que la potencia de la señal que se transmite en una red inalámbrica disminuye a medida que el receptor se aleja del transmisor o Access Point. Por lo tanto, es un hecho que la potencia de la señal no es la máxima en todos los puntos de las mediciones. Esto implica que la calidad del servicio de la red sufre ciertos cambios lo cuales se reflejan en ciertos indicadores como la tasa de transferencia de los datos a través de la red.

Un punto importante es que no se está considerando el número de usuarios en el análisis de desempeño de la red para así enfocarnos principalmente en la premisa de la disminución de la potencia de la señal, que de alguna manera afecta a la velocidad de transferencia de datos en la red y se refleja en la calidad de servicio de la red.

PASO 2: Experimentando: Mediante datos técnicos del AP en estudio, se experimenta en relación al desempeño de la red, específicamente en lo que tiene que ver con la velocidad de transferencia de datos en los puntos donde se

realizaron las mediciones de potencia de la señal en el ciclo anterior. Mediante estos datos técnicos que indican la relación entre la potencia recibida de la señal en relación con la velocidad de transferencia de datos en un red WIFI 802.11 g, se obtienen nuevos resultados de análisis. En el caso particular de la red de la FIEC que está siendo estudiada, se encontró que la velocidad de transferencia es la máxima en todos los puntos.

PASO 2: Sintiendo: A través de los resultados obtenidos en el paso anterior de experimentación, se concluye que la reducción en el nivel de potencia en el área de estudio, el mismo que fue medido, no causaría la disminución de la velocidad de transferencia de datos de un receptor ubicado en los puntos de medición. Sin embargo, también podemos concluir que esto no indica que el diseño presente de la red sea el óptimo, debido a que una buena cobertura de red donde la tasa de transferencia es máxima en todos los puntos, puede ser causa de un desperdicio de tecnología y de excesivo uso de APs.

Con esta incógnita, se inicia un nuevo ciclo de KOLB, donde se podrían aplicar procedimientos de optimización de redes inalámbricas locales y proporcionar un nuevo diseño de la red WIFI del área de estudio.

Adaptación Del Modelo De Kolb En El Proceso Práctico de Mediciones de RNI en una estación base celular.

En la segunda práctica cuya teoría se la explica en la sección 3 y el procedimiento se presenta en detalle en la sección 4.3, trata de la Aplicación del ciclo de KOLB para la enseñanza de la emisión electromagnética de antenas celulares mediante un proceso práctico de Medición del nivel de emisión de radiaciones no ionizantes de estaciones base celulares, tal como se describe en la Figura 5.3.

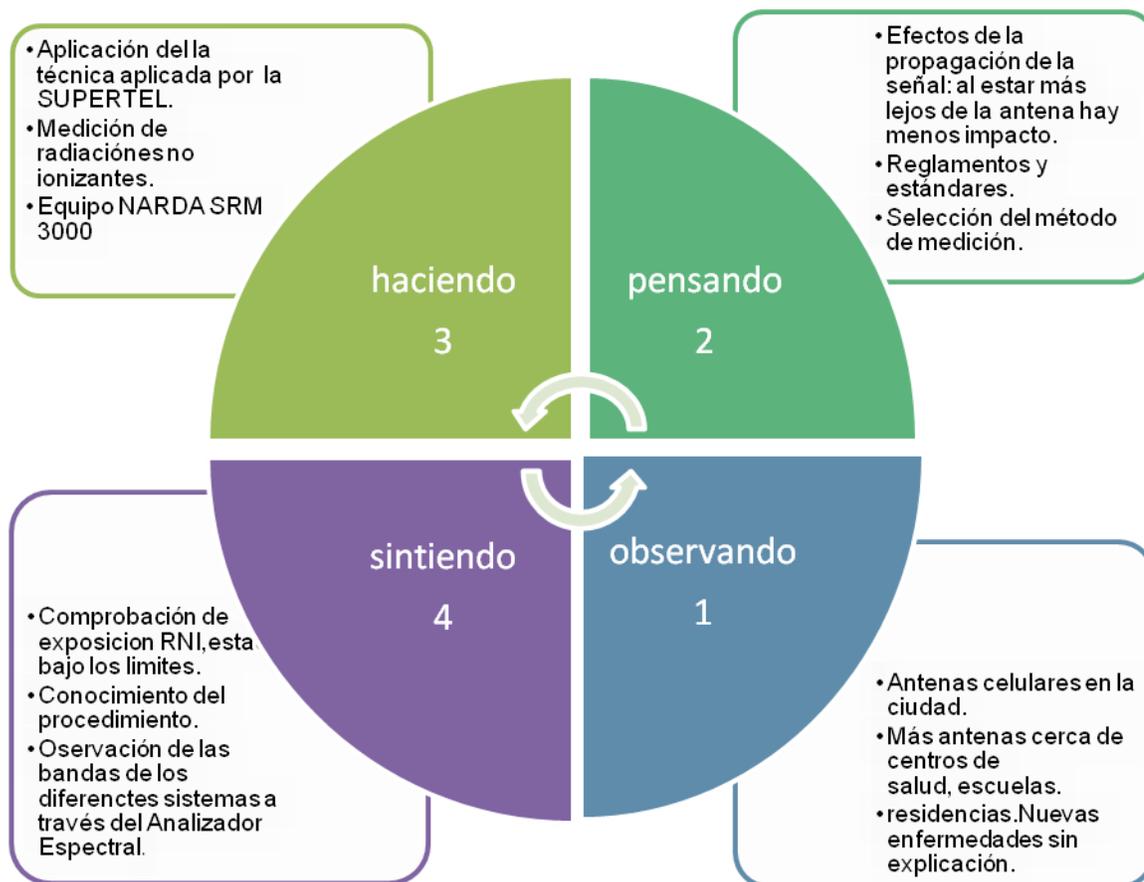


Figura 0.3. Medición de RNI en una estación base según Kolb.

ETAPA 1: Observando: Con el avance de la tecnología y su uso masivo, tenemos que para un grupo específico de los sistemas de telecomunicaciones como lo es la telefonía celular, se observan cada vez más estaciones base celulares en las ciudades. Estas estaciones base han sido ubicadas cerca a centros de salud, escuelas, y residencias, siendo estas últimas las que con mayor frecuencia se observan en las proximidades de las antenas de estas estaciones, debido a que la demanda del servicio de telefonía celular ha

aumentado en los últimos años. Sin embargo, también se observa la aparición de nuevas enfermedades calamitosas a las que aún no se les ha atribuido una explicación clara sobre su origen. Acaso la radiación electromagnética de las antenas celulares están afectando a la salud de los seres humanos? Existe algún peligro tener cerca de las residencias una antena celular, y de manera similar cerca de los estudiantes de ingeniería de la ESPOL?. Estas interrogantes nacen de ciertas observaciones y tienen el análisis debido en la siguiente etapa del ciclo de KOLB.

ETAPA 2: Pensando: En esta etapa se analizan ciertos fenómenos implicados en la emisiones de RNI de una estación base celular. Se entiende según la teoría de propagación de señales, que al estar más lejos de la antena celular existe menos impacto de RNI. Por lo que de lo anterior se deriva que los usuarios de la red celular puedan acceder a un buen servicio con niveles de potencia o radiación de energía aceptables y al mismo tiempo que no peligre su salud al exponerse a estas radiaciones emitidas por las antenas celulares.

Existen estándares y reglamentos que han establecido límites de exposición a RNI, lo cuales permiten tener una guía para el control de las emisiones RNI de las estaciones base celulares de las redes de telefonía celular. Este control se

logra mediante la aplicación de métodos de medición de RNI que se realizan periódicamente por organismos especializados en cada país . En el Ecuador el organismo encargado de esta medición es la Súper Intendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL), el que utiliza la Norma de Medición de RNI establecida por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones del Ecuador (CONATEL).

ETAPA 3: Experimentando: En esta etapa los estudiantes aplican el método descrito por la SUPERTEL para realizar mediciones RNI basadas en potencia de la señal emitida por una estación base (SB) ubicada en el área de Ingeniería Básica de ESPOL. Se realizan mediciones de Densidad de Potencia mediante el analizador espectral NARDA SRM 3000, el cual es también usado por la SUPERTEL (capítulo 4.2).

ETAPA 4: Pensando: Mediante la etapa experimentación, los estudiantes obtienen los datos de densidad de potencia, y mediante un proceso descrito en el capítulo 4.2, se obtienen finalmente los datos que reflejan el nivel potencia de RNI al cual están expuestos los estudiantes alrededor de la Estación Base en estudio. Se comparan los datos obtenidos con el nivel de exposición límite

establecido en país y se obtiene el resultado de que las mediciones obtenidas se encuentran muy por debajo del límite establecido.

Mediante este ciclo se aprende el desarrollo de un procedimiento técnico usado en mediciones de RNI en todas las antenas de la ciudad, lo cual permite el entendimiento de varios conceptos aprendidos por un estudiante de telecomunicaciones y finalmente se es parte de un proceso práctico que permita el real entendimiento del espectro electromagnético y su uso.

5.2 Estudio del impacto en el aprendizaje de los estudiantes usando el método de KOLB en laboratorios experimentales.

Para realizar el estudio del impacto en el aprendizaje de los estudiantes mediante las prácticas experimentales detalladas con anterioridad en este capítulo, se eligió un grupo de estudiantes del curso de Comunicaciones inalámbricas para que efectuaran las prácticas descritas en el capítulo 4 y puedan experimentar el aprendizaje de las telecomunicaciones completando el ciclo de KOLB. Otro grupo, aunque más pequeño, no asistió a las prácticas establecidas, y otro grupo asistió a una de las dos.

La práctica de Medición de Radiaciones No Ionizantes en una Estación Base, se realizó con el grupo de estudiantes antes mencionado, los que se situaron alrededor de la estación base celular de la operadora CONECEL (PORTA) ubicada en el área de Ingeniería Básica de la ESPOL. Un grupo muy pequeño del curso de Comunicaciones Inalámbricas no asistió a esta práctica, ya que en esta ocasión no era obligatoria la asistencia al desarrollo de las mismas, por ser considerada un prototipo de práctica. Los estudiantes realizaron el procedimiento de la práctica, se establecieron los puntos de medición alrededor de la antena, aprendieron el funcionamiento del Analizador espectral (AE) NARDA SRM 3000, y tomaron las mediciones de la densidad espectral de potencia en turnos para que todos cuidadosamente puedan tener la experiencia del manejo del equipo. Los estudiantes pudieron observar de frente las antenas y la torres sobre las cuales se colocan las antenas, y pudieron realizar varias preguntas lo que afirmó sus conocimientos al respecto.

En la semana siguiente, los estudiantes realizaron la siguiente práctica de Desarrollo de un Modelo de Propagación IEEE 802.11g, la cual se implementó mediante mediciones cercanas al Punto de Acceso ubicado cerca de la Secretaría de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación. El grupo de estudiantes asistió, y ya con la experiencia anterior del manejo del equipo, se

realizaron las mediciones de densidad de potencia con mayor agilidad. Se pudo observar en la pantalla del AE como la densidad de potencia (que está relacionada directamente con la potencia de la señal) disminuía con respecto a la distancia entre el transmisor y el receptor. Adicionalmente, se pudo constatar como la presencia de superposición de señales en un punto de medición presentó un valor de densidad espectral de potencia mayor que el tomado anteriormente en otro punto de medición distinto. Se pudo discernir que la señal que se superponía provenía de un AP personal ubicado en la oficina de una docente de la Facultad.

5.2.1 Encuestas y resultados

Para evaluar con mayor efectividad la aplicación del modelo de KOLB en la enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Telecomunicaciones en la ESPOL mediante la ejecución de las prácticas especificadas anteriormente, se diseñó una prueba de conocimientos compuesta de 15 preguntas (ver anexo 4), la cual fue tomada por los estudiantes por primera vez antes del desarrollo de las prácticas de mediciones de radiofrecuencia. Luego de haber realizado las prácticas y presentado los reportes al docente del curso, los estudiantes desarrollaron por segunda vez la misma prueba, para así poder

comparar los nuevos resultados de la evaluación de sus conocimientos, con los resultados obtenidos anteriormente. Cabe recalcar, que la prueba fue realizada por todos los estudiantes del curso, incluyendo los que no habían participado de la prácticas, lo cual fue un punto clave para poder analizar el desenvolvimiento de todos los estudiantes en la prueba, el cual puede diferir entre los estudiantes que asistieron a la prácticas y los que no (Tabla XIII).

Nro.	Alumnos	Charla	Eval 1	Eval 2	Practica RNI	Practica MDP	Reporte	% Eval
1.	Alvarado Andrea	SI	12	11	X	X	X	-8%
2.	Anzules Joffre	SI	12	13	SI	X	6	8%
3.	Apolo Maribel	SI	11	10	SI	SI	10	-9%
4.	Cabrera Roberto	SI	6	17	SI	SI	12	183%
5.	Corrales Shirley	NO	12	12	X	X	X	0%
6.	Cruz Julio Cesar	SI	10	12	X	SI	10	20%
7.	Flores Joichis	SI	10	16	SI	X	20	60%
8.	Gira Kuonqui	SI	15	14	SI	SI	X	-7%
9.	Guayaquil Rodrigo	SI	12	16	SI	X	6	33%
10.	Lamilla Tonny	SI	13	13	SI	SI	X	0%
11.	Leon Andres	SI	14	18	SI	SI	20	29%
12.	Luna Jonathan	SI	12	17	SI	SI	20	42%
13.	Mera Geovanny	SI	13	16	SI	SI	14	23%
14.	Molina Nadia	SI	15	19	SI	SI	SI	27%
15.	Montiel Tomas	SI	12	14	SI	SI	X	17%
16.	San Wong Pamela	SI	11	19	SI	SI	6	73%
17.	Tapia Claudia	SI	13	12	SI	X	8	-8%
18.	Touriz Victor	SI	5	18	SI	SI	10	260%

Tabla XIII : Resultado de la aplicación del método de KOLB mediante prácticas experimentales a los estudiantes del Curso de Comunicaciones Inalámbricas.

5.2.2 Análisis de resultados

Como se detalla anteriormente, los estudiantes llenaron la encuesta para luego poder evaluar sus conocimientos antes y después de realizar la prácticas y así, poder observar la evolución de los mismos, considerando también el desarrollo del reporte de las experimentaciones.

Para este análisis, se dividen los estudiantes en los siguientes grupos: Los que asistieron a las dos prácticas, los que asistieron a una de las dos prácticas, y los que no asistieron a las prácticas (figura 5.4).



Figura 0.4. Porcentaje de estudiantes con respecto a la asistencia de las prácticas.

Otra manera de agruparlos es mediante su desempeño en la evaluación que realizaron antes y después de las prácticas. Comparando sus evaluaciones antes y después de las prácticas se obtienen los resultados que se observan en la tabla XIII en la columna %eval, los cuales agrupados se presentan en la figura 5.5.

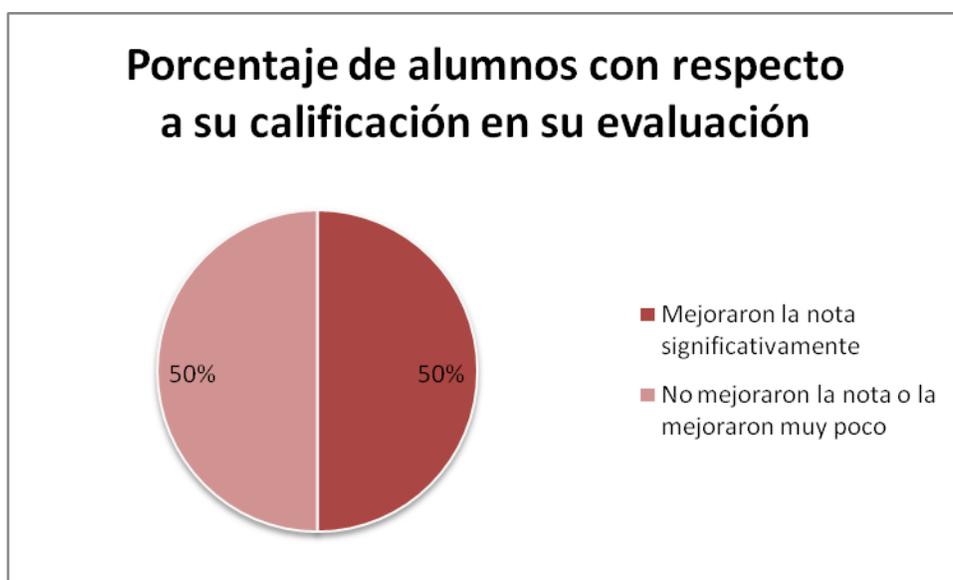


Figura 0.5. Porcentaje de estudiantes que mejoraron sus notas y los que no mejoraron sus notas después de las practicas.

Como se observa en la figura 5.5, el 50% de los estudiantes mejoraron sus notas en su segunda evaluación y el otro 50% no lo hicieron. Este puede implicar varias situaciones, y ciertas interrogantes como: En cuántos estudiantes se refleja la asistencia a las prácticas en su desempeño en las evaluaciones? O cómo les afectó el no haber asistido a la prácticas o haber asistido a medias?. Esto se lo puede analizar mediante la figura 5.6, donde se puede apreciar que la mayoría de los estudiantes que mejoraron su nota significativamente (de hecho 7 de 9 estudiantes) asistieron a las dos prácticas y el resto de grupo que mejoró la nota aunque más pequeño asistió a una de las prácticas por lo menos.

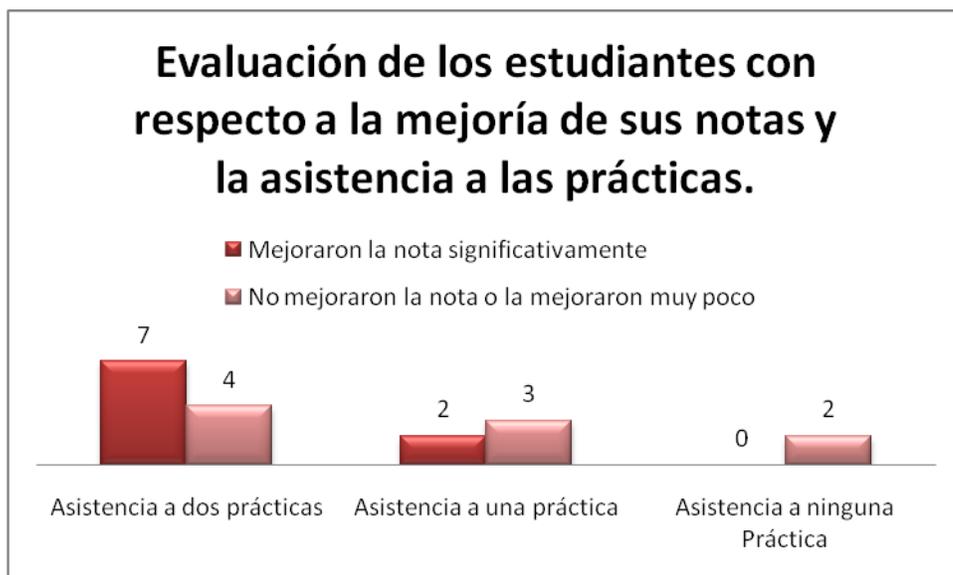


Figura 0.6. Evaluación de los estudiantes con respecto a la mejoría de sus notas y la asistencia a las prácticas.

Con respecto a los que no asistieron a ninguna práctica, ninguno mejoró la nota. Pero curiosamente se observa un 35% de estudiantes (7 de 18 estudiantes) que aunque hayan asistido por lo menos a una práctica, de igual forma no presentaron un buen desempeño en las evaluaciones, y esto puede ser el resultado de otras consideraciones como un mal desarrollo del reporte o la falta de atención suficiente en el procedimiento de las prácticas.

Otra consideración importante para la evaluación del desempeño de los estudiantes e impacto de las prácticas en el aprendizaje de los estudiantes es la elaboración del reporte. Como se entiende, la cuarta etapa del ciclo de KOLB, le permite al estudiante la abstracción de los conocimientos, obtener sus propios resultados, analizarlos y obtener conclusiones propias. Esto finalmente se asienta mediante la elaboración correcto y consciente de un reporte técnico de las prácticas, lo cual implica la aplicación de los conocimientos, el procesamiento de los datos obtenidos en la prácticas experimentales, y luego el análisis de los resultados, punto muy importante ya que ahí es donde se plasma realmente lo que se logró entender de la teoría que se ha puesto en práctica.



Figura 0.7. Evaluación de los estudiantes con respecto a la mejoría de sus notas y la elaboración del reporte.

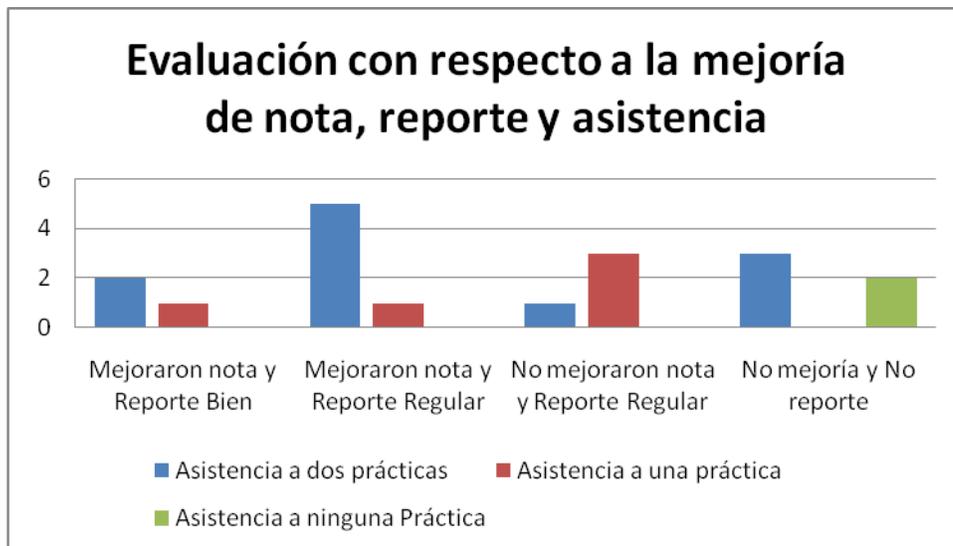


Figura 0.8 Evaluación de los estudiantes con respecto a la mejoría de sus notas, la elaboración del reporte y la asistencia a las prácticas.

Se observa que el 75% de los estudiantes que mejoraron sus notas en la segunda evaluación de la encuesta, elaboraron un reporte que se puede considerar regular ya que solo se limitaron a colocar las mediciones y no ejecutaron todas las indicaciones establecidas en el manual de prácticas como gráficos delimitando el área, recomendaciones y conclusiones (figura 5.7). El 25% de los estudiantes que mejoraron su nota (3 estudiantes) en cambio si realizaron el reporte debidamente, desarrollaron todas las indicaciones del manual correctamente y realizaron un análisis de los resultados satisfactorio. Estos 3 estudiantes mencionados, son los que en la tabla XIII están resaltados, puesto que fueron los únicos que obtuvieron la máxima calificación en sus reportes y a la vez están en el grupo de las mejores calificaciones.

También se puede apreciar en la figura 5.7 que todos lo que no elaboraron reporte no pudieron mejorar sus notas en las evaluaciones. Esto refleja que al no elaborar el reporte los estudiantes no pudieron plasmar los conocimientos obtenidos en el desarrollo de las prácticas si asistieron, y por otro lado la falta de asistencia a las prácticas se vio reflejada en las notas que no pudieron ser mejoradas.

Con respecto a un análisis general se puede apreciar en figura 5.8 la evaluación de los estudiantes considerando de alguna manera los tres términos importantes como son la mejoría en las notas de las evaluaciones en los estudiantes, la elaboración de los reportes y la asistencia a las prácticas.

Un punto importante que se puede resaltar es en la parte de la figura 5.8 donde se observa el grupo de estudiantes que aunque no hayan elaborado los reportes correctamente ya sea por falta de tiempo o dedicación, de igual forma mejoraron su calificación, este grupo se lo puede a la vez dividir con respecto a la asistencia a la prácticas, y se observa que todos por lo menos asistieron a una de las prácticas donde la mayoría asistió a las dos practicas, lo cual permite explicar el por qué de su buen desempeño en las evaluaciones, puesto que estos estudiantes estuvieron realmente atentos y participaron activamente en el desarrollo de la prácticas experimentales. Se puede observar este fenómeno con mucha fuerza en la estudiante número 16, quien obtuvo una mejoría del 76% entre sus dos evaluaciones y a la vez obtuvo la mejor nota en la segunda evaluación.

Por otro lado, observamos el grupo de los estudiantes que aunque asistieron a las prácticas, y realizaron un reporte regular, no obtuvieron una mejoría significativa en las evaluaciones, estos alumnos representan el 44% del grupo que no mejoró su nota o el 22% del grupo total de estudiantes. Este fenómeno se puede analizar debido a que estos estudiantes asistieron por lo menos a una práctica, pero no participaron activamente, y a la vez no atendieron lo suficiente, no pusieron de su parte y quizá estuvieron realizando otras actividades en el transcurso del desarrollo de las prácticas experimentales, lo cual se ve reflejado en su desempeño en las evaluaciones.

CONCLUSIONES

Un ciclo de aprendizaje de la telecomunicaciones, se inicia en las aulas de clases con la enseñanza de nuevos conceptos, teorías, leyes, etc. Se lo analiza, se lo estudia y luego se lo evalúa teóricamente. Este método tradicional no permite culminar el ciclo. Desde el punto de vista de KOLB, después de observar los efectos alrededor, generar hipótesis y dudas de lo observado, entender las teoría, desarrollar habilidad mediante problemas de aplicación de las misma, se requiere un tercer paso que es la experimentación y luego un cuarto paso para poder finalmente conceptualizar lo aprendido y lograr un ciclo completo de aprendizaje que luego generará el inicio de un nuevo ciclo.

Se pudo demostrar que es necesario un método de enseñanza-aprendizaje práctico que permita a los estudiantes entender de una mejor manera la parte teórica de un curso. El ciclo de KOLB aplicado en la enseñanza de las telecomunicaciones permite desarrollar conocimientos con bases fuertes que encaminan ideas nuevas por analizar.

Se estableció el procedimiento para desarrollar un modelo de propagación básico de una red inalámbrica local WIFI 802.11g en dos APs de la planta baja

del edificio administrativo de la FIEC, y efectivamente este procedimiento pudo ser replicado para ponerlo en práctica por los estudiantes del curso de Comunicaciones Inalámbricas del II termino 2008 en la FIEC-ESPOL.

Se analizó el desempeño de la red en la planta baja del edificio administrativo de la FIEC, comprobando así con los estudiantes que en el área de los corredores la tasa de transmisión es la máxima sin considerar el flujo de usuarios. Esto no asegura que la red es óptima, ni que la ubicación de los Puntos de Acceso (APs) es la mejor, puesto que este escenario de máxima potencia en toda el área, puede también ser índice de un desperdicio de recursos en un área de oficina..

Se pudo verificar los niveles de exposición de RNI que los estudiantes de ingeniería soportan todos los días por estar cerca de una estación base celular ubicada en las instalaciones de la ESPOL. Efectivamente los niveles de radiación RNI emitidos por la estación base se encuentran muy por debajo de los límites especificados por las normativas correspondientes. Este procedimiento técnico, que es realizado por especialistas de la Súper Intendencia de Telecomunicaciones en el país fue realizado por el grupo de estudiantes ya mencionados, quienes despejaron varias dudas en el transcurso de la experiencia.

Finalmente, mediante los resultados de la encuestas se pudo analizar el impacto del aprendizaje de KOLB en los estudiantes, mediante el desarrollo de estas experiencias ya detalladas, que ofrecieron a los estudiantes una forma de completar el ciclo de KOLB y lograr aprehensión real de los conocimientos adquiridos en clase, además de despejar dudas de la materia y la creación de nuevos conocimientos, impulsando la investigación hacia proyectos futuros.

Se pudo comprobar que la aplicación de métodos de enseñanza-aprendizaje en las telecomunicaciones aumenta la abstracción de conocimientos en los estudiantes. Esto se presenta en el caso de un grupo de estudiantes que gracias a su buen desempeño en las prácticas, y mediante la elaboración correcta del reporte, experimentaron las 4 etapas del ciclo e KOLB, lo cual se reflejó en la mejoría notoria de sus calificaciones en las evaluaciones.

El grupo de los estudiantes que no mejoraron sus calificaciones en las evaluaciones generalmente no asistieron a todas las prácticas o simplemente no brindaron la atención suficiente. Sin embargo se apreciaron resultados diferentes donde ciertos estudiantes asistieron a

las dos practicas y aunque no realizaron debidamente el reporte, de igual forma mejoraron su nota, esto refleja que estos estudiantes aprenden más fácilmente en la práctica que en la teoría.

RECOMENDACIONES

- Realizar estas prácticas como complemento necesario para que los estudiantes del curso de Comunicaciones Inalámbricas puedan así completar el ciclo de KOLB y generar nuevas hipótesis que podrían incluso ser temas de proyectos de graduación.
- Fomentar la aplicación de las cuatro etapas del ciclo de KOLB en la enseñanza de cada uno de los cursos de la carrera Ing. En Electrónica y Telecomunicaciones e ingeniería en general, y así impulsar el desarrollo del conocimiento y la investigación científica.
- Realizar estudios que extiendan los temas desarrollados en estas prácticas como el Desarrollo de modelos de propagación en áreas externas (outdoor) , como también Modelos de propagación de la señal GSM en una estación base mediante mediciones de potencia utilizando el Analizador espectral NARDA SRM 3000.

ANEXOS

ANEXO 1: Manual de Practicas para el curso de Comunicaciones Inalámbricas.

1.1 PRACTICA #1

DESARROLLO DE UN MODELO DE PROPAGACIÓN DE RADIOFRECUENCIA WLAN IEEE 802.11 g.

Objetivos:

- Modelar la propagación de radiofrecuencia en una WLAN mediante el método Gradiente Distancia-Potencia
- Corroborar los efectos causados por Reflexión, Difracción de la señal transmitida.
- Revisar conceptos como: Velocidad de Transmisión, Cobertura de la señal.
- Comprender el uso de ciertas funciones del equipo de medición: Analizador Espectral NARDA SRM-3000.

INTRODUCCIÓN

Las redes inalámbricas locales (WLANs) operan en una variedad de ambientes tomando en cuenta varios aspectos de radio propagación. WLANs fueron originalmente designadas alrededor de los años 90s para usarlas en oficinas y edificios comerciales. En el año 2000 se volvieron populares en áreas residenciales. El desarrollo de las redes inalámbricas IEEE 802.11b y g se ha efectuado a gran rapidez en los últimos años, por lo cual es necesario proponer modelos y realizar estudios antes de implementar estas redes.

El primer paso para la construcción de un modelo de propagación de canal es clasificar las características físicas del mismo. Los modelos de señal de banda angosta y banda ancha son desarrollados para diferentes ambientes. En el modelo de banda angosta, es importante la medición de la potencia recibida relacionando la pérdida de camino con la distancia entre el transmisor y receptor. En aplicaciones de banda ancha, solo importa el modelamiento de una estructura de multicamino o el comportamiento de la selección de frecuencia del canal en diferentes ambientes. En este trabajo se va a desarrollar un modelo de propagación de banda angosta mostrando dos de los procesos más básicos previo a la implementación de una red inalámbrica: el Desarrollo del Modelo de

Potencia de la Señal Recibida y el Estudio de Cobertura [2]. Modelar la potencia de la señal recibida nos permite identificar como se desvanece la señal al aumentar la distancia. El estudio de cobertura nos proporciona la información necesaria para definir la calidad de servicio por área, ya que la potencia se relaciona con la velocidad de transmisión de la señal.

Con este trabajo queremos dar a conocer dos de los procesos más básicos previo a la implementación de una red inalámbrica, el MODELADO DE LA INTENSIDAD DE LA SEÑAL RECIBIDA y el ESTUDIO DE COBERTURA.

El modelado de la intensidad de la señal recibida nos permite identificar como varía la intensidad de la señal al aumentar la distancia.

El estudio de cobertura nos proporciona la información necesaria para definir áreas en las cuales se obtienen diferentes tasas de transferencia de datos.

Para realizar tales estudios se escogió un punto de acceso inalámbrico localizado en la planta baja del edificio administrativo de la FIEC cuyo plano se presenta en la **Fig 01**.

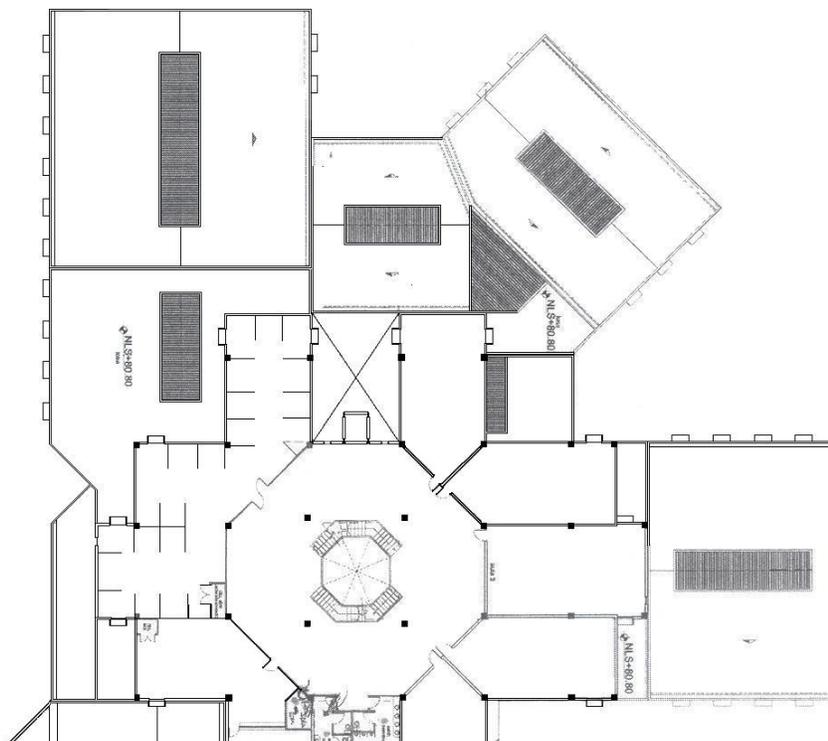


Figura 01 - Área de estudio dentro del Edificio Administrativo de la FIEC

Equipos requeridos:

- Analizador Espectral NARDA SRM3000.
- Antena 3AX 75M-3G.
- Cable SRM 1.5m.
- GPS Explorist XL.
- Estación Base celular (ubicada cerca de las aulas de básico).

PARTE1: MODELAMIENTO DE LA INTENSIDAD DE LA SEÑAL RECIBIDA

TEORÍA

A medida que la distancia aumenta entre el transmisor y el receptor, la intensidad de la señal tendrá cortas y largas fluctuaciones debido a dos factores: La atenuación por multicaminos y la atenuación por sombra.

La Atenuación por Multicaminos es el promedio de los cambios instantáneos en la potencia de la señal recibida causado por los cambios rápidos en la fase de la señal recibida desde diferentes caminos, debido a pequeños movimientos alrededor del receptor y a las condiciones del camino.

La Atenuación por Sombra es el promedio de los cambios en la intensidad de la señal recibida causados por la posición relativa de objetos grandes, como esquinas, postes, paredes considerando como ejemplo un área de oficina.

Para analizar el modelo de propagación de una WLAN IEEE 802.11b y g, se midió la densidad de potencia de la **Señal Recibida (RSS)** en diferentes puntos localizados en la planta baja del edificio (Figura 2).

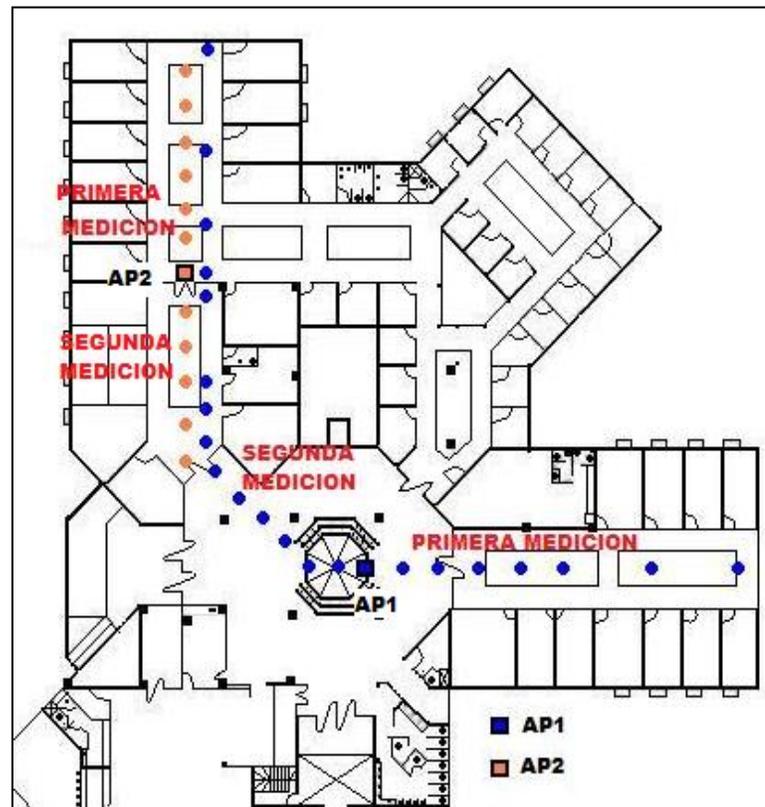


Fig 2. Plano de la planta baja del edificio administrativo de la FIEC.

Para obtener el modelo de cobertura de la WLAN utilizamos el modelo de gradiente distancia-potencia. El gradiente distancia-potencia α es usado para la

determinación del decrecimiento de potencia como función de la distancia desde el transmisor. Por ejemplo, 10α es la atenuación promedio por década en relación al incremento de la distancia. Generalmente considerado áreas libres o corredores α es igual a 2.

Para lo cual es necesario convertir la densidad de potencia a potencia mediante las fórmulas siguientes.

$$A_e = \frac{\lambda^2 * G_r}{4\pi} ;$$

para nuestro caso G_r está incluido en el valor de P_d

$$P_r = P_d * A_e$$

La relación entre la potencia recibida P_r y la potencia transmitida P_t a una frecuencia f en el espacio libre es:

$$\frac{P_r}{P_t} = G_t * G_r * \left(\frac{\lambda}{4 * \pi * d} \right)^2$$

La pérdida de camino a 1 metro en decibelios se define por

$$L_0 = 10 * \log_{10} P_t - 10 * \log_{10} P_0$$

La pérdida de camino total viene dada por

$$L_p = L_0 + 10 * \alpha * \log_{10}(d)$$

P_t es la potencia transmitida en cualquier punto

P_0 representa la potencia transmitida a 1m.

d es la distancia entre el transmisor y el receptor

L_p es la pérdida de camino entre el transmisor y el receptor

L_0 es la pérdida de camino a un metro del transmisor

α es el gradiente distancia-potencia.

Una manera de determinar L_0 y α de las mediciones es trazar L_p versus $\log_{10}(d)$ medidos y hacer un ajuste lineal.

DESARROLLO

Los datos obtenidos de las mediciones deben ser compilados para obtener así la Pérdida de Paso, la cual es necesaria para el modelaje de cobertura dentro del Edificio Administrativo de la FIEC.

Fórmulas:

FRECUENCIA CENTRAL	$F_c = (F_{int \max} + F_{int \min}) / 2$
LONGITUD DE ONDA	$\lambda = C / F_c$
APERTURA EFECTIVA	$A_e = \lambda^2 / 4\pi$
POTENCIA RECIBIDA	$Pr(d) = P_d * A_e$
PÉRDIDA DE CAMINO A 1m	$Lo = 10 * \log(P_t) - 10 * \log(P_o)$
PÉRDIDA DE CAMINO TOTAL	$L_p = Lo + 10 * \alpha * \log(d) + \Sigma(M_{type})(W_{type})$

Datos y Cálculos:

FRECUENCIA CENTRAL	$F_c = 2435000000 \text{ Hz}$
VELOCIDAD DE LA ONDA	$C = 300000000 \text{ m/s}$
LONGITUD DE ONDA	$\lambda = 0.12320329 \text{ m}$
APERTURA EFECTIVA	$A_e = 0.00120791$
GANANCIA TX	$G_t = 8 \text{ dBi}$
ATENUACION POR PARED	$M_{\text{type}} = 6$
POTENCIA TX	$P_{\text{tx}} = 20 \text{ dBm}$
POTENCIA TX	$P_{\text{tx}} = 0.1 \text{ W}$

Resultados De Prueba

Punto	Distancia [m]	Distancia Logarítmica	Fint mín [GHz]	Fint máx [GHz]	Campo Eléctrico [mV/m]	Densidad de Potencia [mW/m ²]
01	1,0	0,00	2,42	2,45	484,90	0,6237
02	3,3	5,12	2,42	2,45	407,30	0,4401
03	5,5	7,36	2,42	2,45	285,00	0,2154
04	6,8	8,31	2,42	2,45	249,70	0,1654
05	9,3	9,66	2,42	2,45	158,50	0,0667
06	12,1	10,83	2,42	2,45	98,91	0,0260
07	17,0	12,29	2,42	2,45	114,10	0,0345
08	18,4	12,64	2,42	2,45	109,10	0,0316
09	23,5	13,70	2,42	2,45	79,86	0,0169
10	24,4	13,87	2,42	2,45	55,72	0,0082
11	33,7	15,27	2,42	2,45	36,81	0,0036

Tabla 014 - Datos obtenidos en AP1 primera medición

Potencia Recibida [mW]	P dBu	P dBm	P db	Lp	TASA DE Tx [Mbps]
0,00075337	-1,229895416	-31,2298954	-61,22989542	51,22989542	54
0,00053160	-2,744139171	-32,7441392	-62,74413917	52,74413917	54
0,00026018	-5,847195867	-35,8471959	-65,84719587	55,84719587	54
0,00019979	-6,994297805	-36,9942978	-66,9942978	56,9942978	54
0,00008053	-10,94034831	-40,9403483	-70,94034831	60,94034831	54
0,00003135	-15,03827923	-45,0382792	-75,03827923	65,03827923	54
0,00004170	-13,79894499	-43,798945	-73,79894499	63,79894499	54
0,00003812	-14,18828291	-44,1882829	-74,18828291	64,18828291	54
0,00002044	-16,89564927	-46,8956493	-76,89564927	66,89564927	54
0,00000995	-20,02301682	-50,0230168	-80,02301682	70,02301682	54
0,00000434	-23,62266391	-53,6226639	-83,62266391	73,62266391	54

Tabla 015 – AP1 Segunda Medición

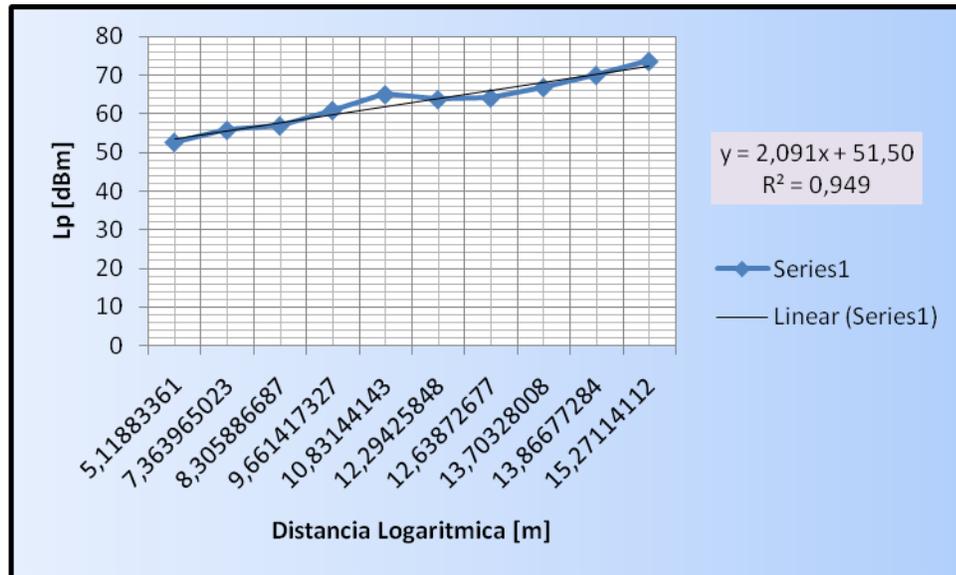


Fig 03 – Pérdida de potencia vs Distancia Logarítmica

Las gráficas para los grupos de mediciones fueron trazadas utilizando Excel y MatLab. A continuación se muestra los códigos fuentes y las trazas.

Código fuente usado en MatLab

```
>> x = [0 5.12 7.36 8.31 9.66 10.83 12.29 12.64 13.70 13.87 15.27];
```

```
>> y = [51.23 52.74 55.85 56.99 60.94 65.04 63.80 64.19 66.90 70.02  
73.62];
```

```
>> plot(x,y,'-k');
```

```
>> xlabel('Distancia Logarítmica');
```

```
>> ylabel('Pérdida de Paso [dBm]');
```

```
>> grid on;
```

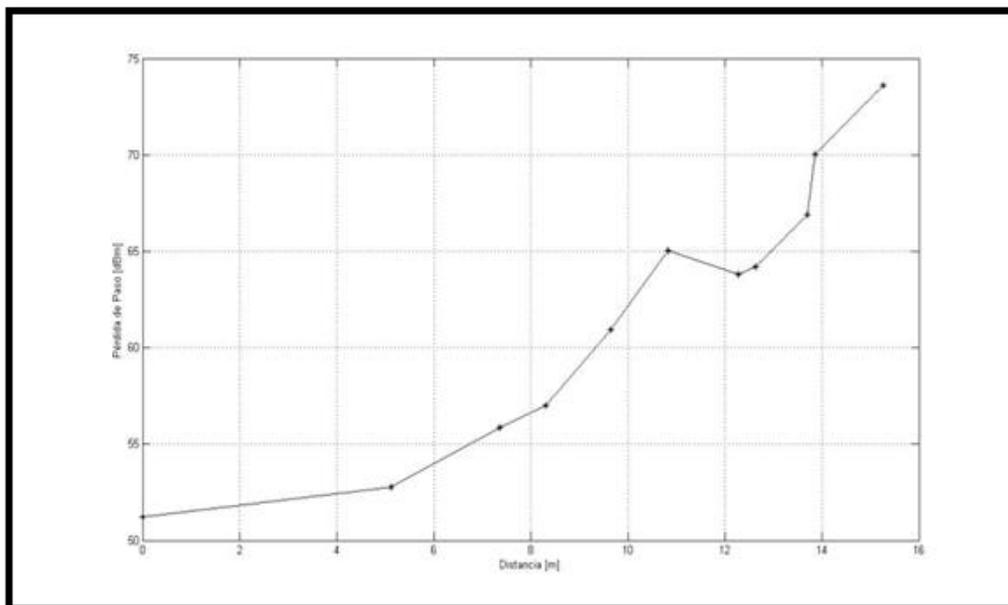


Fig 04.- Pérdida de potencia vs Distancia Logarítmica

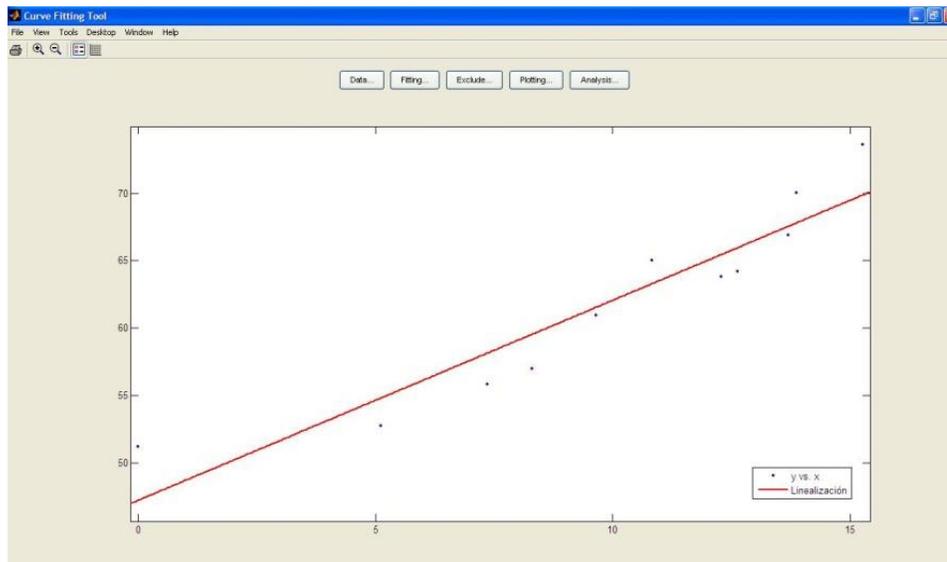


Fig. 05.-Linealización de la gráfica Pérdida de potencia vs Distancia Logarítmica

- a) Con los resultados de las mediciones determinar el gradiente distancia-potencia, α , y la pérdida de camino a 1m, L_0 .

Ecuación de la Recta de Linealización:

$$Y = 51.50 + 2.091x$$

Donde:

$$\alpha = 2.091$$

$$L_0 = 51.50$$

PARTE II:

ESTUDIO DE COBERTURA

TEORÍA

Las redes WLAN IEEE 802.11b y g soportan múltiples tasas de datos. Cuando la distancia entre el transmisor y el receptor incrementa, la WLAN reduce su tasa de transmisión de datos a fin de expandir su cobertura.

Las normas IEEE 802.11b y g recomiendan un grupo de tasas de transmisión de datos para las WLANs.

La **Tabla 05** muestra las tasas de datos y el RSS para la IEEE 802.11g

Tasa de Datos [Mbps]	RSS [dBm]
54	-72
48	-72
36	-73
24	-77
18	-80
12	-82
9	-84
6	-90

T**tabla 05** – Tasa de datos y RSS para IEEE 802.11g

- Graficar la tasa de datos versus cobertura (funciones escalera) para una WLAN IEEE 802.11b operando en la planta baja del Edificio Principal de la FIEC, usando para tal efecto los valores de L_0 y α ya encontrados.

DESARROLLO

Nos valemos de MatLab para realizar la gráfica de la tasa de datos versus cobertura para la WLAN IEEE 802.11g que opera en la planta baja del Edificio Principal de la FIEC, la cual debe ser representada mediante una función escalera.

El código fuente y la gráfica obtenida para el grupo de mediciones en el AP1 segunda medición es presentada a continuación.

```
>> x = [1.0 3.3 5.5 6.8 9.3 12.1 17.0 18.4 23.5 24.4 33.7];
```

```
>> y = [54 54 54 54 54 54 54 54 54 54 54];
```

```
>> v = [0.3 25.0 25.01 39.7];
```

```
>> w = [54 54 48 48];
```

```
>> plot(0,40,40,60,v,w,x,y,'*k');
```

```
>> xlabel('Radio de Cobertura [m]');
```

```
>> ylabel('Tasa de Transferencia [Mbps]');
```

```
>> grid on;
```

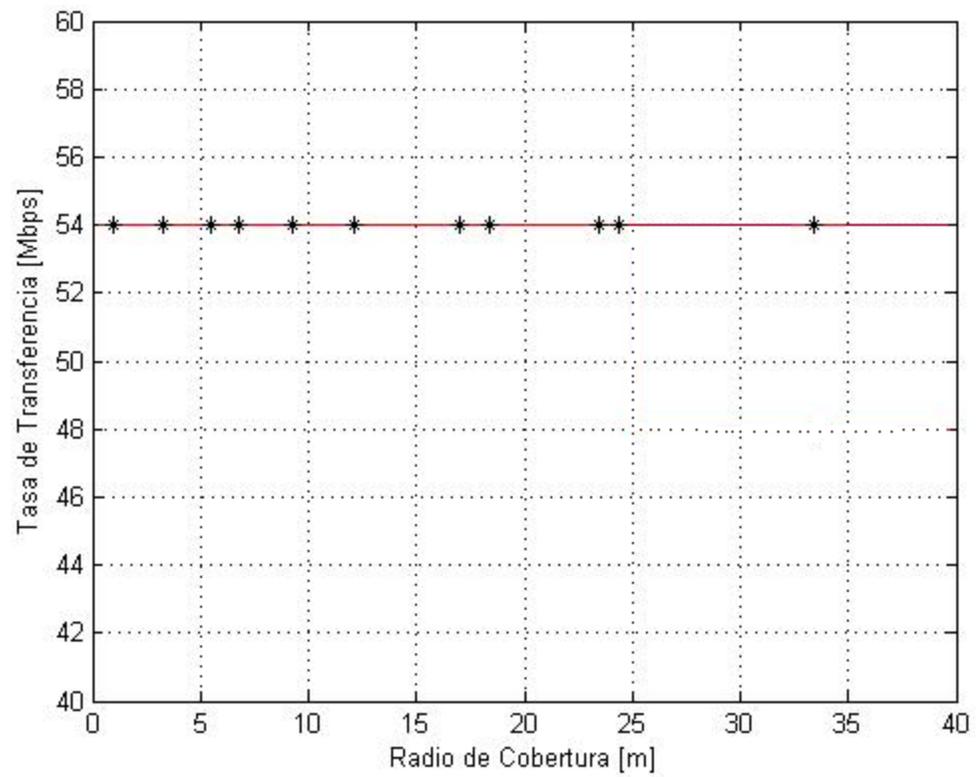


Ilustración 1 - Tasa de Datos vs. Cobertura de la primera medición

PASOS A SEGUIR PARA REALIZAR LAS MEDICIONES

1. Indicar en un plano del área en estudio los puntos de ubicación de la mediciones de radiofrecuencia.
2. Encender el equipo (on/off).
3. Seleccionar modo (Analizador espectral).
4. Configurar Frecuencia mínima (2.42 GHz).
5. Configurar Frecuencia máxima (2.45 GHz).
6. Elegir el tipo de resultado (Max. Average).
7. Configurar las unidades de medición (V/m- W/ m²).
8. Realizar 5 mediciones de seis minutos en puntos distintos separados 3 m en dirección de un mismo AP, y guardarlo en memoria (save).
9. Anotar cualquier variación de lo observado.
10. Ingresar al menú de memoria y entrar al presentador (VIEWER).
11. En cada uno de los datos almacenados presionar la tecla EVAL y escoger la opción de integración sobre una banda de frecuencias.
12. Repita estos pasos para todas las mediciones.
13. Copiar el resultado (VALUE).

PASOS A SEGUIR PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

1. Obtener los datos experimentales de densidad de potencia de las mediciones en los puntos en dirección de un Ap.

2. Realizar los cálculos de lo siguiente:

- FRECUENCIA CENTRAL
- LONGITUD DE ONDA
- APERTURA EFECTIVA
- POTENCIA RECIBIDA
- PÉRDIDA DE CAMINO A 1m
- PÉRDIDA DE CAMINO TOTAL

3. Presentar los resultados obtenidos en tablas como se muestra en el desarrollo ejemplo.

4. Graficar los datos de PERDIDA DE POTENCIA vs. DISTANCIA EN ESCALA LOGARÍTMICA tal como se muestra en el desarrollo de ejemplo.

4.1 Realizar las gráficas utilizando EXCEL

4.1.1 Sombrear los puntos graficados- clic derecho

4.1.2 Opción **Add Trendline**

4.1.3 Elegir opción **Linear**

4.1.4 Activar **Equation on Chart**

4.2 Graficar los datos utilizando MATLAB.

Nota: El código se indica en la práctica ejemplo.

5. Identificar los valores de L_0 y α en la ecuación del modelo de propagación .

8. Comparar los resultados de potencia recibida y tasa de transmisión de datos según la tabla 05.

9. Graficar la tasa de datos versus cobertura (funciones escalera) para una WLAN IEEE 802.11g operando en la planta baja del Edificio Principal de la

FIEC, usando para tal efecto los valores de L_0 y α ya encontrados (ver desarrollo de práctica de muestra).

10. Recomendaciones

11. Conclusiones.

Notas para las conclusiones:

- Presentar una tabla con los datos de L_0 medido experimentalmente y estimado mediante el modelo de propagación, comparando y obteniendo su porcentaje de diferencia.
- Comparar los datos de α con respecto a valores en áreas libres.
- Responder lo siguiente:
 - Que efectos están presentes en las mediciones de radiofrecuencia WIFI y que causan?
 - Qué sucedió con la potencia de la señal a medida que el receptor se alejaba del transmisor y cuáles son las razones?
 - Por qué razones la tasa de transferencia disminuye a medida que el receptor se aleja del transmisor?

- Tener presente que la tasa de transferencia máxima es de 54 Mbps

12. Presentar el reporte vía METIS.

1.2 PRÁCTICA # 2:

MEDICIÓN DE RADIACIONES NO IONIZANTES

Objetivos:

- Familiarizarse con los términos básicos relacionados a propagación de ondas electromagnéticas en antenas celulares.
- Aprender y Conocer ciertas aplicaciones y los efectos producidos por la exposición prolongada a RNI's.
- Comprender el uso de ciertas funciones del equipo de medición: Analizador Espectral NARDA SRM-3000.
- Comprobar y analizar los límites máximos de exposición alrededor de una estación radioeléctrica fija.

Fundamentos Teóricos:

Se conoce con el término de radiación a las propagaciones de cualquier tipo de energía a través de un medio fluido o del vacío. La radiación puede ser clasificada en radiación electromagnética y radiación corpuscular. Siendo radiación electromagnética la propagación de la energía en forma de ondas

electromagnéticas, y radiación corpuscular la generada por el movimiento de partículas subatómicas.

Los campos electromagnéticos transportan energía, y dependiendo de la cantidad de energía y de la frecuencia de transmisión de las ondas electromagnéticas se clasifican a las radiaciones en: ionizantes y no ionizantes.

Las RADIACIONES IONIZANTES transportan energía lo suficientemente elevada para provocar ionización (separación de electrones en átomos y moléculas) en el medio circundante. Una vez ionizados los átomos, pueden volver a combinarse o formar nuevos compuestos químicos, cuyos cambios pueden llegar a ser de larga duración o permanentes.

Las fuentes de radiaciones electromagnéticas ionizantes son mayormente de origen natural y se encuentran dentro de la tierra como en el resto del universo. Las radiaciones ionizantes son también de origen corpuscular, siendo el espacio exterior el origen de la radiación corpuscular ionizante con mayor índice energético, encontrándose constituidas por protones y partículas alfa en su mayoría. Los rayos ultravioleta, rayos X y rayos gamma son formas de radiación ionizante.

Las RADIACIONES NO IONIZANTES no transportan suficiente energía para provocar ionización. Este tipo de radiación, dependiendo de la frecuencia de

transmisión, puede causar inducción de corrientes o calentamiento en los tejidos biológicos. Sin embargo, los trabajadores y la población en general se encuentran expuestos a niveles tan bajos para causar trastornos perennes en los tejidos.

La energía eléctrica, las ondas de radio, las microondas, los rayos infrarrojos y la luz visible son radiaciones no ionizantes.

Es importante, cuando se hable de los efectos biológicos de las radiaciones, no confundir los términos ionizantes y no ionizantes, ya que las radiaciones no ionizantes tienen efectos muy diferentes a los de las radiaciones ionizantes que si pueden provocar daños graves e irreversibles en la salud.

Las diferentes clases de energía electromagnética pueden ser identificadas dentro del espectro electromagnético, siendo este el rango de las frecuencias de las ondas electromagnéticas y que se detalla en la *figura 01*.

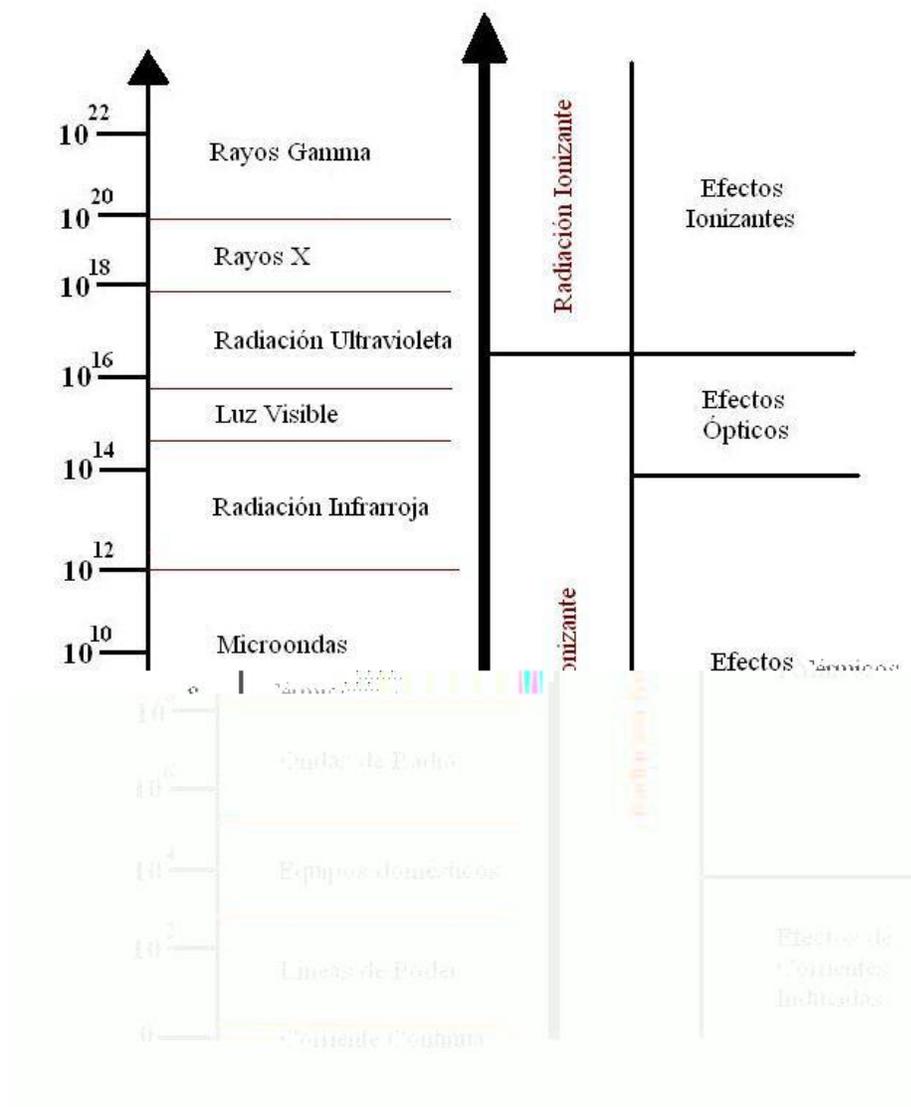


Figura 01. Espectro Radioeléctrico.

Las ondas electromagnéticas tienen aplicaciones en las telecomunicaciones, permitiéndonos interconectar dos puntos que se encuentren distanciados desde

unos pocos metros como los teléfonos inalámbricos o hasta varios miles de kilómetros como es el caso de los enlaces satelitales.

Las ondas de radio comprenden las emisiones generadas por antenas de radio y televisión, y unos cuantos equipos eléctricos; mientras los enlaces satelitales, antenas celulares y ciertas antenas de radiocomunicación se encuentran dentro de las denominadas microondas. Estos dos tipos de emisiones electromagnéticas han sido completamente descritas bajo el término de radiofrecuencias (RF). Las emisiones de radiofrecuencias y su fenómeno asociado pueden ser discutidos en términos de energía, radiación o campo.

La estación base escogida para la ejecución de las mediciones pertenece a la operadora celular CONECEL S.A. ubicada en las inmediaciones de las aulas del ciclo básico del núcleo de Ingenierías. Los canales y sus frecuencias centrales están detallados en la Tabla 01.

Sector X		Sector Y		Sector Z	
N	Fc canal	N	Fc canal	N	Fc canal
142	871,8	146	872,6	134	870,2
129	869,2	128	869	130	869,4
132	869,8	131	869,6	133	870
152	873,8	151	873,6	153	874
235	890,4	154	874,2	233	890
238	891	234	890,2	236	890,6
		237	890,8	239	891,2

TABLA 01 – Banda de frecuencias GSM800

RECOMENDACIONES

1. Como paso previo a la medición se llevará a cabo un levantamiento visual del lugar de instalación del sistema irradiante, y se tomarán fotografías para dar una vista panorámica del entorno de la antena considerada.
2. Se deberá efectuar la medición en los puntos accesibles al público donde la misma sea prácticamente realizable.

3. A efectos de evitar posibles acoplamientos capacitivos, los puntos de medición deben encontrarse a una distancia no inferior a 20 cm de cualquier objeto.
4. Se realizará la verificación que los valores obtenidos no superen el límite máximo de exposición establecido por la normativa ecuatoriana.

Notas:

- Los puntos de medición deberán quedar perfectamente definidos sobre el croquis a presentar en el informe técnico de inspección, con el fin de permitir la realización de controles periódicos.
- En los casos que corresponda, las mediciones se realizarán en las horas de mayor tráfico.

Equipos requeridos:

- Analizador Espectral NARDA SRM3000.
- Antena 3AX 75M-3G.
- Cable SRM 1.5m.
- GPS Explorist XL.
- Estación Base celular (ubicada cerca de las aulas de básico).



FIGURA 02 - NARDA SRM3000



Figura 03 - Antena y cable

MEDICIÓN DE RNI EN LA BANDA GSM850

14. Encender el equipo (on/off).
15. Seleccionar modo (Analizador espectral).
16. Configurar Frecuencia mínima (869 MHz).
17. Configurar Frecuencia máxima (891.5 MHz).
18. Escoger la resolución de Ancho de Banda (1 MHz).
19. Elegir el tipo de resultado (Max. Average).
20. Configurar las unidades de medición (V/m).
21. Seleccionar el Rango de Medición (3.6 V/m).
22. Realizar cuatro mediciones de seis minutos en puntos distintos separados 30° de un mismo panel, tomando como punto de referencia la antena de radiocomunicaciones, y guardarlo en memoria (save).
23. Anotar las coordenadas de los tres puntos de medición valiéndose del GPS.
24. Anotar cualquier variación de lo observado.
25. Ingresar al menú de memoria y entrar al presentador (VIEWER).
26. En cada uno de los datos almacenados presionar la tecla EVAL y escoger la opción de integración sobre una banda de frecuencias.
27. Seleccione como frecuencia central la frecuencia del primer canal y 20 MHz como ancho de banda.
28. Repita estos pasos para todos los canales mostrados en la *Tabla 01*.
29. Copiar el resultado (VALUE).

30. Repetir pasos 14 y 15 con la banda de 890 – 891.5 MHz.
31. Presentar un reporte con los datos obtenidos.
32. Comparar los datos obtenidos con el límite de campo eléctrico permitido en la zona poblacional (40.03 V/m).
33. Realizar conclusiones y recomendaciones.

VISTA PANORÁMICA DE LA UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE**Figura 04.-** Área de ubicación de la antena CONECEL**Figura 05.-** Ejemplo de ubicación de puntos de medición alrededor de la antena.

TAREA: MEDICIONES DE RADIACIONES NO IONIZANTES

- 1.- Recolectar los datos de las mediciones de Radiaciones no Ionizantes realizadas en una antena celular.
- 2.- Presentar un mapa del área de ubicación de la Estación base indicando los puntos de las mediciones.
- 3.- Llenar el reporte
 - 3.1.- Los datos correspondientes del estudiante
 - 3.2.- Calcular el valor del PIRE
 - 3.3.- Los datos de las coordenadas de los puntos de medición
 - 3.4.- Los datos obtenidos en las mediciones
 - 3.5.- Conclusiones
 - 3.6.- Recomendaciones

Notas.-

- 1) Con respecto al punto 3.2, investigar cómo calcular el valor del PIRE y explicar que indica.

POTENCIA MAXIMA DEL EQUIPO(W)	GANANCIA MAXIMA DE LA ANTENA
28,18	16,5

- 2) Para el punto 3.4, se debe comparar los datos obtenidos de las mediciones de RNI en la estación base con los límites de exposición de RNI en el Ecuador: 40 V/m o 4.34 W/m².

- 3) Para el punto 3.5: Indicar las recomendaciones que usted como estudiante de Telecomunicaciones haría con respecto al método de medición.

4.- Ejercicio:

Calcular el límite de exposición máxima de Campo eléctrico E (v/m) y Densidad de potencia (W/m²) usando la tabla siguiente.

LIMITES MAXIMOS DE EXPOSICION POR ESTACION RADIOELECTRICA FIJA

Tipo de exposición	Rango de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico, E (V/m)	Intensidad de campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia de onda plana equivalente, S (W/m ²)
Ocupacional	3 - 65 kHz	610	24,4	–
	0,065 -1 MHz	610	1,6 <i>f</i>	–
	1 –10 MHz	610 <i>f</i>	1,6 <i>f</i>	–
	10-400 MHz	61	0,16	10
	400-2000 MHz	3 <i>f</i> ^½	0,008 <i>f</i> ^½	<i>f</i> /40
	2-300 GHz	137	0,36	50
Poblacional	3-150 kHz	87	5	–
	0,15-1 MHz	87	0,73 <i>f</i>	–
	1-10 MHz	87 <i>f</i> ^½	0,73 <i>f</i>	–
	10-400 MHz	28	0,073	2
	400-2000 MHz	1,375 <i>f</i> ^½	0,0037 <i>f</i> ^½	<i>f</i> /200
	2-300 GHz	61	0,16	10

Donde:

- Los valores límites señalados en esta tabla corresponden a valores eficaces (RMS) sin perturbaciones.
- *f* es la magnitud de la frecuencia indicada en la columna rango de frecuencias; se deben omitir las unidades al momento de hacer el cálculo del límite respectivo.

- Para las frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz, el período de tiempo en el que se debe realizar la medición será de 6 minutos.
- Para las frecuencias superiores a 10 GHz; el período de tiempo en el que se debe realizar la medición será $68/f^{1.05}$ minutos.

Nota:

4) Recordar las frecuencias de la bandas de medición en la práctica.

- Comparar los cálculos, con los datos de los límites indicados en la Nota #3.

5.- Indicar cuáles son los conocimientos que obtuvo con la práctica.

6.- Indicar dudas con respecto al tema y recomendaciones de la práctica.

INFORME TECNICO DE INSPECCIÓN DE EMISIONES DE RNI

FORMULARIO PARA EL INFORME TECNICO DE INSPECCION DE EMISIONES DE RNI				FECHA:	
				INF. No.	
1) USUARIO:					
NOMBRE DE LA EMPRESA					
DIRECCION					
2) UBICACIÓN DEL SITIO					
RADIOBASE:					
PROVINCIA		CIUDAD/CANTON		LATITUD	LONGITUD
GUAYAS		GUAYAQUIL			
3) DESCRIPCION GENERAL Y CONDICIONES PARTICULARES:					
<p>Los valores de los niveles de radiaciones no ionizantes del presente informe han sido obtenidos durante las mediciones con el equipo SRM-3000, tomando lecturas en el mismo para la banda desde 869 MHz a 894 MHz. Cada una de las medidas han sido tomadas durante 6 minutos. Los valores de potencia y ganancia de antena son proporcionados por la Operadora.</p>					
La norma que se aplica es la correspondiente al ICNIRP, exposición poblacional, Rec.UIT-T K.52					
4) PERSONAS PRESENTES DURANTE LA MEDICION:					
NOMBRES		APELLIDOS		CARGO	
5) CALCULO DEL PIRE:					
POTENCIA MAXIMA DEL EQUIPO(W)			GANANCIA MAXIMA DE LA ANTENA		VALOR DEL PIRE(W)
6) ESTACION(ES) DE TX/RX VISIBLE(S) ALREDEDOR DEL SITIO DE MEDICION:					
DISTANCIA		TV/RADIO	TELEFONIA MOVIL	OTROS	
INFERIOR A 50 m					
DE 50 A 100 m					
DE 100 A 200 m					
ADJUNTAR FOTOS QUE PERMITAN UNA VISTA PANORAMICA DEL ENTORNO DE LA(S) ANTENA(S),CON FECHA)					

7) DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE MEDICION UTILIZADOS:					
RANGOS DE FRECUENCIAS:			100 KHz-3GHz		
EQUIPOS DE MEDICION					
FABRICANTE (MARCA)		TIPO	NUMERO DE SERIE	FECHA DE CALIBRACION	
NARDA		SRM-3000, BN 3001/01	F-0011		
NARDA		BN 3500/01	F-0021		
NARDA		BN 3601/01	E-0041		
8) INFORME TECNICO DE LAS MEDICIONES REALIZADAS					
FECHA DE MEDICION		HORA DE INICIO	HORA DE FINALIZACION	OBSERVACIONES	
9) CROQUIS DE LA INSTALACION CON LA UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICION					

FORMULARIO PARA EL INFORME TECNICO DE EMISIONES RNI		RNI-I1-3	
		FECHA:	
		INF. No.	
EMISION			
UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICION	LATITUD	LONGITUD	ALTURA DE MEDICION
	(°)(')("")	(°)(')("")	d(m)
Pto. 1			
Pto.2			
Pto.3			
Pto.4			
Pto.5			
Pto.6			
Pto.7			
Pto.8			
Pto.9			
Pto.10			
Pto.11			
Pto.12			

FORMULARIO PARA EL INFORME TECNICO DE INSPECCION DE EMISIONES DE RNI						FECHA:
						INF. No.
10) TABLA DE VALORES MEDIDOS PARA LA EMISION						
UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION	FRECUENCIAS DE OPERACIÓN		CAMPO ELECTRICO E(V/m)	CAMPO MAGNETICO H(A/m)	DENSIDAD DE POTENCIA S (W/m ²)	OBSERVACIONES
	(MHz)					
	FRECUENCIA MAXIMA	FRECUENCIA MINIMA				
Pto. 1	891,5	890				
Pto. 2	891,5	890				
Pto. 3	891,5	890				
Pto. 4	891,5	890				
Pto. 5	891,5	890				
Pto. 6	891,5	890				
Pto. 7	891,5	890				
Pto. 8	891,5	890				
Pto. 9	891,5	890				
Pto. 10	891,5	890				
Pto. 11	891,5	890				
Pto. 12	891,5	890				
10) TABLA DE VALORES MEDIDOS PARA LA EMISION						
UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION	FRECUENCIAS DE OPERACIÓN		CAMPO ELECTRICO E(V/m)	CAMPO MAGNETICO H(A/m)	DENSIDAD DE POTENCIA S (W/m ²)	OBSERVACIONES
	(MHz)					
	FRECUENCIA MAXIMA	FRECUENCIA MINIMA				
Pto. 1	880	869				
Pto. 2	880	869				
Pto. 3	880	869				
Pto. 4	880	869				
Pto. 5	880	869				
Pto. 6	880	869				
Pto. 7	880	869				
Pto. 8	880	869				
Pto. 9	880	869				
Pto. 10	880	869				
Pto. 11	880	869				

Pto. 12	880	869				
---------	-----	-----	--	--	--	--

FORMULARIO PARA EL INFORME TECNICO DE INSPECCION DE EMISIONES DE RNI		FECHA: 11-dic-07	
12) CONCLUSIONES			
Se superan los límites de exposición por estación Radioeléctrica fija El nivel de exposición porcentual es inferior a la unidad Es necesario delimitar las zonas que superan los límites de emisiones de RNI	SI	NO	
	SI	NO	
	SI	NO	

ANEXO 2: INFORME TECNICO DE INSPECCION DE EMISIONES DE RNI DE LA ESTACIÓN BASE UBICADA EN LA CLDA. SAIBA

FORMULARIO PARA EL INFORME TECNICO DE INSPECCION DE EMISIONES DE RNI			RNI-I1-1	
			FECHA:	11-dic-07
			INF. No.	RNI-XER-0
1) USUARIO:				
NOMBRE DE LA EMPRESA		CONECEL		
DIRECCION		Av. Francisco de Orellana y Alberto Borges. Ed. Centrum		
2) UBICACIÓN DEL SITIO				
RADIOBASE:		0		
PROVINCIA	CIUDAD/CANTON		LATITUD	LONGITUD
GUAYAS	GUAYAQUIL	3er CALLEJON 44 ENTRE DOLORES SUCRE Y JOSE DE LA CUADRA	02°13'41.4"	79°53'35.5"
3) DESCRIPCION GENERAL Y CONDICIONES PARTICULARES:				
<p>Los valores de los niveles de radiaciones no ionizantes del presente informe han sido obtenidos durante las mediciones con el equipo SRM-3000, tomando lecturas en el mismo para la banda desde 869 MHz a 894 MHz. Cada una de las medidas han sido tomadas durante 6 minutos. Los valores de potencia y ganancia de antena son proporcionados por la Operadora.</p> <p>La norma que se aplica es la correspondiente al ICNIRP, exposición poblacional, Rec.UIT-T K.52</p>				
4) PERSONAS PRESENTES DURANTE LA MEDICION:				
NOMBRES		APELLIDOS		CARGO
Estefania		Mantilla		Ayudante
Christofer		Reyes		Ayudante
Angelo		Vera		Ayudante
5) CALCULO DEL PIRE:				
POTENCIA MAXIMA DEL EQUIPO(W)		GANANCIA MAXIMA DE LA ANTENA		VALOR DEL PIRE(W)
28,18		16,5		1258,75
6) ESTACION(ES) DE TX/RX VISIBLE(S) ALREDEDOR DEL SITIO DE MEDICION:				
DISTANCIA	TV/RADIO	TELEFONIA MOVIL	OTROS	
INFERIOR A 50 m			2	
DE 50 A 100 m				

DE 100 A 200 m		1	
DE 200 A 1000 m			
ADJUNTAR FOTOS QUE PERMITAN UNA VISTA PANORAMICA DEL ENTORNO DE LA(S) ANTENA(S), CON FECHA)			
7) DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE MEDICION UTILIZADOS:			
RANGOS DE FRECUENCIAS:		100 KHz-3GHz	
EQUIPOS DE MEDICION			
FABRICANTE (MARCA)	TIPO	NUMERO DE SERIE	FECHA DE CALIBRACION
NARDA	SRM-3000, BN 3001/01	F-0011	23-may-05
NARDA	BN 3500/01	F-0021	8-jun-05
NARDA	BN 3601/01	E-0041	31-may-05
9) CROQUIS DE LA INSTALACION CON LA UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICION			

FORMULARIO PARA EL INFORME TECNICO DE INSPECCION DE EMISIONES DE RNI		RNI-I1-3	
		FECHA:	11-dic-07
		INF. No.	RNI-XER-0
EMISION			
UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICION	LATITUD (°)(')('')	LONGITUD (°)(')('')	ALTURA DE MEDICION d(m)
Pto. 1	02 13.693	79 53.594	1.5
Pto.2	02 13.691	79 53.603	1.5
Pto.3	02 13.689	79 53.636	1.5
Pto.4	02 13.698	79 53.640	1.5
Pto.5	02 13.717	79 53.623	1.5
Pto.6	02 13.720	79 53.613	1.5
Pto.7	02 13.721	79 53.588	1.5
Pto.8	02 13.721	79 53.568	1.5
Pto.9	02 13.733	79 53.515	1.5
Pto.10	02 13.713	79 53.508	1.5
Pto.11	02 13.702	79 53.515	1.5
Pto.12	02 13.691	79 53.586	1.5



11) TABLA DE VALORES MEDIDOS PARA LA EMISIÓN					
UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION	FRECUENCIAS DE OPERACIÓN (MHz)		CAMPO ELECTRICO E(V/m)	DENSIDAD DE POTENCIAS (W/m ²)	OBSERVACIONES
	FRECUENCIA MAXIMA	FRECUENCIA MINIMA			
Pto. 1	891.5	890	0.8336	0.001843	
Pto. 2	891.5	890	0.4200	0.000468	
Pto. 3	891.5	890	0.3218	0.000274	
Pto. 4	891.5	890	0.4764	0.000602	
Pto. 5	891.5	890	0.6391	0.001830	
Pto. 6	891.5	890	0.0431	0.001097	
Pto. 7	891.5	890	1.4960	0.005937	
Pto. 8	891.5	890	0.9854	0.002576	
Pto. 9	891.5	890	0.7759	0.001597	
Pto. 10	891.5	890	0.2700	0.0001933	
Pto. 11	891.5	890	1.7250	0.0061820	
Pto. 12	891.5	890	0.3975	0.0004191	

FORMULARIO PARA EL INFORME TECNICO DE INSPECCION DE EMISIONES DE RNI		FECHA: 11-dic-07		
12) CONCLUSIONES				
Se superan los límites de exposición por estación Radioeléctrica fija	SI		NO	x
El nivel de exposición porcentual es inferior a la unidad	SI	x	NO	
Es necesario delimitar las zonas que superan los límites de emisiones de RNI	SI		NO	x

ANEXO 3: PROCEDIMIENTO DE MEDICION

PROCEDIMIENTO DE MEDICION

Procedimiento

1. Como paso previo a la medición se llevará a cabo un levantamiento visual del lugar de instalación del sistema irradiante, y se tomarán fotografías para dar una vista panorámica del entorno de la antena considerada.
2. Se deberá efectuar la medición en los puntos accesibles al público donde la misma sea prácticamente realizable.
3. A efectos de evitar posibles acoplamiento capacitivos, los puntos de medición deben encontrarse a una distancia no inferior a 20 cm de cualquier objeto.
4. Se calculará el punto de frontera entre el campo cercano y el campo lejano al fin de medir:
 - 4.1 En el campo lejano el campo eléctrico E o el campo magnético H
 - 4.2 En el campo cercano el campo eléctrico E y el campo magnético H.

Considerando que el punto de frontera está dado por el máximo entre:

Donde:

D: Es el diámetro de la antena. (m)

λ : Longitud de onda. (m)

Método de Medición.

1. El encargado de realizar las medidas correspondientes deberá colocarse en el límite del cálculo teórico de la zona ocupacional y la zona poblacional, (que sea físicamente realizable), cubriendo un área radial cada 30 grados.
2. Si el resultado de la medición es superior al establecido en el artículo 5 del presente Reglamento, se deberá continuar midiendo hasta encontrar el punto que permita cumplir con los límites establecidos.
3. Para cada uno de los radiales deberá cubrirse lo establecido en el punto 1.
4. Se repetirá los puntos 1, 2 y 3 al fin de determinar la zona de rebasamiento.

5. Una vez establecidos y cumplidos los límites máximos de exposición se procederá con levantamiento de la señalización que sea visible al público en general y a los operarios en el caso de la zona de rebasamiento.

Máx $(3\lambda; 2D^2/\lambda)$ (1)

Notas:

- a) En aquellos casos en los que el responsable técnico de la SUPTEL, considere que los puntos precedentes no se ajusten para la medición, dadas las características de la instalación y funcionamiento, podrá determinar otros puntos de medición, aclarando en el informe correspondiente las justificaciones del caso.
- b) Los puntos de medición deberán quedar perfectamente definidos sobre el croquis a presentar en el informe técnico de inspección, con el fin de permitir la realización de controles periódicos.

- c) En los casos que corresponda, las mediciones se realizarán en las horas de mayor tráfico, para lo cual el concesionario deberá poner a disposición de la SUPTEL la información que requiera.

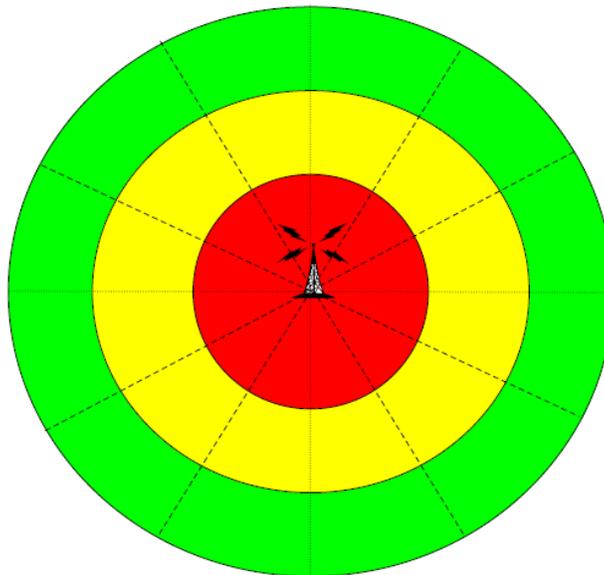
ESQUEMA DE LAS ZONAS

Leyenda:

-  Zona de rebasamiento
-  Zona Ocupacional
-  Zona Poblacional
-  Líneas de 30°

Puntos de mediciones: intersecciones
entre la zona Ocupacional y las líneas de
30 °

ESQUEMA DE LAS ZONAS



ANEXO 4: FORMATO DE ENCUESTA DE LOS ESTUDIANTES DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS

Nombre:

Fecha:

Profesor:

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS

- 1.- El medio de propagación de las señales en transmisiones inalámbricas es:**
 - a. cable de cobre
 - b. aire
 - c. fibra óptica
 - d. cable de aire

- 2.- Las señales en transmisiones inalámbricas con frecuencias menores de 5GHz tienen cuál de las siguientes características:**
 - a. atravesar las paredes
 - b. reflejarse en objetos
 - c. disminuir su intensidad
 - d. Todas las anteriores

- 3.- En un medio inalámbrico cuál de los siguientes enunciados es falso.**
 - a. Las señales pueden transmitirse por múltiples caminos
 - b. las señales al atravesar un obstáculo no pierden energía.
 - c. Disminuye la potencia de la señal al transmitirse en un área libre de obstáculos
 - d. Ninguna de las anteriores

- 4.- Mediante estudios de propagación se puede predecir:**
 - a. La cobertura de la señal
 - b. La mejor ubicación de las estaciones base o puntos de acceso en una red
 - c. calidad de servicio de telecomunicaciones
 - d. Todas las anteriores

- 5.- El concepto COBERTURA DE SEÑAL se entiende como:**
 - a. Área limitada donde la potencia de la señal es máxima en su contorno

- b. Area limitada donde la potencia de la señal es mínima en su contorno
 - c. Área ilimitada donde la potencia de la señal es máxima en todos sus puntos
 - d. Área ilimitada donde la potencia de la señal es mínima en sus alrededores
- 6.- Cuáles de las siguientes son efectos causan mayor debilitamiento de la señal trasmitida:**
- a. Reflexión y transmisión
 - b. Efecto por multicamino
 - c. Difracción
 - d. Toda causa debilita la señal de igual forma.
- 7.- El Método GRADIENTE DISTANCIA-POTENCIA se lo utiliza para:**
- a. Modelar un medio de propagación y analizar su cobertura
 - b. Determinar sólo la cobertura de la señal
 - c. Modelar un medio de propagación sólo después de haber hecho el diseño de la red
 - d. NA
- 8. Identifique v o f según corresponda:**
- a. Un método de propagación es lo mismo que un modelo.
 - b. la velocidad de transmisión de la señal es afectada por el desvanecimiento de la potencia de la señal
 - c. El estándar que soporta WLAN es IEEE 802.11
 - d. Estándares WLAN funcionan en bandas licenciadas
 - e. Las torres tienen la misma función que las antenas.
- 9. Si la tasa de transmisión es máxima en un área de cobertura inalámbrica esto indica exclusivamente que**
- a. La red ha sido diseñada con estudios de propagación previos
 - b. La ubicación de los Acces Point o Estaciones Base es la óptima
 - c. a y b
 - d. ninguna de las anteriores
- 10. ¿Cuál es la banda de operación de un sistema celular?**
- a. 850 MHz
 - b. 5 GHz.
 - c. 2 GHz.
 - d. 59MHz

- 11. ¿Cuál es el principal organismo encargado de la normativa para la regulación de las RNI a nivel mundial?**
- ONU
 - OTAN
 - ICNIRP
 - CONATEL
- 12. ¿Qué organismo es el encargado de la supervisión de la normativa RNI en el Ecuador?**
- SENATEL
 - Grupo IRNI
 - Ministerio de Electricidad
 - SUPTTEL
- 13. ¿Cuál es el límite máximo de exposición a RNI (en unidades de campo eléctrico) para la banda celular GSM?**
- 13.6 KV/m
 - 40 V/m
 - 0 V/m
 - 1 nV/m
- 14. ¿Cuál es la unidad de la densidad de potencia?**
- Watts
 - dBm
 - W/m^2
 - V/m
- 15. Cual de los enunciados es verdadero?**
- Generalmente las radio bases tienen 6 paneles con sectorización de 60°
 - Generalmente las radio bases tienen 3 paneles con sectorización de 120°
 - Las radio bases no tienen paneles
 - NE.

BIBLIOGRAFIA

1. T.S. Rappaport Wireless Communications Principles and Practice. Prentice Hall PTR, 1996.
2. K. Pahlavan, A. Levesque. Wireless Communication Network, Second Edition, Wiley, 2005.
3. NARDA SRM-3000, Spectrum Analyzer manual, 2007.
4. Enterasys Access Point, Data Sheet, 2006.
5. Ohrtman-Roeder, WIFI-HANDBOOK, McGraw-Hill Networking, 2003.
6. Daniel Faria, Modeling Signal Attenuation in IEEE 802.11 Wireless LANs – Vol.1, Computing Science Department Stanford University.
7. C.C. Chiu and S.W. Lin, “Coverage Prediction in Indoor Wireless Communications”, IEICE Trans. Common, vol. E79-B, no9, Sept. 1996.
8. Wankat & Oreovicz ,Teaching Engineering, 2000.
9. Khalid Saeed, System Dynamics as a Technology of Learning for New Liberal Education, Worcester Polytechnic Institute
10. PHD. Boris Ramos, Modelamiento Estratégico de Servicios de Telecomunicaciones, Escuela Superior Politécnica Del Litoral, 2007.
11. PHD. Boris Ramos, Modo Referencial, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, 2007.

12. José A. Carballar, WIFI Cómo construir una red inalámbrica, Segunda Edición, RA-MA, 2005.
13. Raymond P, Weing, Wireless LANs, AP Profesional, 1996.
14. http://newali.apple.com/ali_sites/ali/exhibits/1000328/Hands-On_Learning.html
15. José M^a Alonso Rodrigo , Metodologia Experiencial: Formacion Outdoor, 2001.
16. Semplades-Fondo de Solidaridad, Plan Nacional de Conectividad (PNC),, 2008.
17. Seybold John S, Introduction To RF Propagation, Wiley-Interscience, 2005. Federal Communications Commission Office Of Engineering & Technology, Questions And Answers About Biological Effects And Potential Hazards Of Radiofrequency Electromagnetic Fields, Cuarta Edición. Agosto 1999.
18. Federal Communications Commission Office Of Engineering & Technology, Questions And Answers About Biological Effects And Potential Hazards Of Radiofrequency Electromagnetic Fields, Cuarta Edición, Agosto 1991.

19. International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection, Recomendaciones Para Limitar La Exposición A Campos Eléctricos, Magnéticos Y Electromagnéticos (hasta 300 GHz),
20. Christopher Reyes López/Boris Ramos Sánchez, Dr., Métodos de Evaluación de Radiaciones no ionizantes , ESPOL, Ecuador, 2008.
21. http://www.cadperu.com/virtual/file.php/1/moddata/data/3/10/618/CONTAMINACION_ELECTROMAGNETICA.pdf