

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO PARA EL ANÁLISIS DE
RADIOPROPAGACIÓN DE REDES INALÁMBRICAS EN EDIFICIOS
UTILIZANDO ARCHICAD.**

RONALD GILBERTO ROJAS PEREZ

OMAR JULIAN PADILLA ESTUPIÑAN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
BUCARAMANGA
2007**

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO PARA EL ANÁLISIS DE
RADIOPROPAGACIÓN DE REDES INALÁMBRICAS EN EDIFICIOS
UTILIZANDO ARCHICAD.**

RONALD GILBERTO ROJAS PEREZ

OMAR JULIAN PADILLA ESTUPIÑAN

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero de Sistemas

Director

Ing. Henry Arguello Fuentes

Codirector

Ph.D Homero Ortega Boada

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
BUCARAMANGA
2007**

DEDICATORIA

Ronald Gilberto

A, mi padre y mi madre Gilberto y Mariela
por su apoyo, amor y comprensión en los momentos
más importantes de mi vida

A mis hermanos Milena, Yenny y David
por estar siempre dispuestos
a colaborarme y darme animo cuando lo necesite.

Omar Julián

A mis padres,
Por su incondicional y esmerado apoyo en el logro de mis metas.

A mis hermanos,
Por que sus voces de aliento siempre estuvieron ahí.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Henry Arguello Fuentes, director del presente proyecto, por su apoyo incondicional y contribuciones para la realización del mismo.

Homero Ortega Boada, codirector del proyecto por sus valiosos aportes, y su gran colaboración en el desarrollo del proyecto.

Alfonso Mendosa Castellanos, calificador por su seguimiento y compromiso con el proyecto.

A todas las personas del grupo de GITSI y RADIOGIS, quienes de una u otra forma ayudaron aportando ideas que guiaron la realización del presente proyecto.

RESUMEN

TITULO:

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO PARA EL ANÁLISIS DE radiopropagación DE REDES INALÁMBRICAS EN EDIFICIOS UTILIZANDO ARCHICAD.

AUTORES:

**RONALD GILBERTO ROJAS PEREZ
OMAR JULIAN PADILLA ESTUPIÑAN**

PALABRAS CLAVE: Radiopropagación, Indoor, Archicad, CAD, GDL, Render, Access Point

DESCRIPCIÓN:

En este documento se describe el estudio realizado para la creación de una herramienta software que simula la radiopropagación de ondas electromagnéticas en ambientes cerrados Indoor, implementando el modelo Ray Optical utilizando la herramienta de diseño asistido por computador Archicad y el lenguaje de programación GDL mediante una interfase de interacción con objetos de la herramienta Archicad, dicha herramienta permite predecir el área de cobertura de un Access Point de 900 Mhz. En el primer capítulo se hace hincapié en la importancia de las herramientas CAD en el diseño y en la realización de proyectos de construcción, además se presenta información adicional sobre la historia y algunos conceptos técnicos de la herramienta Archicad como edificio virtual y evolución de la herramientas CAD.

En el segundo capítulo se habla sobre los gráficos en 3D y el renderizado de imágenes, importantes en desarrollo de las nuevas herramientas para el procesamiento de gráficos que se utilizan en la actualidad para películas y diseño en general, además enuncia algunos lenguajes de programación orientados a gráficos como CG, Open GL, GDL entre otros. El capítulo tres y cuatro son una recopilación de información acerca del comportamiento de las ondas electromagnéticas tales como fenómenos de propagación, modelos y ecuaciones, la parte más significativa hace referencia a cinco modelos de propagación indoor. Por último se muestra la generación y documentación de la herramienta Archindoor, un objeto GDL para Archicad que actúa como una librería, la cual se parametriza mediante una interfaz especial que trae esta herramienta. Archindoor es un objeto que se carga en Archicad por medio de su biblioteca de objetos para realizar la simulación de la cobertura y alcance de un Access Point en un edificio o ambiente cerrado, con la posibilidad de modificar su posición, intensidad y alcance.

*

Trabajo de investigación

**

Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas, Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática.
Ing. Henry Arguello Fuentes.

SUMARY

TITLE:

DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE FOR RADIOPROPAGACIÓN ANALYSIS OF WIRELESS NETS AT BUILDINGS UTILIZING ARCHICAD

AUTHORS:

**RONALD GILBERTO ROJAS PEREZ
OMAR JULIAN PADILLA ESTUPIÑAN**

KEYWORDS: Radiopropagation, Indoor, Archicad, CAD, GDL, Render, Access Point.

DESCRIPTION:

In this document it is described the study done to create a software tool that simulate the Radiopropagation of Electromagnetic waves in a closed atmosphere. Indoor implementing the Ray Optical Model using the design tool assisted by Archicad Computer and the GDL programme language thru an interaction interface with objects of the Archicad tool, That tool let to predict the area of coverage o fan Access Point of 900 Mhz. The first chapter shows the important the CAD tools in the design and in the accomplishment of construction projects, also it presents the additional information about history and some technical concepts of the Archicad tool as virtual building and the development of CAD tools.

The second chapter talks about the graphics in 3D and the rendering of images, important in the development of the new tools to process graphics that are used in films and in general designs, also enunciates some programming languages oriented to graphics such as CG, Open GL, GDL among others.

Chaters 3 and 4 are a compilation of information about the behaviour of the electromagnetic waves, such as phenomenon of propagation, models and equations, the most significant part makes reference to five models of indoor propagation. Finally it is showed the generation and documentation of the Archindoor tool, an GDL object for Archicad that acts like a bookstore, which it is measured by means of a special interface that brings this tool.

*

Investigation research.

**

Physics and Mechanics Engineering College, Systems and Informatics School.
Ing. Henry Arguello Fuentes

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE TABLAS.....	6
LISTA DE FIGURAS.....	7
INTRODUCCION.....	9
LOGROS.....	10
1. CAD.....	11
1.1 Herramientas tipo CAD.....	11
1.2 Historia De Archicad.....	11
1.3 Que hace Archicad.....	12
1.4 El Concepto del Edificio Virtual.....	13
1.5 Evolución de CAD Tradicional a Tecnología del Edificio Virtual.....	13
1.6 Información Integrada del Edificio.....	14
1.7 Algunas aplicaciones de Archicad.....	14
2. GRÁFICOS EN 3D.....	17
2.1 Modelado.....	17
2.2 Composición de la escena.....	17
2.3 Tesselation y mallas.....	18
2.4 Renderizado.....	18
2.5 Modelos de reflexión y sombreado.....	18
2.5.1 Flat shading.....	18
2.5.2 Gouraud shading.....	19
2.5.3 Texture mapping.....	19
2.5.4 Phong shading.....	20
2.5.5 Bump mapping.....	20
2.6 API's de Gráficos 3D (definición de API en pie de pagina).....	20
2.7 Lightworks.....	21
2.8 Shaders.....	21
2.9 Programación Shaders.....	21
2.10 "Cg" Lenguaje C para gráficos.....	21
2.11 El lenguaje de sombreado de alto nivel de DirectX HLSL.....	22
2.12 Glslang de OpenGL (librería abierta para gráficos).....	22
2.13 GDLs.....	24
2.13.1 Que se puede hacer con GDL.....	24
2.13.2 A donde va el lenguaje GDL.....	24
2.13.3 Que es un Script.....	25
2.13.4 Sintaxis del lenguaje GDL.....	26
3. PROPAGACIÓN INDOOR.....	28
3.2.1. Radiopropagación en Edificaciones.....	28
3.2.2 Modelos de Propagación en Ambientes Cerrados.....	29
3.2.2.1 Pérdidas por Divisiones.....	30
3.2.2.2 Multi-trayecto.....	30
3.2.2.2.1 Modelos Empíricos Multi-Trayecto.....	30
3.2.2.3 Modelos Estadísticos.....	31
3.2.2.3.1 Modelo modificado de espacio libre.....	32
3.2.2.4 Modelos Empíricos de Trayecto Directo.....	34
3.2.2.4.1 Modelo Motley-Keenan.....	35
3.2.2.4.2 Modelo Cost Multi-Wall.....	36
3.2.2.5 Modelos Ray Optical.....	38

3.2.3 Interferencia Constructiva y Destructiva.....	40
3.2.4 Interferencia Intersímbolos (ISI).....	41
3.2.5 Desvanecimiento (Fading).....	41
3.2.5.1 Desvanecimientos debidos a time delay spread.....	42
3.2.5.2 Flat Fading.....	42
3.2.5.3 Desvanecimiento selectivo en frecuencia	42
3.2.5.4 Desvanecimientos debidos a Doppler Spread	43
3.2.5.5 Desvanecimiento rápido y desvanecimiento lento.....	44
4. Wi-Fi.....	46
4.1 Organismos de normalización redes LAN y características de los estándares.....	46
WLAN.....	46
4.1.1 IEEE (Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica).....	46
4.1.2 ISO (Organización Internacional de Normalización).....	47
4.2 Arquitectura interna de las redes Wi-Fi.....	48
4.2.1 La Capa Física.....	48
4.3 Topología de las Redes Wi-Fi.....	50
4.4 Seguridad en Redes Inalámbricas.....	51
4.4.1 Filtrado de la dirección MAC.....	52
4.4.2 WPA (WI-FI Protected Access acceso protegido).....	53
4.4.3 Protocolo de Integridad de Llave Temporal (TKIP).....	54
4.4.4 Soluciones Basadas en AES (esquema de cifrado por bloque).....	54
4.4.5 802.11x y El Protocolo de Autenticación Extensible.....	55
4.4.6 Privacidad Equivalente a Alambrado (Wired Equivalent Privacy (WEP)).....	56
4.4.7 Llaves WEP.....	57
4.4.7.1 Las Llaves WEP estáticas.....	57
4.4.7.2 El Uso de WEP.....	58
4.4.8 Vpns Inalámbricos.....	58
4.4.9 Virtual Private Network (Vpn).....	60
4.4.10 Firewall.....	60
4.4.11 Proxy.....	61
4.4.12 Amenazas tradicionales a los servicios inalámbricos.....	61
5. MEDICIONES.....	63
5.1 Metodología de Medidas	63
5.2 Caracterización de Antenas.....	65
5.3 Caracterización de Materiales.....	65
5.3.1 Medida de atenuación.....	65
5.4 Medidas de Potencia.....	68
6 DISEÑO DEL PROTOTIPO.....	69
6.1 Procedimiento para el planeamiento de radiofrecuencia de una red inalámbrica.....	69
6.1.1 Propósito.....	69
6.1.2 Alcance.....	69
6.1.3 Políticas de operación, normas y lineamientos.....	69
6.1.4 Descripción de los procedimientos.....	70
6.1.4.1 Tabla de secuencia de etapas.....	71
6.1.4.2 Configuración de Seguridad.....	73
6.2 Diagrama de Flujo.....	74
6.3 Prototipo de Herramienta ARCHINDOOR.....	76
6.3.1 Para Empezar.....	76
6.3.2 Analizar fragmentar y simplificar.....	77
6.3.3 Elaboración de los objetos.....	77
6.3.3.1 Entrada de datos.....	78

6.3.3.2 Las Formas simples.....	79
6.3.3.3 Pasos para crear un objeto GDL	84
6.4 Generación del AP.....	88
CONCLUSIONES.....	106
RECOMENDACIONES.....	108
ANEXOS.....	109
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS.....	118

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Índice de atenuación para diferentes tipos de edificios.....	34
Tabla 2 Pérdidas de propagación en diferentes materiales.....	37
Tabla 3 Estándares definidos por la IEEE.....	47
Tabla 4 Matriz Dofa para las comunicaciones inalámbricas.....	51
Tabla 5 Atenuación inducida por divisiones 201-204.....	66
Tabla 6 Atenuación inducida por divisiones 201-203.....	67
Tabla 7 Atenuación inducida por divisiones 204-205.....	67
Tabla 8 Atenuación inducida por divisiones 205-206.....	67
Tabla 9 Atenuación inducida por divisiones.....	68
Tabla 10 Secuencia de etapas.....	71

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Aplicación de Archicad 1.....	15
Figura 2 Aplicación de Archicad 2.....	15
Figura 3 Aplicación de Archicad 3.....	16
Figura 4 Aplicación de Archicad 4.....	16
Figura 5 Flat shading	19
Figura 6 Gouraud shading	19
Figura 7 Texture mapping 1.....	19
Figura 8 Texture mapping 2.....	19
Figura 9 Phong shading	20
Figura 10 Bump mapping	20
Figura 11 Propagación Multi-Trayecto.....	30
Figura 12 Trayectos dominantes.....	31
Figura 13 Principio del modelo modificado de espacio libre.....	32
Figura 14 Principio del Modelo Motley-Keenan.....	35
Figura 15 Principio de modelo Cost Multi-Wall.....	36
Figura 16 Principio de Modelo CMWM mejorado.....	38
Figura 17 Principio de modelos Ray Optical.....	39
Figura 18 Interferencia a) destructiva y b) constructiva	40
Figura 19 Tipos de desvanecimientos.....	45
Figura 20 Arquitectura interna de las redes Wi-Fi.....	48
Figura 21. Proceso de autenticación de la MAC.....	52
Figura 22 Configuración VPN en WLANs.....	59
Figura 23 Método para medir atenuación de muros.....	66
Figura 24 Grilla de medidas (3•)	68
Figura 25 Analizar, fragmentar y simplificar.....	77
Figura 26 Elaboración de los objetos.....	78
Figura 27 Entrada de datos.....	78
Figura 28 Bloque.....	79
Figura 29 Cilindro.....	79
Figura 30 Esfera.....	79
Figura 31 Prisma.....	80
Figura 32 Rectas.....	80
Figura 33 Polinomio.....	80
Figura 34 Circulo.....	80
Figura 35 Arco.....	81
Figura 36 Generación de bloque.....	81
Figura 37 Rotación respecto a un eje.....	82
Figura 38 Desplazamiento respeto a un eje.....	82
Figura 39 Multiplicación un lado respecto a un eje	82
Figura 40 Rotación respecto a un eje.....	83

Figura 44 Transformación lineal.....	83
Figura 45 Generación silla 3d 1.....	84
Figura 46 Generación silla 3d 2.....	84
Figura 47 Generación silla 3d 3.....	85
Figura 48 Generación silla 3d 4.....	85
Figura 49 Generación silla 3d 5.....	85
Figura 50 Generación silla 3d 6.....	86
Figura 51 Generación silla 3d 7.....	86
Figura 52 Generación silla 3d 8.....	86
Figura 53 Generación silla 3d 9.....	87
Figura 54 Generación silla 3d 10.....	87
Figura 55 Irradiación 3d de un AP.....	89
Figura 56 Irradiación 2d del AP.....	90
Figura 57 vista panorámica de la irradiación de AP en el edificio.....	91
Figura 58 Irradiación AP primer piso.....	92
Figura 59 Irradiación AP segundo piso.....	93
Figura 57 Abrir el administrador de bibliotecas.....	94
Figura 58 Administrador de Bibliotecas.....	95
Figura 59 Abrir plano.....	96
Figura 60 Seleccionar plano.....	96
Figura 61 Plana cargado.....	97
Figura 62 Administrador de Objetos.....	98
Figura 63 AP sobre el plano.....	99
Figura 64 Parametrización de archindoor.....	99
Figura 65 Vista de irradiación de AP en la habitación donde esta ubicado.	100
Figura 66 Vista de irradiación de AP en la habitación contigua.....	101
Figura 67 Corte horizontal	102
Figura 68 Corte transversal.....	103
Figura 69 Corte horizontal renderizado.....	104
Figura 70 Corte transversal renderizado.....	104
Figura 71 Corte horizontal bodega renderizado.....	105

INTRODUCCIÓN

Con el auge de las nuevas tecnologías, las comunicaciones han sufrido cambios significativos, las redes inalámbricas están abriendo un nuevo mercado a nivel mundial en todos los campos debido a las facilidades de movilidad que brinda a sus usuarios, los datos se actualizan en tiempo real para cubrir las necesidades de los nuevos dispositivos como PDA (Asistentes Personales Digitales), celulares equipados para datos y acceso a Internet con las respectivas velocidades de demanda para el usuario final, además los protocolos se ajustan de manera precisa, la instalación junto con el mantenimiento y la eficiencia son comparativamente mejores que las cableadas.

Una de la problemáticas de la redes sin cables es la integridad de la información que viaja por este medio, con la llegada de tecnologías como Internet de tercera generación (3G), que permiten innumerables servicios con dispositivos y conexión con la redes; la medidas de seguridad se han tornado mas complejas y costosas, el problema de la seguridad redunda en la cantidad y calidad de la información que se transporta por estas redes debido a que las velocidades de transmisión son mas elevadas y los datos requieren niveles de intimidad y seguridad más altos.

La experiencia documentada nos enseña, que las comunicaciones inalámbricas tienen pérdidas en el preciso momento en que se comunican, estas vulnerabilidades incluyen captura de información, corrupción de la información y la destrucción de los datos en la red. A medida que se expande y se mejora la conectividad de la red, la vulnerabilidad a ataques hostiles dentro de nuestro territorio incrementa.

Las redes y las tecnologías inalámbricas (WLAN, WPAN, WI-FI, BLUETOOTH, INFRAROJO) en gran número son de carácter indoor, esto quiere decir que se llevan a cabo en ambientes cerrados, no obstante, en interiores la cobertura depende notablemente de la geometría de los edificios, cuyos limites afectan además a la propagación. Aparte de la reutilización de frecuencias en el mismo piso, suele ser necesario reutilizar frecuencias entre pisos de la misma edificación, por esta razón hay que tener en cuenta una tercera dimensión en lo relacionado con interferencia. Debido a la complejidad de estos factores, es necesario tener un conocimiento detallado del lugar de instalación como por ejemplo, geometría espacial, materiales, mobiliario y normas de

utilización previstas para proyectar concretamente un sistema de radiopropagación en interiores, además es importante estimar el número de Access Point necesarios para proporcionar cobertura a estaciones móviles (Computadores, PDA, Celulares) dimensionadas dentro de la zona y estimar la interferencia que puede ocasionarse a otros servicios como teléfonos, antenas, dispositivos electrónicos, etc.

Por las razones expuestas es necesario desarrollar metodologías, modelos y software para la predicción y el comportamiento de ondas electromagnéticas en ambientes cerrados y también los niveles de energía en cualquier parte de una estructura y fuera de ella por parte de dichas ondas. Estos estudios, anteriores al desarrollo y puesta en marcha de una red de tipo inalámbrico, brindarán suficiente información para que de manera correcta y precisa se sitúen los dispositivos emisores de señal como Access Point en los sitios más adecuados para brindar conectividad en un área previamente estudiada y seguridad de alto nivel, así se evita la medición electromagnética de manera manual y rudimentaria a lo largo de toda la estructura.

En este proyecto se realiza una recopilación de información y el desarrollo de un software prototipo llamado Archindoor.

1. CAD

1.1 Herramientas tipo CAD

El diseño asistido por computador, abreviado como DAC pero más conocido por las siglas inglesas CAD¹ (Diseño asistido por Computador), es el uso de un amplio rango de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, arquitectos y a otros profesionales del diseño en sus respectivas actividades. Es además la herramienta principal para la creación de entidades geométricas enmarcadas dentro de procesos de administración del ciclo de vida de productos (Product Lifecycle Management), y que también involucra software y algunas veces hardware especial. Los paquetes actuales varían desde aplicaciones basadas en vectores y sistemas de dibujo en 2 dimensiones (2D) hasta modeladores en 3 dimensiones (3D) a través del uso de modeladores de sólidos y superficies paramétricas. Se trata básicamente de una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc.) con la que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Permite diseñar en dos o tres dimensiones mediante geometría alambica, esto significa por medio de puntos, líneas, arcos, splines, superficies y sólidos para obtener un modelo numérico de un objeto o conjunto de ellos.

La base de datos asocia a cada entidad una serie de propiedades como color, capa, estilo de línea, nombre, definición geométrica, etc., que permiten manejar la información de forma lógica. Además, pueden asociarse a las entidades o conjuntos de estas, otro tipo de propiedades como el coste, material, etc., que permiten enlazar el CAD a los sistemas de gestión y producción.

De los modelos pueden obtenerse planos con cotas y anotaciones para generar la documentación técnica específica de cada proyecto.

1.2 Archicad

En 1982 se crea Graphisoft con sede en Budapest, Hungría, Gábor Bojár y István Gábor Tari fundan la compañía con el objetivo de desarrollar software modelador 3D tipo CAD, ya por 1984 realizan un acuerdo de cooperación con la multinacional Apple computers

¹ Diseño asistido por Computador

para lanzar la primera versión de Archicad 1.0 para Macintosh; ese mismo año Graphisoft empieza a construir su red corporativa a lo largo y ancho de Europa. Para 1988 Graphisoft habré oficinas en Estados Unidos específicamente en San Francisco y se convierte en uno de los mayores vendedores de herramientas tipo CAD en este país con mas de 10 millones de dólares en ventas y 15.000 usuarios a mediados de 1994.

En 1996 Graphisoft forma parte de la IAI (Industrial Alliance for Interoperability) establecida por las principales compañías de CAD para el desarrollo de una normativa común para la industria de la construcción, solo hasta 1997 se empieza a utilizar Archicad en sistemas operativos Windows y se manejan mas de 40.000 usuarios en todo el mundo. Para 2001 el número de usuarios sigue creciendo al igual que las versiones de esta herramienta para este año ya estaba desarrollada la versión número 7.0, en la actualidad se manejan mas de 125.00 usuarios además de 100.000 objetos en su herramienta y la última versión de Archicad ya está en el número 10.

1.3 Que hace Archicad

Archicad es un software de CAD completo, específico de arquitectura, interiorismo y construcción, el cual permite diseñar edificios y estructuras en alzado o 3D. Cualquier modificación que se haga, siempre se mantiene actualizada en todas las vistas, así como toda la documentación que se va generando, evitando repeticiones, minimizando al máximo los errores, ahorrando tiempo y mejorando el rendimiento, la calidad de los proyectos y la productividad del Estudio.

Este software no sólo tiene herramientas 2D de delineación para el diseño, sino que dispone fundamentalmente de herramientas específicas de construcción como muros, puertas, ventanas, forjados, pilares, cubiertas, etc. Permite realizar proyectos de principio a fin independientemente del tamaño del mismo, puede también presentar diseños con gran calidad, crear animaciones y realidad virtual.

Cientos de miles de edificios se han diseñado y construido ya basándose en el concepto del 'Edificio Virtual' de ArchiCAD, por esta razón desarrollar soluciones en este tipo de herramienta es abrir potenciales oportunidades para algún tipo de mercado.

1.4 El Concepto del Edificio Virtual

El software para la arquitectura ha evolucionado rápidamente desde diseños estáticos en dos dimensiones a un simulador de edificios en tres dimensiones. Como resultado de esta evolución, la capacidad del Ingeniero o el arquitecto de construir un “edificio virtual” en el computador y simular su comportamiento, por un lado antes de que esté construido y por otro lado durante todo su ciclo de vida, ha cambiado el proceso de diseño del arquitecto, el costo de las estructuras, la relación con el cliente, con el contratista y con la propiedad. El hecho de tener un modelo en 3D, tiene una gran ventaja durante todos los trabajos en el futuro, asociados con el mismo edificio.

1.5 Evolución de CAD Tradicional a Tecnología del Edificio Virtual

El CAD tradicional es un mundo de líneas, arcos, círculos y bloques. Con el CAD tradicional, cualquier dibujo es una representación de cómo se construirá el edificio. Eso es muy semejante al diseño hecho a mano, pero está automatizado con la tecnología del computador.

Con la tecnología del Edificio Virtual, se puede construir un edificio usando elementos de construcción: forjados, muros, cubiertas, ventanas, puertas, escaleras y otros objetos. Un Edificio Virtual utiliza objetos inteligentes para crear elementos de construcción. Con el CAD orientado al objeto todos los objetos del sistema representan un elemento de construcción con comportamiento e inteligencia acordes con el elemento. Por ejemplo, el comportamiento de una puerta es diferente a la madera que sirve para construirla. Ya que tiene un modelo verdadero del edificio, no sólo una representación en 2D, puede hacerle preguntas específicas de la construcción. Por ejemplo, usted puede conseguir informes de análisis de desprendimiento de energía, análisis de pérdida de calor, conformidad o ahorros de costos. A través del Modelo Virtual, el edificio puede ser analizado según el volumen, el asoleo y el aspecto visual del edificio.

ArchiCAD automáticamente puede generar planos, secciones, alzados, vistas de perspectiva, animaciones y realidad virtual.

1.6 Información Integrada del Edificio

Los ingenieros y los especialistas de la construcción que usan software de CAD 3D integrado, generan una variedad de informaciones valiosas del edificio, que pueden usar tanto en los ejercicios tradicionales del arquitecto como en diferentes campos y servicios. Unas de las oportunidades para las que pueden utilizar estas informaciones son:

- Planteamiento, diseño y desarrollo del proyecto de ejecución.
- Creación de renderings, animaciones y escenas de realidad virtual.
- Dibujos de producción, detalles y listados.
- Marketing del edificio.
- Gestión de espacios y usos.
- Estudios de post-ocupación y simulación de cambios de diseño.
- Análisis y visualización del comportamiento de los productos durante el ciclo de vida del edificio.
- Desarrollo de contenidos para objetos de componentes de construcción electrónicos incluyendo datos del producto y vínculos a la página Web del fabricante.

Con ArchiCAD y su Tecnología del Edificio Virtual, los arquitectos, en asociación con los Ingenieros y propietarios, están en una posición privilegiada que confirma la importancia de su papel, no sólo en los inicios del diseño de edificios, sino también en su planteamiento, mantenimiento y operación a largo plazo.

1.7 Algunas aplicaciones de Archicad

Para qué dibujar un objeto utilizando un papel si es más rápido hacerlo mediante elementos gráficos como lo son el cursor, los menús y los íconos.

Supongamos que se requiere dibujar una puerta en planta en una herramienta CAD cualquiera, para ello se debe dibujar el marco con sus dimensiones de ancho y espesor, además del espesor de la hoja, el largo de la misma y posicionar cada elemento en su posición correcta. Todos los datos que se ingresaron se corresponden con el uso de una herramienta específica y un valor numérico dado, supongamos que para dibujar la hoja se utilicé la herramienta rectángulo, entonces, como primer paso se ubica el punto de comienzo del mismo, con esta acción se posiciona el objeto dentro del dibujo, luego se le

dan dos medidas, ancho y alto. Una vez realizada esta acción se procede de forma similar con los dos marcos y luego, mediante la herramienta círculos se dibuja el abatimiento, para lo cual se tiene que ingresar el centro, el radio, el punto de comienzo y el ángulo de cadencia. En GDL² (Lenguaje de Geometría Descriptiva) cada acción habría que expresarla con una orden, hay textos que expresan herramientas, al igual que lo hacen los íconos, y para los valores se puede utilizar números o variables. El uso de variables es lo que le da la enorme potencialidad al GDL. Mediante el uso de variables se puede decir que el valor que dibuja el ancho del diseño sea la variable "a" el espesor del marco "b" y el ancho del marco "c". Entonces, cuando se abre el objeto con ArchiCAD se puede colocar nuevos valores a cada una de estas variables, logrando tener infinita cantidad de diseños del mismo elemento, habiéndolo dibujado sólo una vez. Nótese la diferencia del uso de GDL con el uso de los bloques y el cambio de escala utilizada en la mayoría de los programas CAD.

El uso de GDL ahorra mucho tiempo ya que un objeto puede sufrir modificaciones no sólo con respecto a sus dimensiones sino también a sus características como tener o no cortina de enrollar, poseer diferentes tipos de herrajes, cantidad de hojas, y siguiendo hasta lograr las variaciones que necesitemos. Otra ventaja de GDL junto con ArchiCAD es que el objeto, si así fue dibujado, puede tener comportamientos diferenciados según la escala con la que estemos dibujando el plano, esto es, lograr la capacidad de que todos los objetos modifiquen automáticamente su representación con solo presionar un botón.

Figura 1



Figura 2



Fuente: <http://www.grafisoft.com/aplicaciones.html>

Figura 3

² Lenguaje de Geometría Descriptiva



Fuente: <http://www.grafisoft.com/aplicaciones.html>

Figura 4



Fuente: <http://www.grafisoft.com/aplicaciones.html>

2. GRÁFICOS EN 3D

Se llaman gráficos 3D a todos los objetos que se pueden dibujar en un espacio R3: puntos, segmentos, curvas, superficies y varios cuerpos formados por caras poligonales, así como textos y macros, para la creación de dichos gráficos 3D se ha desarrollado una metodología que consiste en tres fases básicas:

- Modelado
- Composición de la escena
- Render (creación de la imagen final)

2.1 Modelado

La etapa de modelado consiste en ir dando forma a objetos individuales que luego serán usados en la escena. Existen diversas técnicas de modelado como la construcción sólida geométrica y el modelado. Los procesos de modelado pueden incluir la edición de la superficie del objeto o las propiedades del material (por ejemplo, color, luminosidad, difusión, características de reflexión, transparencia u opacidad, o el índice de refracción), agregar texturas, mapas de relieve y otras características.

El proceso de modelado puede incluir algunas actividades relacionadas con la preparación del modelo 3D para su posterior animación. A los objetos se les puede asignar un esqueleto, una estructura central con la capacidad de afectar la forma y movimientos de ese objeto. Esto ayuda al proceso de animación, en el cual el movimiento del esqueleto automáticamente afectará las porciones correspondientes del modelo.

2.2 Composición de la escena

Esta etapa involucra la distribución de objetos, luces, cámaras y otras entidades en una escena que será utilizada para producir una imagen estática o una animación. La iluminación es un aspecto importante de la composición de la escena. Como en la realidad, la iluminación es un factor importante que contribuye al resultado estético y a la calidad visual del trabajo terminado. Los efectos de iluminación pueden contribuir en gran medida al humor y la respuesta emocional generada por la escena.

2.3 Tessellation y mallas

La representación poligonal de una esfera, se conoce como tessellation. Este paso es usado en el render basado en polígonos, donde los objetos son descompuestos de representaciones abstractas primitivas como esferas, conos, cubos, cilindros, etc., en las denominadas mallas, que son redes de triángulos interconectados además son populares ya que está probado que son fáciles de 'renderizar' (Ver sección 2.4).

2.4 Renderizado

Render hace referencia a gráficos y animaciones por computador, renderización define un proceso de cálculo complejo desarrollado por un computador destinado a generar una imagen 3D o secuencia de imágenes 3D.

La renderización se aplica a los gráficos por computador, más comúnmente a la infografía (transmitir información de manera grafica, como un mapa "pie de pagina"), este proceso se desarrolla con el fin de imitar un espacio 3D formado por estructuras poligonales, comportamiento de luces, texturas, materiales, animación, simulando ambientes y estructuras físicas creíbles.

Una de las partes más importantes de los programas dedicados a la infografía son los motores de render (como Lightworks) los cuales son capaces de realizar técnicas complejas como radiosidad (técnicas para el cálculo de la iluminación en tres dimensiones), raytrace (trazador de rayos basado en un algoritmo de determinación de superficies visibles), canal alpha, reflexión, refracción, iluminación global, etc.

2.5 Modelos de reflexión y sombreado

Los procedimientos de rénderizado para figuras primarias polinómicas más usados para la reflexión de la luz son:

2.5.1 Flat shading (sombreado de planos): Una técnica que sombrea cada polígono de un objeto basado en la normal del polígono y la posición e intensidad de una fuente de luz.

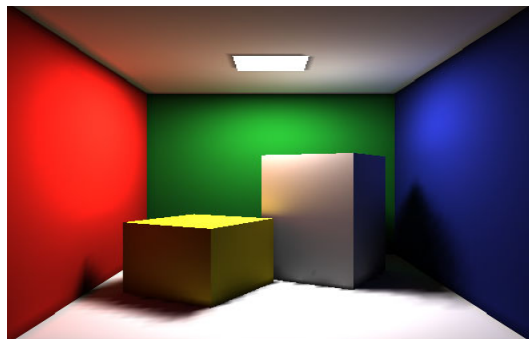
Figura 5



Fuente: http://nicox.free.fr/xoom/tetes_flat.jpg&imgrefurl

2.5.2 Gouraud shading (sombreado suavizado): llamado así por su creador H. Gouraud en 1971, es una rápida técnica de sombreado de vértices usada para simular superficies suavemente sombreadas.

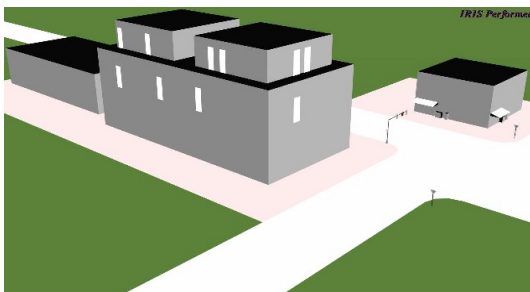
Figura 6



Fuente: <http://www.inf.ufrgs.br/>

2.5.3 Texture mapping (mapeado de textura): Es una técnica para simular un gran nivel de detalle superficial partiendo de un gráfico sencillo para construir uno complejo, aplicando imágenes (texturas) sobre los polígonos.

Figura 7



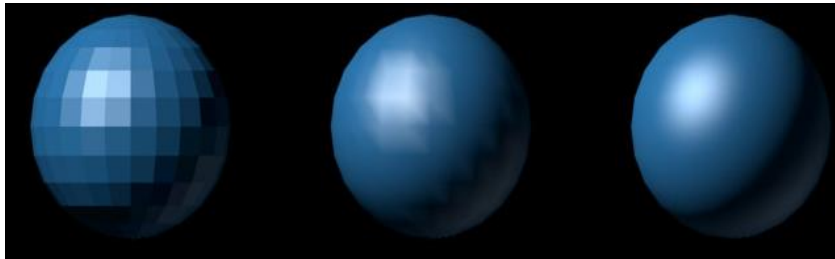
Fuente: <http://www.futuretech.blinkenlights.nl/>

Figura 8



2.5.4 Phong shading (suavizado de brillos): Denominado así en honor a su creador Wu Tong Phong, utilizado para simular brillos especulares y superficies sombreadas suaves, a partir de figuras polinómicas hasta conseguir figuras tridimensionales bien definidas.

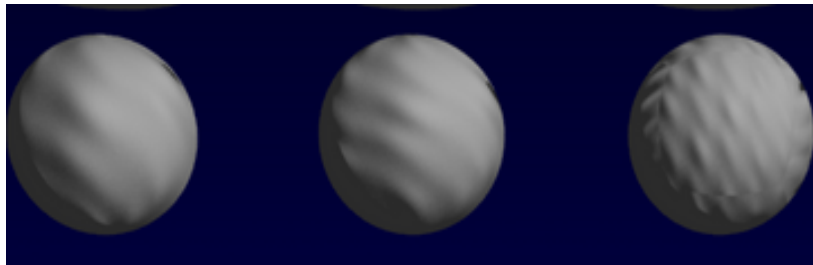
Figura 9



Fuente: <http://www.ntsc-uk.com/features/tec/BeautyPixelDeep/>

2.5.5 Bump mapping (perturbación de imágenes): Creado por Jim Blinn, es una técnica de perturbación de imágenes utilizada para simular superficies rugosas y dar texturas con brillos y sombras.

Figura 10



Fuente: <http://www.cgl.uwaterloo.ca/~b8chan/cs488/bump.png>

2.6 API's de Gráficos 3D (definición de api en pie de pagina)

Los gráficos 3D se han convertido en algo muy popular, particularmente en juegos de computador, al punto que se han creado API's especializadas para facilitar los procesos en todas las etapas de la generación de gráficos por computador. Estas API's han demostrado ser vitales para los desarrolladores de hardware para gráficos por computador, ya que proveen un camino al programador para acceder al hardware de manera abstracta, aprovechando las ventajas de tal o cual placa de video.

2.7 Lightworks

ArchiCAD 9 introdujo un nuevo motor de render llamado LightWorks con el cual se puede renderizar superficies espejadas y las sombras pueden ser suavizadas para dar una presentación más real, logrando finalmente una mejora significativa en la calidad del render.

2.8 Shaders

Son lenguajes de programación destinados a programar el procesado de elementos de cualquier interfaz 3D o de tipo render (píxeles, polígonos, líneas, etc.). Los programas generados tomarán como entrada estos elementos y los procesarán, de tal manera que modifica la forma con la que lo perciba el ojo humano, en otras palabras los shaders englobarían el conjunto de procedimientos que dotan de propiedades a un punto (vértice), arista o polígono y nos permiten determinar que un cubo (por ejemplo) dibujado por pantalla será de madera, con lo que reflejará la luz de tal manera, brillará o no, será transparente o no, además de la incorporación de nuevas técnicas, algoritmos y fórmulas matemáticas y físicas hacen robustos y manejables este tipo de lenguajes, algunos de estos son: lenguajes de alto nivel Cg de Nvidia, HLSL de DirectX y Glslang de OpenGL.

2.9 Programación Shaders

En la actualidad se han venido desarrollando muchos lenguajes de programación orientados hacia los gráficos computarizados como:

2.10 “Cg” Lenguaje C para gráficos.

Es un lenguaje de alto nivel desarrollado por la multinacional Nvidia en estrecha colaboración con Microsoft para la programación de procesadores gráficos, una de las especificaciones más importantes de este nuevo lenguaje es el hecho de ser pública y abierta, en el sentido de que otros fabricantes pueden implementar productos basándose en ella. Para favorecer esto, Nvidia proporciona la tecnología del compilador de Cg con código abierto bajo la forma de una licencia gratuita sin restricciones, algunas de las plataformas que soporta el compilador son:

Windows (DirectX 8, DirectX 9, OpenGL), Linux (OpenGL), Mac OS X (OpenGL - soporte de ARB vertex program), Xbox (mediante la compilación offline de los sombreadores de vértices y píxeles de DirectX 8).

2.11 El lenguaje de sombreado de alto nivel de DirectX HLSL.

El lenguaje de sombreado de alto nivel es una de las funciones principales nuevas de Microsoft DirectX 9.0 (la tecnología DirectX proporciona un rendimiento superior para juegos de video y aplicaciones multimedia complejas) y trae consigo un cambio en el modo en que se desarrollan los sombreadores. Gracias a los avances en las capacidades del hardware, como fases de texturas adicionales y recuentos de instrucciones de mayor tamaño, los sombreadores en tiempo real son más eficaces y complejos que nunca. Esto implica unos algoritmos que resultan difíciles de desarrollar mediante un ensamblador; si a esto se une la diversidad de hardware disponible que requiere compatibilidad con las aplicaciones.

El lenguaje de sombreado de alto nivel de DirectX se basa en una sintaxis de estilo C, que simplifica el aprendizaje y proporciona una selección de tipos predefinidos para escalares, vectores y matrices. Este lenguaje admite asimismo un gran número de funciones intrínsecas que ayudan a realizar las tareas cotidianas, tales como la transformación.

2.12 Glslang de OpenGL (librería abierta para gráficos)

OpenGL es un estándar sobre gráficos por computadora. Hoy día es uno de los más conocidos del mundo. En 1982 nació en la Universidad de Standford el concepto de "graphics machine" y este fue utilizado por Silicon Graphics Corporación. Así nació la librería IRIS GL. En 1992 muchas empresas del hardware y software se pusieron de acuerdo para desarrollar conjuntamente una librería gráfica libre como OpenGL. Entre estas empresas se destacaban Silicon Graphics Inc, Microsoft, IBM Corporation, Sun Microsystems, Digital Equipment Corporation (DEC), Hewlett-Packard Corporation, Intel e Intergraph Corporation. Así nació OpenGL (Open Graphics Library).

La característica de ser un lenguaje abierto, significa que un programa escrito para una plataforma puede ser fácilmente convertible a prácticamente cualquier tipo de plataforma,

obteniendo prácticamente los mismos resultados. Esta es la principal novedad, ya que libera a los programadores de escribir rutinas para un hardware concreto. Si el hardware (gráfico) soporta una determinada función la ejecuta, y si no lo soporta le pasa el control al Micro y que le ejecute el.

Desde el punto de vista del programador OpenGL es una API para interactuar con dispositivos gráficos y aceleradoras 3D. Contiene cerca de 150 comandos que ayudan a definir objetos, aplicar transformaciones a esos objetos, cambiar sus propiedades (color, textura, luz, etc.), posición de la cámara entre otros, algo para tener en cuenta, OpenGL es una librería gráfica, no posee funciones para el control de Audio, Red o Control de entrada y salida de datos.

Algunos de los principales métodos de OpenGL son:

- Primitivas geométricas: Permite utilizar todas las figuras primitivas geométricas básicas: puntos, líneas, polígonos.
- A-splines: Son usadas para dibujar líneas curvas.
- Transformaciones de vista y modelo: Gracias a estas transformaciones se pueden fácilmente trasladar, rotar y escalar los objetos dentro de la escena y a su vez mover la cámara.
- Trabajar con el color: OpenGL permite operar con colores en modo RGBA (rojo-verde-azul-alpha) o usando modo Indexado, donde los colores se seleccionan desde una paleta.
- Doble buffer: OpenGL nos permite utilizar un buffer o dos. El buffer doble es usado para eliminar el parpadeo de las animaciones. Cuando se está mostrando un frame (imagen independiente en una animación) en el buffer primario el siguiente se dibuja en el segundo buffer y cuando está terminado se copia al buffer primario, así se eliminan esos parpadeos.
- Mapeado de textura: Algo vital en cualquier API gráfica 3D.
- Antialiasing: Permite suavizar los bordes de polígonos y líneas. Este suavizado se realiza cambiando la intensidad de los píxeles adyacentes a la línea que se procesa consiguiendo un efecto de difuminación con la consiguiente eliminación de los zig-zag que dan una apariencia pixelada.

- Luces: Permite establecer la fuente de la luz, su posición, su intensidad, potencia y color.
- Efectos atmosféricos: Por ejemplo niebla, lluvia, día, noche, intensidad solar, etc.
- Transparencia.

2.13 GDLs

Las referencias encontradas sobre GDL son muy generales y poco precisas puesto que no tocan puntos tan neurálgicos como la sintaxis y el modelo de programación que se utiliza en el desarrollo de cualquiera de los objetos que maneja este lenguaje además no está explicado en detalle.

En esta referencia se tiene en cuenta los scripting (pedazos de código) de propiedad de Graphisoft (Archicad) que utilizan mediante los GDLs (Lenguaje de geometría descriptiva) y se hacen recomendaciones para tener más posibilidades en cualquier desarrollo, presentando las herramientas de construcción y bibliotecas de varios objetos que están disponibles en el software de Archicad, además se presenta una descripción detallada de la programación de GDLs, desde la definición de la sintaxis, las órdenes, las variables, comandos básicos y lógica de programación etc.

2.13.1 Que se puede hacer con GDL.

Con GDL se pueden construir elementos estructurales que buscan cambiar el estigma de la programación engorrosa y tediosa, su propósito es crear elementos complejos a partir de unos básicos con la menor complejidad posible, el lenguaje utilizado es una especie de BASIC con todos los elementos en funciones definidas previamente. Los elementos se pueden llegar a ver auténticos por ejemplo mobiliario, piso, luces, ventanas transparentes que pueden abrirse o pueden dar vueltas, puertas que pueden abrirse y cambiar su composición estructural dependiendo de la aplicación.

2.13.2 A donde va el lenguaje GDL

El lenguaje GDL se está convirtiendo en la principal herramienta para el modelado de gráficos en 3D, siendo la industria de la construcción, el cine y el diseño gráfico unos de

los mas beneficiados gracias a que ahorra mucho dinero y tiempo en el momento de la compilación y ejecución de cualquier tipo de aplicación. Hasta el año 2000 la programación GDL fue en su mayoría desarrollada por principiantes con pocos conocimientos sobre el tema, puesto que la referencia bibliográfica empezó a gestarse a mediados del año 2003. Los arquitectos vieron la oportunidad de utilizar esta herramienta en el refinamiento de sus proyectos debido a que este tipo de aplicaciones son muy amigables, además con el auge de las herramientas CAD el lenguaje GDL se posesiono como uno de los mejores, en un futuro muy cercano las personas que sean capaces de generar sus propias librerías de GDLs tendrán mucho éxito por que en la actualidad son reducidas este tipo de ayudas.

2.13.3 Que es un Script.

Es un conjunto de instrucciones, sentencias de control, variables y demás elementos de programación generalmente almacenadas en un archivo de texto, pueden considerarse como un archivo de instrucciones o como un programa; la interpretación de este tipo de código depende de los sistemas operativos o inclusive el shell, que los interpreta y ejecuta para realizar diversas tareas como combinar componentes y compilar pequeñas rutinas.

Los comandos se ejecutarán por medio de script de propietario antes de cada sentencia; los objetos 2D se manejan con una serie de parámetros predefinidos variables, la mayoría de los comandos hacen referencia a una instrucción llamada FRAGMENT2, por otra parte la programación en 3D se maneja con la sentencia BINARYPROP.

La interfaz permite al usuario definir páginas de entrada que pueden usarse para revisar los valores del parámetro en lugar de la lista del parámetro normal, de esta manera se recicla el código y se facilita el cambio de manera dinámica de todos los valores de las variables en la misma interfase sin tener contacto con el código fuente, todos los parámetros se usaran dentro de las bibliotecas de manera automática haciendo parte en todos los objetos que manejen este script, para finalizar la parte de los scripts en Archicad es importante señalar el compilador de escritura que viene integrado en la herramienta que maneja la sintaxis y la depuración de errores y código en el momento de correr la aplicación.

2.12.4 Sintaxis del lenguaje GDL

GDL incluyen declaraciones, etiquetas, identificadores, variables y parámetros, maneja el concepto de key sensitive lo que quiere decir que reconoce los comandos en minúscula si deben ir en mayúsculas y viceversa.

- Las declaraciones

Pueden o no empezar con una palabra clave (definida en una forma de GDL, ósea las sentencias dependiendo de cual sea su naturaleza por ejemplo transformaciones de la coordenada o flujo de mando de programa), con un nombre del macro, o con un nombre inconstante seguido por un '=' la señal y una expresión.

- Línea de código

Las declaraciones se presentan en líneas separadas por una coma (,) en la última posición de la línea, indica que la declaración continúa en la próxima, pero si se escriben dos puntos (:) quiere decir que se usa para las declaraciones de GDL de separaciones en una línea. Para tener una idea clara de todas las sentencias de código y documentarlo de la mejor manera se pueden escribir comentarios utilizando la marca exclamación (!), además permite indefinido numero de espacios entre líneas.

- La etiqueta

Cualquier línea puede empezar con una etiqueta, que es simplemente un número entero seguido por dos puntos (:) esta etiqueta se usa como una referencia para una declaración subsiguiente y se verifican las etiquetas para la sola ocurrencia, dicha ejecución del programa puede continuarse de cualquier etiqueta usando un GOTO o una declaración de GOSUB.

- Las variables

Permite manejar variables numéricas y cadenas de caracteres (definidas por sus identificadores respectivamente), de manera general existen dos tipos de variables: locales y globales.

Todos los identificadores que no son palabras claves manejan, variables globales y nombres del atributo, nombres del macro o nombres del archivo son considerados las variables locales, si este tipo de variable no es inicializada su valor por defecto será 0. Como en la mayoría de los lenguajes se pueden asignar valores numéricos a las variables con sentencias como el "=" sin importar que sean variables locales o globales.

- Los parámetros

Los parámetros son una lista de variables predefinidas en una interfase que tiene una relación directa con todo el código contenido en los scripts además, no deben exceder los 32 caracteres y las reglas aplican a los parámetros de variables locales y globales, los parámetros de texto en archivos GDL solo pueden ser identificados con letras de la A hasta Z.

- Tipos de variables simples

Las variables, parámetros, funciones y expresiones pueden ser de dos tipos simples: numérico o cadena de caracteres (vectores).

Las expresiones numéricas son números constantes de la misma manera que las funciones definidas como numéricas retornan valores numéricos enteros o reales, en estos tipos de variables los operadores correlativos mas usados son '=' o '<>', u operadores booleanos Y, OREGÓN, EXOR y declaraciones de GOTO con las expresiones de la etiqueta reales.

Las expresiones de cadenas de caracteres son los cadenas variables de parámetros, que mediante funciones se concatenan al momento de retornar cualquier valor según sea el caso, cualquier combinación de éstas en funciones producen otras cadenas, de alguna manera se puede decir que heredan sus propiedades

- Elementos básicos de programación

Se usan las mismas sentencias que en cualquier tipo de lenguaje de programación (IF, THEM, FOR, NEXT, WHILE, DO WHILE, ect), variando algunas cosas en su sintaxis, pero nada que represente alguna dificultad en el momento de programar cualquier tipo de rutina.

3. PROPAGACIÓN INDOOR

La propagación Indoor se presenta en estructuras y ambientes cerrados, donde la señal recibida o emitida está compuesta por la suma de múltiples rayos que arriban al receptor Rx o salen del emisor Tx con distintas amplitudes y fases, logrando aportar en forma constructiva o destructiva. En este fenómeno, se debe considerar que los muros y estructuras de las edificaciones añaden atenuación a la señal, cuya magnitud dependerá del tipo de material, del grosor de los muros, del ángulo de incidencia de la onda electromagnética, entre otros factores propios de cada escenario en particular.

Con la llegada de nuevos dispositivos y su gran capacidad de procesamiento y almacenamiento con la posibilidad de acceder a redes inalámbricas, existe interés en utilizar este tipo de tecnología para caracterizar la propagación dentro de las construcciones mediante software especializado, desarrollado bajo cualquier plataforma que soporten estos aparatos sin importar su marca o modelo. La propagación en interiores considera los fenómenos de reflexión, dispersión y difracción pero bajo circunstancias mucho más variables, estas condiciones físicas se pueden llegar a modelar de manera que los resultados obtenidos, sirvan para una planificación eficaz y precisa de cualquier tipo de red, antes de ser desarrollada o puesta en marcha.

Uno de los objetivos que persiguen las comunicaciones internas es crear un clima cordial y de confianza donde la seguridad e integridad de la información sean uno de los objetivos principales.

NOTA: Ver anexo 3 propagación de ondas electromagnéticas.

3.1 Radiopropagación en Edificaciones

Como el desarrollo de ecuaciones, métodos y técnicas para describir el comportamiento electromagnético ha venido creciendo en el tiempo desde las famosas ecuaciones de James Clerk Maxwell, y la invención progresiva de las radiocomunicaciones, el espectro electromagnético ha sido ampliamente utilizado para diversos usos. Uno de los trabajos más interesantes es analizar cómo ocurre la comunicación entre dos dispositivos, y cómo la información que es recibida puede ser caracterizada.

Uno de los objetivos de estas metodologías que se desarrollaron a partir de las ecuaciones de dichas ecuaciones y las nuevas tecnologías desarrolladas alrededor y función de estas, es maximizar la velocidad, la seguridad y la integridad de los datos o cualquier tipo de información que se puede transferir entre las dos entidades que se comunican, y reducir al mínimo cualquier tipo de error.

Con el auge de nuevas aplicaciones y dispositivos por parte de las empresas dedicadas a las TICs para brindar soluciones mas portables y menos complejas a los usuarios finales en oficinas y edificaciones, se han desarrollado redes híbridas (alambica + inalámbricas), para el desarrollo de este tipo de redes se necesitan todas las técnicas de la comunicación, una de ellas, implican radiocomunicaciones dentro de los edificios, oficinas y en general ambientes confinados o cerrados (Indoor); las comunicaciones al aire libre nos pueden servir como punto de partida para este desarrollo puesto que durante muchos años las hemos utilizado en servicios móviles (celulares, satelitales, etc.) maximizando el uso que se le pueda dar al ancho de banda, los dispositivos emisores utilizados, en la mayoría de los casos se encuentran situados en las partes altas de los edificios o en antenas distribuidas en sitios estratégicos, que en la mayoría de los casos tiene línea de vista con cualquier dispositivo con el que interactúa (celular, PDA, Portátil).

El panorama de ambientes Indoor, por su parte, posee los aparatos emisores y receptores que se comunican en proximidad, de manera que la señal tiende a dispersarse y a difractarse con objetos del ambiente. En este caso particular es ideal planificar con anterioridad la disposición geográfica de los dispositivos emisores y receptores, para mejorar el servicio y evitar las jornadas de mediciones, encontrando puntos ciegos y muertos que por lo general se presentan en este tipo de redes cuando no se realiza un estudio de tipo RF Planning (plantación en radiofrecuencia).

3.2 Modelos de Propagación en Ambientes Cerrados

Pérdidas por divisiones (en un mismo piso)

Pérdidas por divisiones (entre pisos)

Modelo de pérdidas por longitud de la distancia

Modelo de Ericsson de múltiples quiebres

Modelo de factor de atenuación

3.2.1 Pérdidas por Divisiones

La estructura interna y externa de las construcciones está conformada por una gran variedad de divisiones y obstáculos de distintos materiales.

Las divisiones que forman parte de la construcción son llamadas “Divisiones fijas”. Las que pueden ser movidas y no están unidas al techo o al piso se llaman “Divisiones flexibles”.

Resulta difícil aplicar modelos generales para describir los interiores debido a los distintos tipos de materiales utilizados.

3.2.2 Multi-trayecto

En ambientes Indoor se presenta con mayor frecuencia el multi-trayecto que son las variaciones temporales del ambiente tales como: movimientos aleatorios de personas, ventanas, puertas, etc. En comunicaciones de tipo inalámbrico, casi nunca existen las líneas de vista entre antena emisora y receptora, por este motivo la señal debe rebotar gracias a fenómenos tales como la reflexión, difracción, y dispersión en las paredes, pisos, puertas, personas, para alcanzar el receptor. (multipath)

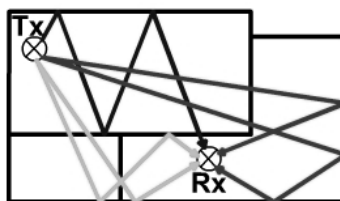


Figura 11 Propagación Multi-Trayecto

Fuente: Autores

3.2.2.1 Modelos Empíricos Multi-Trayecto

Debido a que los modelos *ray-optical*, tienen un alto costo computacional, que puede ser innecesario, puesto que no todos los rayos calculados tienen una contribución significativa de potencia en el receptor, y dado que los modelos *empíricos* presentan mayor rapidez en la predicción de potencia, pero menor exactitud. Se han desarrollado mejoras que toman

las principales ventajas de ambos. Como resultado, uno de los modelos empíricos multi-trayecto más representativos, es el modelo de *Trayecto Dominante (Dominant Paths)*.

Este modelo no toma en cuenta todos los trayectos posibles entre Tx y Rx, en cambio, calcula diferentes trayectos que son representativos para ciertos grupos de rayos con características similares; y además, son independientes de las variaciones del canal (movimiento de personas u objetos). De éste modo, no se tienen en cuenta los puntos de interacción (reflexión, difracción), sino que solo se consideran cuales salones son pasados por los rayos, y cuales muros son penetrados.

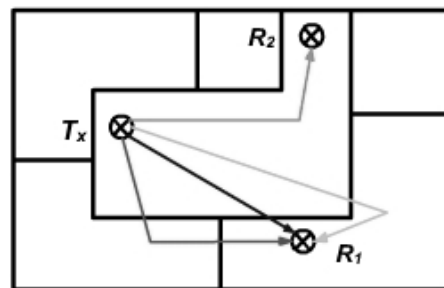


Figura 12 Trayectos dominantes

Fuente: Autores.

La figura 11 muestra diferentes trayectos entre Tx y los receptores R_2 y R_1 . Los rayos que pasan por el mismo salón y a través del mismo muro (rayos de igual color), pueden representarse por un trayecto dominante. Estos trayectos dominantes mostrados en la figura 12, no tienen puntos de reflexión, ni difracción, sino puntos de cambio de dirección; por lo que la GO y la UTD ya no son aplicadas.

Una vez definidos los trayectos dominantes, se calculan las pérdidas de trayecto aplicando el principio de cualquiera de los modelos empíricos descritos anteriormente, a lo que se adicionan las pérdidas debido a cambios de dirección.

3.2.2.2 Modelos Estadísticos

Estos modelos no requieren información precisa respecto a las divisiones y geometrías presentes en el edificio. No es necesario conocer la naturaleza dieléctrica de muros, puertas, y demás obstáculos presentes en el canal. Tampoco es necesario conocer sus

dimensiones, ni su ubicación espacial dentro el área de trabajo. En lugar de esto, los modelos estadísticos solo tienen en cuenta el tipo de edificio en el que opera el sistema, de tal forma que cada tipo de edificio es caracterizado por un índice de atenuación específico.

3.2.2.3 Modelo modificado de espacio libre

El modelo modificado de espacio libre (MFSM) permite hacer un cálculo rápido de la potencia recibida y pérdidas de trayecto, en una ubicación específica; también permite calcular rangos de cobertura.

Este modelo no considera las pérdidas de potencia inducidas por los obstáculos presentes en el canal, sino que calcula las pérdidas de trayecto directo, de igual forma que en el espacio libre ecuación (4.1.3b), con un factor adicional de atenuación (n), el cual caracteriza el tipo de edificio. La figura 13 describe el principio básico del modelo modificado de espacio libre.

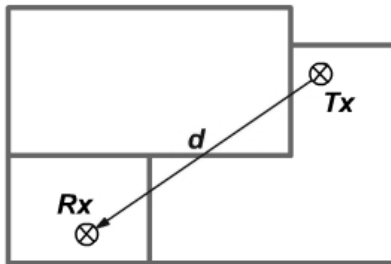


Figura 13 Principio del modelo modificado de espacio libre

Fuente: Autores.

Las pérdidas de trayecto para el modelo modificado de espacio libre, se definen como:

$$l_{MF} = 10 \log \left(\frac{P_t}{P_r} \right)^n + l_c = -n * 10 \log \left[\frac{G_t G_r l^2}{(4\pi)^2 d^2} \right] + l_c \quad (3.2.2.3 a)$$

Donde:

l_{MF} = Pérdidas de trayecto de modelo modificado de espacio libre

d = Distancia entre Tx y Rx

n = Índice de atenuación, propio del edificio

l_c = constante de calibración del modelo

Así, la potencia recibida se define como:

$$P_r(dB) = P_t(dB) - \left\{ n * 10 \log \left[\frac{(4p)^2 d^2}{G_t G_r l^2} \right] + l_c \right\} \quad (3.2.2.3 b)$$

Si $G_t = G_r = 1$, entonces, las ecuaciones (4.2.2.3.1a) y (4.2.2.3.1b) pueden reducirse, así:

$$l_{MF} = n * 20 \log \left(\frac{4pd}{l} \right) + l_c \quad (3.2.2.3 c)$$

$$P_r(dB) = P_t(dB) - \left[n * 20 \log \left(\frac{4pd}{l} \right) + l_c \right] \quad (3.2.2.3 d)$$

La potencia recibida decrece en círculos concéntricos alrededor del transmisor, sin importar los cruces con obstáculos. Es por esto, que el modelo presenta poca exactitud y solo es recomendable para hacer un cálculo preliminar de propagación en cualquier edificio.

Otro inconveniente de éste modelo, es el cálculo del índice de atenuación n . Aunque en la literatura es posible encontrar tablas que incluyen valores de n para diferentes tipos de edificios, obtenidos a diferentes frecuencias; es claro, que dos o mas edificios que puedan clasificarse dentro de un mismo tipo, por ejemplo oficinas; pueden no ser bien caracterizados por un mismo índice de atenuación, debido a diferencias en los materiales utilizados en cada uno de ellos. Debido a esto, y con el fin de obtener un resultado más confiable; es recomendable calcular el índice de atenuación n para el edificio que se desea estudiar. Este se obtiene mediante regresión lineal, de datos de potencia tomados en *campañas de medición* a lo largo de todo el edificio.

La siguiente tabla presenta valores típicos de n , que aparecen en la literatura [12]; para diferentes tipos de edificios.

Tabla 1 Índice de atenuación para diferentes tipos de edificios

Edificio	frecuencia (MHz)	n	• (dB)
Bodega grande	914	1,8	5,2
Bodega pequeña	914	2,2	8,7
oficina, particiones duras	1500	3	7
oficina, particiones suaves	900	2,4	9,6
oficina, particiones suaves	1900	2,6	14,1
Fabricas con LOS			
textil / química	1300	2	3
textil / química	4000	2,1	7
papel y cereales	1300	1,8	6
Metalúrgica	1300	1,6	5,8
Ambiente suburbano			
corredor	900	3	7
Fabricas con NLOS			
textil / química	4000	2,1	9,7
metalúrgica	1300	3,3	6,8

Fuente: Bibliografía [2]

3.2.2.4 Modelos Empíricos de Trayecto Directo

Estos modelos calculan las pérdidas de propagación entre transmisor y receptor, teniendo en cuenta tan solo el trayecto directo entre éstos, sin considerar otros trayectos causados por los diferentes mecanismos de propagación. A diferencia de los modelos estadísticos, es necesario tener información acerca de la distribución espacial del edificio (plano de planta), además de las propiedades dieléctricas de los obstáculos presentes en el canal, tales como: muros, puertas, columnas, ventanas, etc.

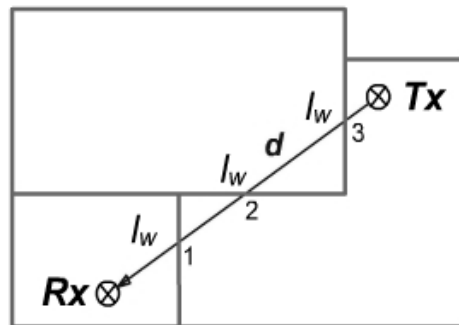
Dos de los modelos de trayecto directo mas aplicados son el *Motley-Keenan* y el *Cost Multi-Wall*.

3.2.2.4.1 Modelo Motley-Keenan

El modelo Motley-Keenan (MKM) tan solo tiene en cuenta el trayecto directo entre Tx y Rx, para el cual asume, que las pérdidas de trayecto se producen debido a la suma de dos factores; uno las pérdidas de espacio libre, y otro las pérdidas debido a intersecciones con muros como se muestra en la figura 14. Por esto, se debe tener información adicional respecto a la atenuación que inducen los muros, sobre una señal a una frecuencia determinada.

Es claro, que la atenuación inducida, por dos muros con características aparentemente iguales, no es necesariamente la misma; sin embargo, el modelo considera que: todas las atenuaciones de los muros son iguales. Por esto, lo más adecuado es medir la atenuación causada por cada muro, para obtener un valor promedio, que representa las pérdidas de potencia por penetración en cada muro. Este valor promedio, es el que se emplea en el modelo.

Figura 14 Principio del Modelo Motley-Keenan



Fuente: Autores.

De éste modo, las pérdidas de propagación según el modelo Motley-Keenan se definen como:

$$l_{MKM} = l_{FS} + l_c + k_w l_w \quad (3.2.2.4.1a)$$

Donde:

l_{MKM} = pérdidas de trayecto

l_{FS} = pérdidas de espacio libre ecuación (4.1.3b)

k_w = número de muros interceptados por el trayecto directo

l_w = pérdidas por penetración (iguales para todos los muros)

l_c = constante de calibración

La potencia recibida queda definida como:

$$P_r(dB) = P_t(dB) - \left\{ 10 \log \left[\frac{(4p)^2 d^2}{G_t G_r l^2} \right] + l_c + k_w l_w \right\} \quad (3.2.2.3.1b)$$

La exactitud de éste modelo depende de la variedad, tanto geométrica como dieléctrica, de las divisiones presentes en el área de prueba. Así, para un edificio cuyos muros estén hechos del mismo material y de igual espesor; el modelo tendrá una mayor exactitud que en un edificio con diferentes tipos de divisiones tales como: muros, madera, divisiones de oficina, vidrio, etc. ya que en éste último, el valor de atenuación l_w (valor promedio) que se use, estará mas alejado del valor real de atenuación de cada división.

3.2.2.4.2 Modelo Cost Multi-Wall

El modelo Cost Multi-Wall (CMWM) también se basa en el trayecto directo entre Tx y Rx [9]. De igual forma que el MKM, éste modelo, tiene en cuenta las perdidas por penetración en muros. Sin embargo, en éste caso sí se tienen en cuenta los diferentes tipos de división, y por consiguiente las diferentes atenuaciones que cada uno induce. La figura 15 muestra como el trayecto directo d (azul), penetra los muros de diferente tipo: 1, 2 y 3; los cuales inducen diferentes atenuaciones: l_{w1} , l_{w2} y l_{w3} , respectivamente.

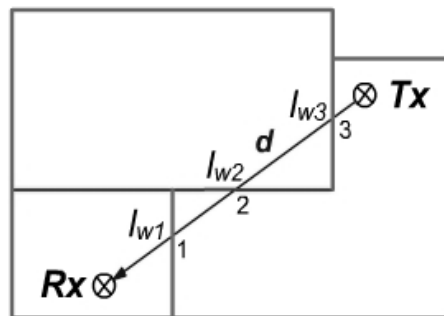


Figura 15 Principio de modelo Cost Multi-Wall

Fuente: Autores.

Las pérdidas para el modelo Cost Multi-Wall se definen como:

$$l_{CMWM} = l_{FS} + l_c + \sum_{i=1}^N k_{wi} l_{wi} \quad (3.2.2.4.2a)$$

Donde:

l_{CMWM} = pérdidas de trayecto para CMWM

l_{FS} = pérdidas de espacio libre ecuación (1.21)

k_{wi} = número de muros de tipo i interceptados por el trayecto directo

l_{wi} = pérdidas por penetración del muro de tipo i

l_c = constante de calibración.

La potencia recibida queda definida como:

$$P_r (dB) = P_t (dB) - \left\{ 10 \log \left[\frac{(4p)^2 d^2}{G_t G_r l^2} \right] + \sum_{i=1}^N k_{wi} l_{wi} + l_c \right\} \quad (3.2.2.4.2b)$$

Este modelo requiere una base de datos mas detallada, respecto a la ubicación de los muros y divisiones en general, y de las respectivas atenuaciones que inducen sobre la señal a una frecuencia de operación específica. En la tabla 2 se logra mayor precisión en los valores típicos de atenuación inducida por diferentes tipos de divisiones a diferentes frecuencias.

Tabla 2 Pérdidas de propagación en diferentes materiales

Tipo de Material	Pérdidas (dB)	Frecuencia (MHz)
Metal	26	815
muro de bloque	13	1300
muro de concreto	8 a 15	1300
muro de concreto (27 cm.)	24	890
muro de ladrillo (18 cm.)	10,6	890
muro de ladrillo (23 cm.)	13,6	890

Fuente: Bibliografía [2]

Este modelo presenta mayor exactitud que el MKM y el MFSM, si el edificio que se está evaluando, presenta divisiones hechas de diferentes materiales, tales como: puertas, ventanas, muros de concreto, muros de ladrillo, divisiones modulares, etc.

El MKM y el CMWM tal y como se presentaron, son aplicables para predicciones en un solo piso, sin embargo, existe una modificación que incluye las pérdidas por penetración de pisos adyacentes como se muestra en la figura 16.

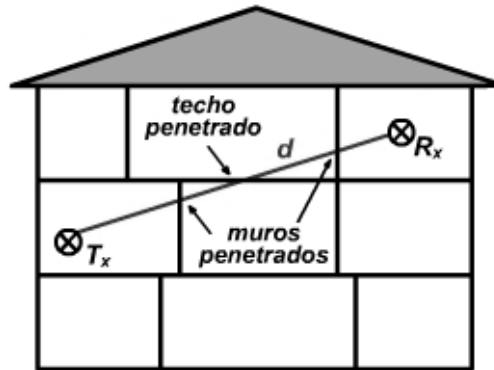


Figura 16 Principio de Modelo CMWM mejorado

Fuente: Autores.

$$l_{CMWM} = l_{FS} + l_C + \sum_{i=1}^N k_{wi} l_{wi} + \sum_{j=1}^M l_{fj} k_{fj} + L_c \quad (3.2.2.4.2c)$$

Donde:

l_{FS} = pérdidas de espacio libre

k_{wi} = número de muros de tipo i interceptados por el trayecto directo

l_{wi} = pérdidas por penetración del muro de tipo i

l_C = constante de calibración.

k_{fj} = número de "pisos" o "techos" penetrados de tipo i

l_{fj} = pérdidas por penetración de piso de tipo i

3.2.2.5 Modelos Ray Optical

Estos modelos son determinísticos, es decir, simulan el comportamiento físico de las ondas electromagnéticas, las cuales pueden tratarse igual que rayos ópticos, siempre y cuando las señales sean de alta frecuencia, y estén en la región de campo lejano. Bajo éste principio, los modelos Ray Optical consideran los mecanismos de propagación,

descritos en este capítulo, por lo que se fundamentan en la teoría de geometría óptica (GO) y en la teoría uniforme de difracción (UTD).

Al simular con mayor fidelidad los fenómenos de las ondas EM, se obtiene mayor exactitud que con los modelos anteriormente mencionados, sin embargo, esto conlleva un alto costo computacional y un nivel de programación bastante elevado; teniendo en cuenta que dichas simulaciones pueden ser en 2D o 3D.

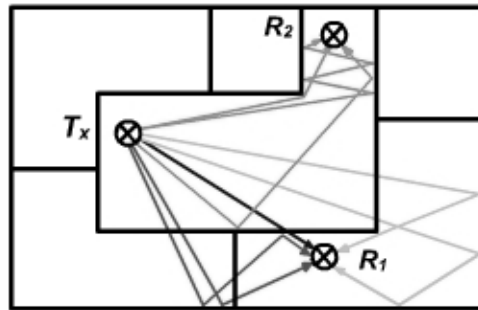


Figura 17 Principio de modelos Ray Optical

Fuente: Autores.

Además, se tiene una alta dependencia de la exactitud de la base de datos, la cual debe contener información lo más exacta posible, de la distribución espacial del ambiente de propagación; todos los obstáculos deben ser catalogados en diferentes clases, tales como: muros, puertas, ventanas, pisos, etc. Especificar sus coordenadas, y finalmente las propiedades de los materiales tales como: conductividad, permitividad y espesor.

Una de las principales ventajas de los modelos ray optical sobre los demás modelos, es que permiten calcular parámetros tales como: *delay spread*, *fast fading*, respuesta al impulso, además de pérdidas de trayecto, potencia recibida y rangos de cobertura. El modelo básico de los modelos ray optical es el modelo *Ray Tracing*, el cual traza todos los rayos que llegan al receptor, por lo cual presenta un mayor costo computacional, a veces innecesario debido a que no todos los rayos tienen una contribución significativa en la potencia recibida en el receptor. Por lo que se han desarrollado mejoras de este. También hay variaciones del modelo ray Tracing, tales como: modelo *Ray launching* y *Beam Tracing*

3.2.3 Interferencia Constructiva y Destructiva

Debido a las múltiples señales, que llegan por diferentes trayectos al receptor, se pueden dar dos tipos de interferencia: **interferencia constructiva** e **interferencia destructiva**; dependiendo de la fase relativa de las señales. La interferencia constructiva se produce cuando la suma vectorial de las señales, produce un aumento en la amplitud de la señal recibida. De modo análogo, la interferencia destructiva se produce cuando la suma vectorial de las señales, produce una disminución de la señal recibida; como se muestra en la figura 18.

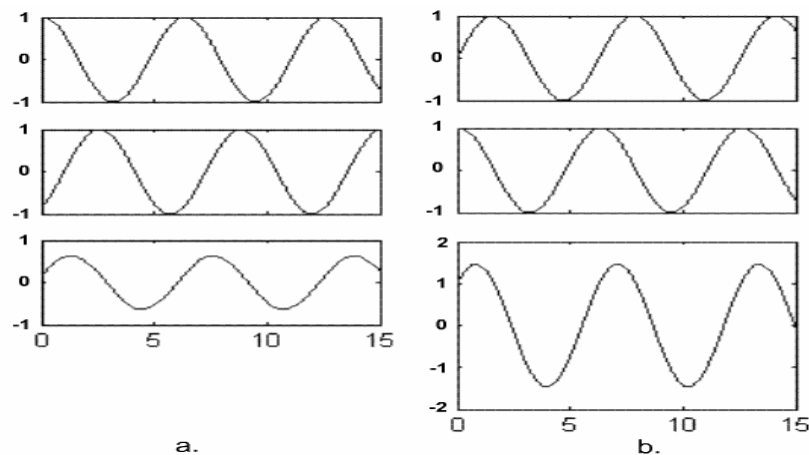


Figura 18 Interferencia a) destructiva y b) constructiva

Fuente: autores

De éste modo, dos señales se cancelan, cuando la diferencia de su longitud de trayecto está dada por:

$$\Delta d = (n + 0.5)\lambda \quad \text{Para } n = 0, 1, 2, \dots \quad (3.2.3a)$$

Si la diferencia de longitud de trayecto (Δd) es constante, la cancelación ocurre cuando la frecuencia es dada por:

$$f = (n + 0.5) \frac{c}{\Delta d} \quad \text{Para } n = 0, 1, 2, \dots \quad (3.2.3b)$$

Donde c representa la velocidad de propagación de la señal.

3.2.4 Interferencia Intersímbolos (ISI)

En el canal digital, la distorsión contribuye a la **interferencia intersímbolos** que es cuando la señal de un símbolo se filtra en la señal de otros símbolos, fenómeno que está relacionado con la tasa de error de bits (BER). El aumento y naturaleza de la propagación multi-trayecto, define el nivel de potencia para el cual la BER se hace esencialmente independiente de la relación señal a ruido (SNR). Este efecto a menudo se conoce como “BER irreducible”. Generalmente se recurre a procesamiento de señales, para reducir el BER inducido por el multi-trayecto.

3.2.5 Desvanecimiento (Fading)

Uno de los principales inconvenientes de la propagación *multipath*, es que la antena receptora no capta una sola señal limpia, sino que recibe múltiples réplicas que se combinan en la antena receptora para dar una señal resultante que puede variar ampliamente en amplitud y fase, dependiendo de la distribución de la intensidad y el tiempo de propagación relativa de las ondas y el ancho de banda de la señal transmitida, lo cual produce un fenómeno conocido como **desvanecimiento** (fading). El desvanecimiento a pequeña escala o simplemente desvanecimiento, es usado para describir las fluctuaciones rápidas de la amplitud de una señal de radio sobre un pequeño periodo de tiempo o distancia recorrida, de tal forma, que los efectos de pérdidas a pequeña escala pueden ser ignorados.

Los principales efectos de desvanecimiento son:

- Cambios rápidos en la intensidad de la señal sobre pequeñas distancias o intervalos cortos de tiempo.
- Modulación en frecuencia aleatoria debido a diversos cambios o diferentes multi-trayectos de señales.
- Tiempos de dispersión (ecos) causados por retardos en los multitrayectos de la propagación.

El desvanecimiento es un fenómeno puramente espacial, que también depende del desplazamiento del móvil (Rx), o del desplazamiento de objetos en el ambiente de propagación, en el caso, en que Tx y Rx son estáticos.

3.2.5.1 Desvanecimientos debidos a time delay spread

Mientras que el **delay spread** es un fenómeno natural causado por reflexión y dispersión en el trayecto de propagación en canal de radio, el **ancho de banda coherente** (B_c), es una relación definida del valor rms delay spread. El ancho de banda coherente es una medida estadística del rango de frecuencias sobre el cual el canal puede considerarse “flat” (i.e., un canal el cual pasa todas las componentes con aproximadamente igual ganancia y fase lineal).

3.2.5.2 Flat Fading

Si el canal de radio móvil tiene una ganancia constante y una respuesta de fase lineal sobre un ancho de banda que es mucho mayor que el ancho de banda de la señal transmitida, entonces la señal recibida experimentará *flat fading*. En éste, la estructura multi-trayecto del canal es tal que las características espectrales de la señal transmitida son conservadas en el receptor. Sin embargo, la intensidad de la señal recibida cambia con el tiempo, debido a las fluctuaciones en la ganancia del canal multi-trayecto.

Los canales flat fading son también conocidos como canales “variadores” de amplitud, y están algunas veces referidos a *canales banda estrecha*, dado que el ancho de banda de la señal aplicada es estrecha comparada con el ancho de banda del canal.

Los canales típicos flat fading causan desvanecimientos profundos (deep fades), por lo que requieren 20 o 30 dB más de potencia transmitida para conseguir una tasa de error de bit baja durante los tiempos de *deep fades* comparados con sistemas que operan sobre canales “no-fading”

3.2.5.3 Desvanecimiento selectivo en frecuencia

Si el canal posee una ganancia constante y una respuesta de fase lineal sobre un ancho de banda que es menor que el ancho de banda de la señal transmitida, entonces el canal crea un *desvanecimiento selectivo en frecuencia* (*Frequency selective fading*) sobre la señal recibida.

Cuando esto ocurre, la señal recibida incluye múltiples versiones de la forma de onda transmitida que son atenuadas (faded) y retardadas (delayed) en el tiempo, y por lo tanto la señal recibida es distorsionada. El desvanecimiento selectivo en frecuencia es debido al tiempo de dispersión de los símbolos transmitidos dentro del canal. Así, el canal induce interferencia intersimbolos (ISI). Visto en el dominio de la frecuencia, ciertas componentes en frecuencia en el espectro de la señal recibida tiene mayores ganancias que otras.

Los canales con desvanecimiento selectivo en frecuencia son también conocidos como canales de banda ancha (wideband), dado que el ancho de banda de la señal $s(t)$ es más amplio que el ancho de banda de la respuesta al impulso del canal.

3.2.5.4 Desvanecimientos debidos a Doppler Spread

El delay spread y el ancho de banda coherente son parámetros que describen la naturaleza de dispersión de tiempo del canal en un área local. Sin embargo, ellos no ofrecen toda la información acerca de la naturaleza de variación en el tiempo del canal causada por cualquier movimiento relativo entre el móvil y la estación base o por movimientos de objetos en el canal.

Doppler spread (B_D) es una medida del ensanchamiento espectral causado por el cambio en la rata de tiempo en el canal de radio móvil y es definido como el rango de frecuencias sobre el cual el espectro Doppler recibido es esencialmente no cero. Cuando un tono puro sinusoidal de frecuencia f_c es transmitido, el espectro de la señal recibida, llamado espectro Doppler, tendrá componentes en el rango $f_c - f_d$ y $f_c + f_d$, donde f_d es el desplazamiento Doppler.

La cantidad de ensanchamiento espectral depende de f_d que es una función de la velocidad relativa del móvil y la dirección de llegada de las ondas dispersadas. Coherente time (T_c) es una medida estadística del tiempo de duración sobre el cual la respuesta al impulso del canal es esencialmente invariante, y cuantifica la similitud de la respuesta del canal en diferentes tiempos. El doppler spread y el tiempo de coherencia están inversamente relacionados:

$$T_c \approx \frac{1}{f_m} \quad (3.2.5.4a)$$

Donde f_m es el máximo doppler spread dado como $f_m = v/\lambda$.

La definición del tiempo de coherencia implica que dos señales llegadas con un tiempo de separación mucho mayores que T_c son afectados de modo diferente por el canal.

3.2.5.5 Desvanecimiento rápido y desvanecimiento lento

Dependiendo de que tan rápidamente la señal banda base transmitida cambie comparada con la rata de cambio del canal, un canal puede clasificarse en fast fading o slow fading (desvanecimientos rápidos o lentos, respectivamente). En un canal de *desvanecimiento rápido* (fast fading), la respuesta al impulso del canal cambia rápidamente dentro de la duración del símbolo. El tiempo de coherencia del canal es más pequeño que el periodo del símbolo de la transmisión.

En la práctica, el fast fading ocurre solo para ratas de datos muy bajas. En un canal con *desvanecimientos lentos* (slow fading), la respuesta al impulso cambia a una rata mucho más lenta que la señal banda base transmitida. En el dominio de la frecuencia, esto implica que el Doppler spread del canal es mucho menos que el ancho de banda de la señal banda base. Debe notarse que la velocidad del móvil (o velocidad de objetos en el canal) y la señalización de la banda base determinan si una señal experimenta fast fading o slow fading.

La figura 19 resume los diferentes tipos de fading que pueden ocurrir.

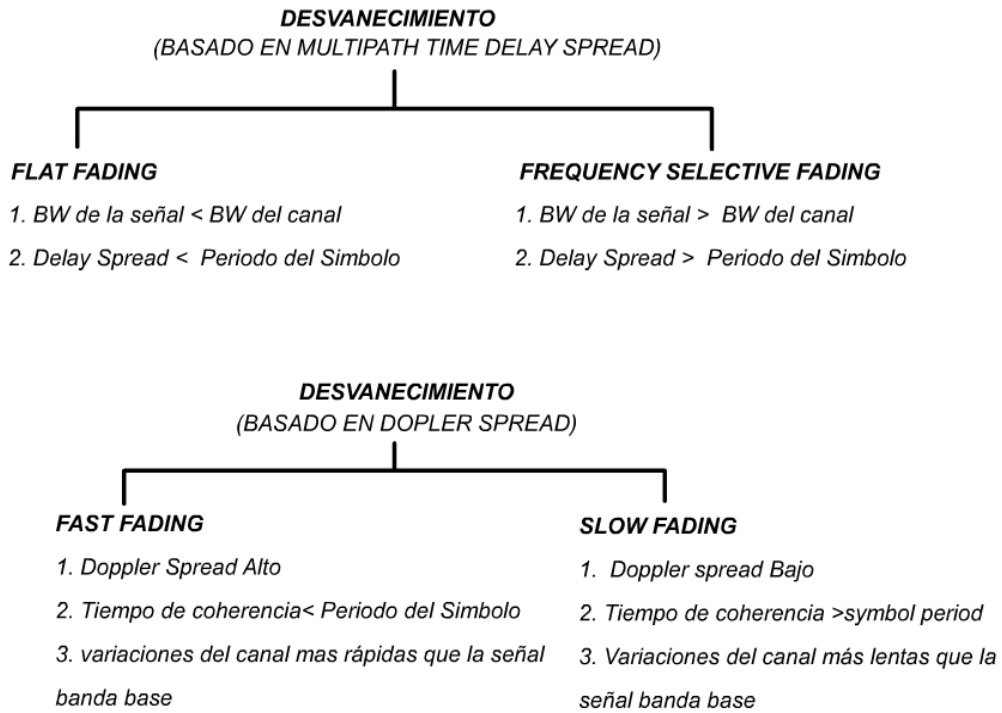


Figura 19 Tipos de desvanecimientos

Fuente: Bibliografía [2]

4. Wi-Fi

Wi-Fi es un protocolo de comunicación estándar que define la conexión vía ondas de radio para redes de área local (WLAN) en entornos empresariales, propiciando la disponibilidad en el mercado de dispositivos de bajo precio y la creación de nuevos servicios basados en esta tecnología. Su éxito radica en que al ser el primero en haberse implementado en el mercado, se ha convertido en el “estándar de moda” para este tipo de aplicaciones y, lo que es más importante, en que está demostrando su capacidad para ofrecer acceso de banda ancha en múltiples entornos públicos, y no sólo empresariales, a precios asequibles. Si a esto se añade la mejora en mecanismos de seguridad que se han incorporado en los últimos tiempos, garantizando la confidencialidad de las comunicaciones, y las necesidades de los modernos hábitos de trabajo de nuestra sociedad que ya se encuentran definitivamente ligados a la movilidad, se puede hablar, efectivamente, de un estándar con enorme potencialidad.

Además, su proyección a futuro se sustenta fundamentalmente en que ha demostrado ser viable y eficaz para el soporte de comunicaciones avanzadas, permitiendo a través de redes IP de banda ancha la transmisión integrada de voz (VoIP), datos e imagen. Esto posibilita el soporte de servicios como la telefonía, gestión integrada de sistemas, sistemas de información multimedia, transmisión de video para seguridad, pudiendo llegar a competir en ciertos aspectos con otros sistemas inalámbricos que requieren importantes infraestructuras y altos niveles de inversión.

4.1 Organismos de normalización redes LAN y características de los estándares

WLAN

4.1.1 IEEE (Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica)

Es un organismo internacional de carácter profesional que tiene uno de los mayores grupos de estandarización para ingeniería eléctrica y computación. La IEEE ha establecido un grupo dedicado al desarrollo de normas, una de las más importantes es la norma IEEE 802 para redes de área local. Dos de estos estándares son Ethernet y Fast Ethernet (ver anexo IEEE).

Tabla 3. Estándares definidos por la IEEE.

Estándar WLAN	802.11b	802.11a	802.11g	802.11h	HiperLAN2	Bluetooth
Organismo	IEEE (USA)	IEEE	IEEE	IEEE	ETSI (Europa)	Bluetooth SIG
Finalización	1999	2002	2003	2003	2003	2002
Denominación	Wi-Fi	Wi-Fi 5				
Banda Frecuencias	2.4 GHz (ISM)	5 GHz	2.4 GHz	5 GHz	5 GHz	2.4 GHz
Velocidad Máxima	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	0.721 Mbit/s
Throughput medio	5.5 Mbps	36 Mbps			45 Mbps	
Interfaz aire	SSDS/FH	OFDM	OFDM	OFDM	OFDM	DSSS /FHSS
Disponibilidad	>1000	Algunos	Algunos	Algunos	2004	Muchos
Otros aspectos				TPC, DFA		
Nº de canales	3c no solapados	12c no solapados	3c no solapados	19c no solapados		

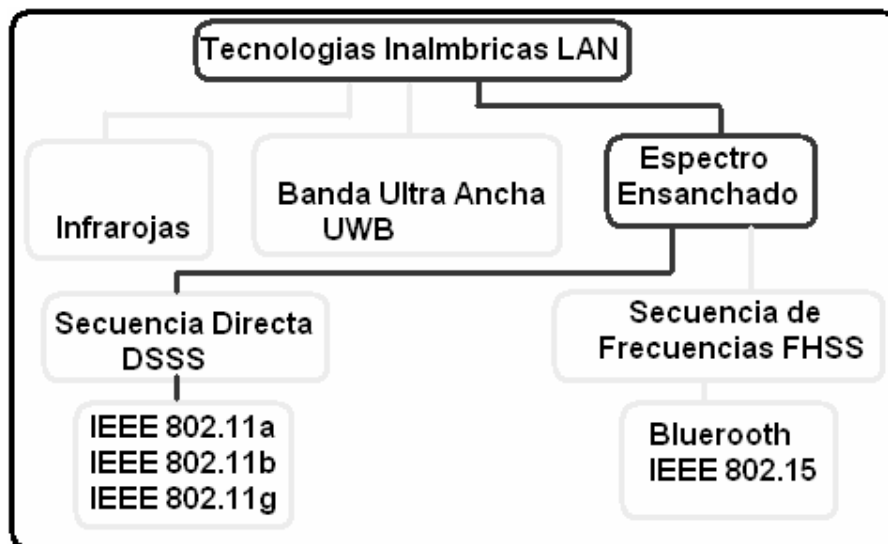
Fuente. Elaboración propia con datos de IEEE y ETSI

4.1.2 ISO (Organización Internacional de Normalización)

Fue constituida como una federación de organismos nacionales de normalización procedentes de unos 130 países, a razón de uno por país, se creó en 1947 como una organización no gubernamental con la misión de fomentar el desarrollo en el mundo de las actividades de normalización y otras afines con miras a favorecer los intercambios internacionales de bienes y servicios y una estrecha cooperación en los campos intelectual, científico, tecnológico y económico. (TOMASI Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Segunda Edición. México: Prentice Hall, 1996). Anexo normatividad colombiana.

4.2 Arquitectura interna de las redes Wi-Fi

Figura 20



Fuente: Autores del Proyecto.

4.2.1 La Capa Física

Cualquier red define la modulación y la señalización características de la transmisión de datos. En la capa física, se definen dos métodos de transmisión radiofrecuencia e infrarrojo. El funcionamiento de la WLAN en bandas RF ilícitas, requiere la modulación en banda ancha para reunir los requisitos del funcionamiento. Los estándares de transmisión son la frecuencia de saltos (FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum) y la secuencia directa (DSSS Direct Sequence Spread Spectrum). Ambas arquitecturas se definen para operar en la banda de frecuencia de 2.4 GHz, ocupando típicamente los 83 MHz de banda desde los 2.400 GHz hasta 2.483 GHz. (DBPSK Differential BPSK) y DQPSK es la modulación para la secuencia directa.

También se limita el aumento de las antenas a un máximo de 6 dB. La fuerza radiada está limitada a 1 W para los Estados Unidos, 10 mW por 1MHz en Europa y 10mW para Japón. Hay diferentes frecuencias aprobadas para el uso en Japón, Estados Unidos y Europa y cualquier producto de WLAN deben reunir los requisitos para el país donde se vende.

Capa Física Infrarroja.

Se soporta un estándar infrarrojo, que opera en la banda 850nm a 950nm, con un poder máximo de 2 Watts. La modulación para el infrarrojo se logra usando 4 o 16 niveles de modulación "posicionamiento por pulsos". La capa física soporta dos tasas de datos 1 y 2Mbps.

La Capa Física DSSS.

La capa física DSSS utiliza una Secuencia Barker de 11 bits para extender los datos antes de que se transmitan. Cada bit transmitido se modula por la secuencia de 11 bits, este proceso extiende la energía de RF por un ancho de banda más extenso que el que se requeriría para transmitir los datos en bruto.

El aumento en procesos del sistema se define como 10 veces el radio de tasa aumentada de los datos (también conocido como "chip rate"). El receptor agrupa la entrada del RF para recuperar los datos originales. La ventaja de esta técnica es que reduce el efecto de fuentes de interferencia de banda estrecha. Esta secuencia proporciona 10.4 dB de aumento del proceso, el cual reúne los requisitos mínimos para las reglas fijadas por la FCC. La arquitectura de propagación usada en la capa física secuencia directa no debe confundirse con CDMA. Todos los productos 802.11 adaptables utilizan la misma codificación PN y por consiguiente no tienen un juego de códigos disponible como se requiere para el funcionamiento de CDMA.

La Capa Física FHSS.

La capa física FHSS tiene 22 modelos de espera para escoger, además la capa física frecuencia de saltos se exige, para saltar por la banda ISM 2.4 Ghz cubriendo 79 canales. Cada canal ocupa un ancho de banda de 1Mhz y debe saltar a la tasa mínima especificada por los cuerpos reguladores del país pretendido. Para los Estados Unidos se define una tasa de salto mínima de 2.5 saltos por segundo.

Cada una de las capas físicas utiliza su propio encabezado único para sincronizar al receptor y determinar el formato de la señal de modulación y la longitud del paquete de datos. Los encabezamientos de las capas físicas siempre se transmiten a 1Mbps.

La Capa MAC

La especificación de la capa MAC para la 802. 11 tiene similitudes a la de Ethernet cableada de línea normal 802. 3.

El protocolo para 802. 11 utiliza un tipo de protocolo conocido como CSMA/CA (Carrier-Sense, Múltiple Access, Collision Avoidance). Este protocolo evita colisiones en lugar de descubrir una colisión, como el algoritmo usado en la 802. 3, es sabido que predecir las colisiones en una red de transmisión RF es difícil y es por esta razón se utiliza la anulación de colisiones.

La capa MAC opera junto con la capa física probando la energía sobre el medio de transmisión de datos, esta capa física utiliza un algoritmo de estimación de desocupación de canales (CCA) para determinar si el canal está ocupado o vacío, el procedimiento a seguir es midiendo la energía RF de la antena y determinando la fuerza de la señal recibida, si la fuerza de la señal recibida está por debajo de un umbral especificado, el canal se considera vacío, y a la capa MAC se le da el estado del canal vacío para la transmisión de los datos pero si la energía RF está por debajo del umbral, las transmisiones de los datos son retrasadas de acuerdo con las reglas del protocolo.

4.3 Topología de las Redes Wi-Fi

Se encuentran dos tipos de topología una es la red Ad-Hoc y la otra es el tipo de red modo infraestructura.

- Topología Modo ad-hoc
- Topología cliente servidor
- Topología de la WLAN
- Topología clientes y puntos de acceso
- Topologías de múltiples punto de acceso

- Topología de punto de extensión
 - Topología con antenas direccionales
- Ver anexo topología de redes inalámbricas.

Tabla 4. Matriz Dofa para las comunicaciones inalámbricas

<p>Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sector tecnológico en evolución. • Fuerte competencia en el entorno urbano. • Marco regulatório indefinido. • Desorden en su desarrollo. • Falta profundidad en la ejecución de soluciones. 	<p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alta demanda del mercado • Acceso para entornos rurales • Alianzas con otras tecnologías • Desarrollo de nuevas aplicaciones • Desarrollo de calidad de servicio
<p>Fortalezas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acceso a Internet. • Capacidad de banda ancha. • Despliegue de redes en todas partes. • Evolución de estándares. • Soporte en el sector informático. 	<p>Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interferencias y seguridad. • Estándar IEEE 802.11 en evolución. • Imagen de economía sin calidad • No esta completamente estandarizada. • Crecimiento incontrolado de manera ilegal.

Fuente; Autores

4.4 Seguridad en Redes Inalámbricas

Las redes inalámbricas no disponen de barreras físicas que impidan la conexión ya que su carácter inalámbrico hace que inicialmente las ondas de radio se reciban desde cualquier punto dentro de la zona de alcance, los diversos dispositivos que se han ido desarrollando han incorporado en estos últimos años una serie de mecanismos que permiten garantizar niveles de seguridad variable en función de la solución o soluciones adoptadas.

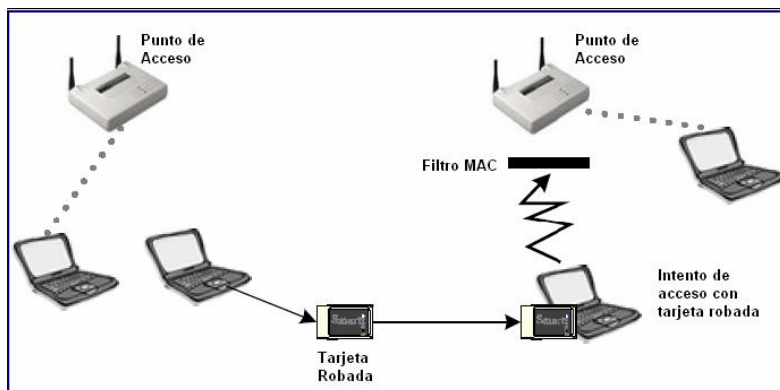
Para poder considerar una red inalámbrica como segura, debería cumplir con los siguientes requisitos además de otros de los que se hablara mas adelante:

- Las ondas de radio deben confinarse tanto como sea posible. Esto es difícil de lograr totalmente, pero se puede hacer un buen trabajo empleando antenas direccionales y configurando adecuadamente la potencia de transmisión de los puntos de acceso.
- Debe existir algún mecanismo de autenticación en doble vía, que permita al cliente verificar que se está conectando a la red correcta, y a la red constatar que el cliente está autorizado para acceder a ella.
- Los datos deben viajar cifrados por el aire, para evitar que equipos ajenos a la red puedan capturar datos mediante escucha pasiva.

4.4.1 Filtrado de la dirección MAC.

Las WLANs pueden filtrarse basándose en las direcciones MAC (identificación hexadecimal de cada maquina es único) de las estaciones del cliente, casi todos los puntos de acceso (incluso los mas económicos) tienen la función de filtrado del MAC. El administrador de la red puede compilar, distribuir y mantener una lista de direcciones MAC permitidas, y programarlas en cada punto de acceso. Si una tarjeta de un PC u otro cliente con una dirección MAC que no esté en la lista del punto de acceso trata de acceder al WLAN, la función de filtrado de dirección MAC no le permitirá a ese cliente asociarse con ese punto de acceso.

Figura 21. Proceso de autenticación de la MAC



Fuente: http://lwwa175.servidoresdns.net:9000/proyectos_wireless/

Si se programa la dirección MAC de cada cliente inalámbrico en cada punto de acceso en una red de una empresa grande sería impráctico, por este motivo puede llevarse a cabo el filtrado MAC en algunos servidores RADIUS (protocolo de autenticación para acceso a la red por IP) en lugar de cada punto de acceso. Este tipo de configuración hace que el filtro MAC sea una solución de seguridad mucho más escalable puesto que simplemente introduciendo cada dirección MAC en el RADIUS junto con la información de identificación de cada uno de los usuarios se realiza el filtrado, pero de todas maneras en bueno realizar un apoyo de los filtros MAC con software especializado. Los filtros MAC son buenos para redes de casas y oficinas pequeñas donde hay un número pequeño de estaciones cliente, usando el WEP y los filtros MAC se proporciona una solución de seguridad adecuada en estos casos.

4.4.2 WPA (WI-FI Protected Access acceso protegido).

Es un estándar propuesto por los miembros de la Wi-Fi Alliance (que reúne a los grandes fabricantes de dispositivos para WLAN) en colaboración con la IEEE. Este estándar busca subsanar los problemas de WEP, mejorando el cifrado de los datos y ofreciendo un mecanismo de autenticación. Para solucionar el problema de cifrado de los datos, WPA propone un nuevo protocolo para cifrado, conocido como TKIP (Temporary Key Integrity Protocol), este protocolo se encarga de cambiar la clave compartida entre punto de acceso y cliente cada cierto tiempo, para evitar ataques que permitan revelar la clave.

Según la complejidad de la red, un punto de acceso compatible con WPA puede operar en dos modalidades:

Modalidad de red empresarial: Para operar en esta modalidad se requiere de la existencia de un servidor RADIUS en la red; el punto de acceso emplea entonces 802.11x y EAP (Protocolo extensible de la autenticación) para la autenticación, y el servidor RADIUS suministra las claves compartidas que se usarán para cifrar los datos.

Modalidad de red casera, o PSK (Pre-Shared Key): WPA opera en esta modalidad cuando no se dispone de un servidor RADIUS en la red, entonces requiere introducir una contraseña compartida en el punto de acceso y en los dispositivos móviles; solamente podrán acceder al punto de acceso los dispositivos móviles cuya contraseña coincida con la del punto de acceso, una vez logrado el acceso, TKIP entra en funcionamiento para

garantizar la seguridad del acceso. Se recomienda que las contraseñas empleadas sean largas (20 o más caracteres), porque ya se ha comprobado que WPA es vulnerable a ataques de diccionario (averiguar las contraseñas utilizando palabras predecible, familiares o comunes del usuario) si se utiliza una contraseña corta.

4.4.3 Protocolo de Integridad de Llave Temporal (TKIP)

TKIP es esencialmente una actualización al WEP, que arregla los problemas de seguridad conocidos en la aplicación del código RC4 (sistema de cifrado de flujo) del WEP, también proporciona un Chequeo de integridad del mensaje para ayudar a determinar si un usuario desautorizado ha modificado los paquetes inyectando tráfico que habilita el descifrado de llaves. TKIP incluye el uso de llaves dinámicas para derrotar la captura de llaves pasivas, un agujero ampliamente publicado en la existencia de la norma WEP.

4.4.4 Soluciones Basadas en AES (esquema de cifrado por bloque)

Las soluciones basadas en AES pueden reemplazar el uso del RC4 en el WEP, pero en lo provisional, soluciones como TKIP están siendo implementadas; 802.11i especifica el uso de AES y considerando que la mayoría de usuarios de WLANS son de industrias.

Los Gatee ay inalámbricos residenciales están ahora disponibles con tecnología VPN (red privada virtual), así como con NAT, DHCP, PCOE, WEP, filtros MAC y quizás incluso un firewall incorporado. Estos dispositivos son suficientes para ambientes indoor con pocos puestos de trabajo y una conexión compartida a Internet, los costos de estas unidades varían grandemente dependiendo del rango de servicios ofrecidos.

Un Gateway empresarial se sitúa en el segmento alambrado de la red entre los puntos de acceso y la red alambrada ya existente, como su nombre sugiere, un Gateway controla el acceso del LAN inalámbrico hacia la red ya existente para que, mientras un hacker posiblemente pueda escuchar o incluso lograr el acceso al segmento inalámbrico, el Gateway protege el sistema de distribución alambrado del ataque; el uso de estos dispositivos proporciona la seguridad en nombre de algún punto de acceso que no sea capaz de brindar.

4.4.5 802.11x y El Protocolo de Autentificación Extensible

La norma 802.11x proporciona especificaciones para el control de acceso a la red basada en puertos. Éste control era originalmente, y todavía es, usado en los interruptores de Ethernet. Cuando un usuario intenta conectarse al puerto de Ethernet, el puerto pone entonces la conexión del usuario en modo bloqueado a la espera de la comprobación de la identidad del usuario con un sistema de autentificación.

El protocolo 802.11x ha estado incorporado en muchos sistemas de LAN inalámbricos y se ha vuelto casi una práctica normal entre muchos vendedores. Cuando se combinó con el Protocolo de Autentificación Extensible (EAP³), el 802.11x puede proporcionar un ambiente muy seguro y flexible basado en varios esquemas de autentificación en uso hoy día. EAP estaba primero definido para el protocolo de punto a punto (PPP), es un protocolo que negocia un método de autentificación. EAP define las características del método de autentificación incluyendo las credenciales requeridas del usuario (contraseña, password, etc.), el protocolo a ser usado (MD5, TLS, GSM, OTP, etc.), el soporte de generación de llaves y el soporte autentificación mutua.

Un modelo exitoso de autentificación de un cliente 802.11x-EAP trabaja de la siguiente manera:

- 5 El cliente pide asociación con el punto de acceso.
- 5 El punto de acceso responde a la solicitud de asociación y pide una identidad EAP.
- 5 El cliente envía una respuesta de identidad EAP al punto de acceso.
- 5 La respuesta de identidad EAP del cliente se remite al servidor de autentificación.
- 5 El servidor de autentificación envía una solicitud de autorización al punto de acceso.
- 5 El punto de acceso remite la solicitud de autorización al cliente.
- 5 El cliente envía la respuesta de autorización EAP al punto de acceso.
- 5 El punto de acceso remite la respuesta de autorización EAP al servidor de autentificación.
- 5 La autentificación envía un mensaje de éxito EAP al punto de acceso.

³ Protocolo extensible de la autentificación

- 5 El punto de acceso remite el mensaje de éxito EAP al cliente y pone al puerto del cliente en modo delantero.

Cuando es usado el 802.1x con el EAP, una situación surge para un administrador en la que es posible tener un registro doble cuando se activa una computadora portátil que está conectada inalámbricamente y registrándose en un dominio o a un servicio de directorio. La razón para el posible registro doble es que el 802.1x requiere la autenticación para proporcionar conectividad a la capa 2. La mayoría de los administradores usa la misma base de datos para la conectividad en la capa MAC y la conectividad del cliente/servidor, brindando un proceso de registro sin costo al cliente, también puede usarse con las soluciones VPN inalámbricas.

4.4.6 Privacidad Equivalente a Alambrado (Wired Equivalent Privacy (WEP)):

El WEP es un algoritmo de encriptación usado por el proceso de autenticación “Llave Compartida” (Shared Key) para autenticar a los usuarios y encriptar las cargas útiles de datos sólo sobre el segmento inalámbrico de la LAN.

WEP es un algoritmo simple que utiliza un generador de número pseudoaleatorio (PRNG) y el generador de código RC4. Durante varios años este algoritmo fue considerado un secreto industrial y los detalles no estaban disponibles además, descifran rápidamente ahorrando ciclos en el CPU, y también es bastante simple codificarlo en el software para la mayoría de diseñadores. La mala implantación del algoritmo de RC4 crea puertas abiertas para determinados “hackers”, lo que genera brechas de seguridad como las siguientes:

- Ataques activos para inyectar nuevo tráfico: estaciones móviles desautorizadas pueden inyectar paquetes hacia la red basados en un contexto conocido.
- Ataques activos para descifrar el tráfico: Basado en engañar el punto de acceso.
- Ataques construyendo diccionarios: Después de recoger bastante tráfico, la llave de WEP puede descifrarse usando herramientas de programas de distribución gratuita.

- Una vez que la llave WEP es descifrada, el descifrado de paquetes en tiempo real puede ser logrado escuchando a paquetes de transmisiones que usan la llave WEP.
- Ataques pasivos para descifrar el tráfico: Usando el análisis estadístico, el tráfico WEP puede descifrarse.

4.4.7 Llaves WEP

Las llaves WEP son implementadas en dispositivos del cliente y de la infraestructura en un LAN inalámbrico; una llave WEP es una cadena de caracteres alfanuméricos usada de dos maneras en una LAN inalámbrica. Primero la llave WEP puede usarse para verificar la identidad de una estación autenticada; segundo, pueden usarse las llaves WEP para la encriptación de datos. Cuando un cliente WEP activado intenta autenticarse y asociarse a un punto de acceso, el punto de acceso determinará si el cliente tiene o no la llave WEP correcta, por "correcto", se quiere decir que el cliente tiene que tener una llave que es parte del WEP del sistema de distribución llevado a cabo en ese LAN inalámbrico en particular, las llaves WEP deben emparejar en ambos extremos de la conexión de la LAN inalámbrica.

Las llaves WEP están disponibles en dos tipos, 64-bits y 128-bits, pero en ocasiones se verán referidas en cambio como de 40-bits y 104-bits, aunque esta referencia es equivocada puesto que la llave WEP se lleva a cabo de la misma manera para ambas longitudes de la encriptación, cada uno usa un vector de Inicialización de 24-bits concatenado (vinculado fin a fin) con una llave confidencial. Las longitudes de la llave confidencial son de 40-bits o 104-bits produciendo una llave WEP de longitudes de 64-bits y 128-bits.

4.4.7.1 Las llaves WEP estáticas

Si se escoge implementar una llave WEP estática, se asignaría a mano una llave WEP estática a un punto de acceso y a sus clientes asociados. Estas llaves WEP nunca se cambiarían, haciendo el segmento de la red susceptible a "hackers" que pueden ser conscientes de las características de las llaves WEP, por esta razón, las llaves WEP

estáticas pueden ser un método de seguridad básico apropiado para las WLAN simples y pequeñas, pero no se recomienda para soluciones WLAN de empresas.

4.4.7.2 El Uso de WEP

Cuando el WEP se inicializa, la carga de los datos del paquete a enviarse usando WEP son encriptados; sin embargo, parte del encabezado del paquete, incluso la dirección MAC, no se encripta, toda la información de la capa 3, incluyendo las direcciones de la fuente y del destino se encriptan con el WEP. Cuando un punto de acceso manda sus señales en un WLAN que usa una llave WEP, las señales no se encriptan y no incluyen ninguna información de la capa 3 (capa tres modelo OSI).

Cuando se envían los paquetes usando la encriptación de WEP, esos paquetes deben descifrarse, este proceso de descifrado consume ciclos del CPU y reduce el rendimiento efectivo en el LAN inalámbrico, a veces significativamente, por esta razón algunos fabricantes han implementado CPUs adicionales en sus puntos de acceso con el propósito de mejorar la encriptación y el descifrado de las llaves WEP.

Estos puntos de acceso son generalmente los que donde el WEP tendrá los efectos más significativos si es activado. Si se implementa el WEP en el hardware, es muy probable que un punto de acceso pueda mantener sus 5Mbps (o más) en su rendimiento con el WEP habilitado, la desventaja de esta aplicación es el costo agregado de un punto de acceso más avanzado.

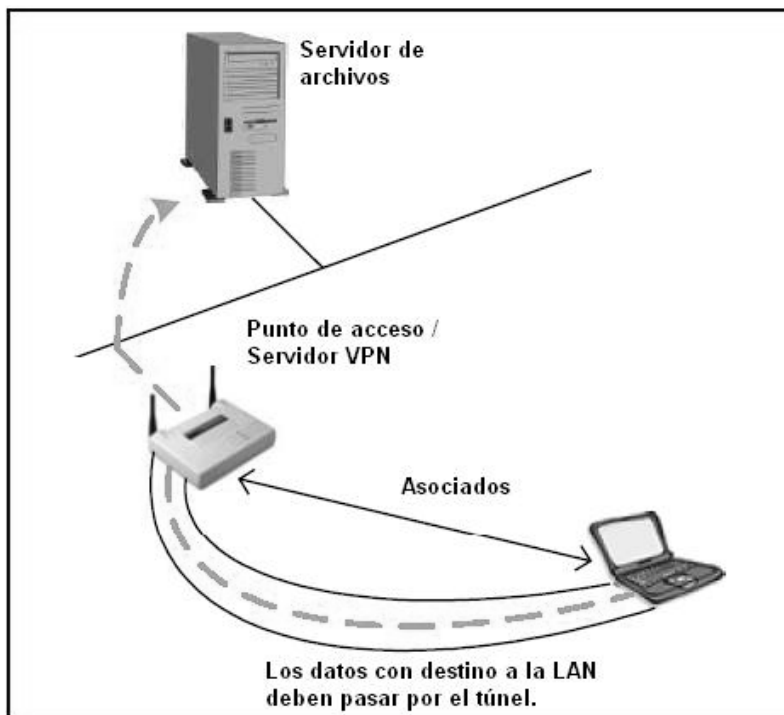
4.4.8 Vpns Inalámbricos

Los fabricantes de LAN inalámbricos están incluyendo cada vez más software de servidor VPN en los puntos de acceso y en los gateways, permitiendo que la tecnología VPN ayude a afianzar las conexiones WLAN. Cuando el servidor VPN es construido dentro del punto de acceso, los clientes utilizan software VPN preinstalado usando protocolos como PPTP o IPsec para formar un túnel directamente con el punto de acceso.

Primero, el cliente se asocia con el punto de acceso, y entonces la conexión por línea conmutada VPN tendría que ser hecha para que el cliente pase el tráfico a través del

punto de acceso. Todo el tráfico se pasa a través del túnel y se encripta así como encerrado para agregar una capa extra de seguridad.

Figura 22 Configuración VPN en WLANs



Fuente: http://lwwa175.servidoresdns.net:9000/proyectos_wireless/

Cuando el servidor VPN es implementado en un gateway empresarial, el mismo proceso tiene lugar sólo que, después que los clientes se asocian al punto de acceso, el túnel VPN se establece con el dispositivo gateway superior en lugar del propio punto de acceso.

Recientemente, la mayoría de servicios VPN usan el establecimiento de sesiones con protocolos en la capa 2 como la PPP y el Protocolo de Transporte en Capa 2 (L2TP). La PPP (punto a punto) tiene métodos para autenticar y autorizar suscriptores a las redes como parte del establecimiento de la sesión. Una conexión puede ser extendida a través de un túnel L2TP hacia un servidor de red L2TP (LNS) perteneciente a una red corporativa para proveer acceso remoto.

Las soluciones de servicios VPN que están basados en túneles de seguridad en la capa 3 (IPSec) han estado ganando popularidad y están siendo desarrollados, reemplazando los tradicionales servidores de red con protocolo en túnel en la Capa 2 (L2TP).

4.4.9 Virtual Private Network (Vpn)

Una red privada virtual (Virtual Private Network) es una red privada que se extiende, mediante un proceso de encapsulación, y en su caso, de encriptación, de los paquetes de datos a distintos puntos remotos mediante el uso de infraestructuras públicas de transporte, los paquetes de datos de la red privada viajan por medio de un "túnel" definido en la red pública.

En el caso de acceso remoto, la VPN permite al usuario acceder a su red corporativa, asignándole a su ordenador remoto las direcciones y privilegios de la misma, aunque la conexión la haya realizado por medio de un acceso a Internet público, en ocasiones puede ser interesante que la comunicación que viaja por el túnel establecido en la red pública vaya encriptada para permitir una mayor confidencialidad, la comunicación segura con el protocolo IPSec usando Internet como transporte permite unir informativamente organizaciones de forma permanente a un costo casi despreciable.

4.4.10 Firewall

Un firewall es un dispositivo de seguridad que funciona como cortafuegos entre redes, permitiendo o denegando las transmisiones de una red a la otra, un uso típico es situarlo entre una red local y la red Internet, como dispositivo de seguridad para evitar que los intrusos puedan acceder a información confidencial, es simplemente un filtro que controla todas las comunicaciones que pasan de una red a la otra y en función de lo que sean permite o deniega su paso.

Un Firewall puede ser un dispositivo software o hardware, es decir, un aparato que se conecta entre la red y el cable de la conexión a Internet, o bien un programa que se instala en la máquina que tiene el modem que conecta con Internet, incluso existen computadores muy potentes y con software específicos que lo único que hacen es monitorizar las comunicaciones entre redes

4.4.11 Proxy

Un Proxy es una aplicación o un dispositivo hardware que hace de intermediario entre los usuarios, normalmente de una red local, e Internet, su uso redundante en recibir peticiones de usuarios y redirigirlas a Internet, la ventaja que presenta es que con una única conexión a Internet podemos conectar varios usuarios, normalmente, un Proxy es a su vez un servidor de caché. La función de la caché es almacenar las páginas Web a las que se accede más asiduamente en una memoria, así cuando un usuario quiere acceder a Internet, accede a través del Proxy, que mirará en la caché a ver si tiene la página a la cual quiere acceder el usuario, si es así le devolverá la página de la caché y si no, será el Proxy el que acceda a Internet, obtenga la página y la envíe al usuario. Con la caché se aceleran en gran medida los accesos a Internet, sobre todo si los usuarios suelen acceder a las mismas páginas.

Los últimos Proxis que han aparecido en el mercado realizan además funciones de filtrado, como por ejemplo, dejar que un usuario determinado acceda a unas determinadas páginas de Internet o que no acceda a ninguna, con esta función se puede configurar una red local en la que haya usuarios a los que se les permita salir a Internet, otros a los que se les permita enviar correo, pero no salir a Internet y otros que no tengan acceso a Internet.

4.4.12 Amenazas tradicionales a los servicios inalámbricos

Las amenazas tradicionales a las comunicaciones inalámbricas se pueden agrupar en dos áreas:

- Intercepción del enlace radio.
- Interferencia en las redes inalámbricas.

Los ataques a enlaces radio

Incluyen la intercepción de datos en la interfaz aérea, la pérdida de confidencialidad de los datos de usuario, la pérdida de confidencialidad de la información de señalización y la pérdida de confidencialidad de la información de identidad del usuario, el acceso ilegal a servicios móviles generalmente implica algún esquema de mascarada o de suplantación

de un abonado mientras que se utilizan los servicios del sistema. La respuesta en términos de arquitectura del sistema puede incluir sistemas de auditoría de las estaciones móviles, tarjetas SIM o módulos de identidad del abonado, registros de ubicación de abonados, registros de ubicación de los visitantes y centros de autenticación.

Las redes inalámbricas tienen vulnerabilidades por doquier, incluyendo la estación de trabajo del usuario, el servidor, la ruta de comunicaciones y la estructura de protocolos.

Interferencia en las redes inalámbricas.

Hay cuatro diferencias fundamentales que afectan a los servicios inalámbricos: Ancho de Banda, tasas de error permisible, latencia y variabilidad, restricciones de potencia. Muchas de estas diferencias pueden observarse en los niveles de red, las redes inalámbricas están generalmente basadas en los dispositivos móviles que se comunican mediante algún método de transmisión electromagnética como redes de radiofrecuencia RF: HF, VHF, UHF, (3 Hz a 5.4 Ghz), además comunicaciones vía satélite SAT SHF, EHF (3 Ghz a 300 Ghz), e infrarrojos IR IrDA.

Las redes inalámbricas se caracterizan por una calidad de servicio (QoS Quality of Service) generalmente baja. Las redes inalámbricas, comparadas con sus contrapartes, son relativamente poco fiables, ya que se producen pérdidas de paquetes más frecuentemente que en las redes cableadas además exhiben una alta latencia y variabilidad debido a las retransmisiones.

Los diseñadores de sistemas inalámbricos tienen que tener en cuenta un amplio conjunto de variables en sus diseños: expectativas de usuarios, tasas de error, tasas de transferencia, información de control de protocolos, compresión, latencia, autonomía de la batería y protocolos de ahorro de energía, conectividad de red no conocida, faltas de cobertura, cobertura unidireccional, protocolos/aplicaciones interactivos y mensajes de sondeo periódico.

En una red inalámbrica, los problemas de seguridad son muy diferentes entre cada uno de los niveles de la pila de protocolos, y la obligatoriedad y la implementación de las políticas de seguridad dependen del operador de telecomunicaciones.

5 MEDICIONES

Las razones por las cuales se realizan medidas de propagación en ambientes cerrados son diversas. A nivel empresarial, se busca garantizar la cobertura del servicio inalámbrico con cierto nivel de calidad; a nivel académico e investigativo, se busca información acerca del comportamiento del canal que sirva para el desarrollo de herramientas que permitan simular los diversos fenómenos involucrados en la radio propagación con miras a una mejor planificación de redes inalámbricas.

Con el fin de que las mediciones que se hacen proporcionen datos valiosos a la investigación que se realiza, se debe seguir una metodología previamente definida, se proponen los siguientes pasos:

- Determinar el fenómeno a investigar con claridad.
- Aislar los fenómenos que son motivo de investigación de perturbaciones causadas por otros fenómenos no deseados.
- Determinar los lugares que satisfacen los requerimientos anteriores.
- Determinar la técnica a ser utilizada en las mediciones.

Este estudio se basa en medidas de intensidad de señal recibida

5.1 Metodología de Medidas

El hecho de realizar mediciones de propagación en ambientes confinados puede tener variadas connotaciones. En las empresas, tiene por objetivo poder garantizar una cobertura de servicio inalámbrico, por otra parte, en el mundo académico y de la investigación, el desarrollar herramientas que ayuden en la toma de decisiones para cubrir un área de servicio con la menor inversión posible.

Cuando estamos hablando de áreas de cobertura (Hot spot) y su planificación para una predicción acertada, se desea desarrollar una habilidad para obtener resultados que garanticen como mínimo un determinado nivel de calidad. Interesa poder determinar la mejor ubicación de una antena base, establecer de antemano cuánta atenuación experimentará la señal al propagarse en una sala, atravesar paredes, reflejarse en ellas o

en otros objetos y difractarse en obstáculos. La manera mas adecuada para realizar este tipo de mediciones experimentales en las áreas de interés y validar el grado de cobertura que me permite la antena, es desarrollar una metodología como la que se presenta a continuación.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Determinar el fenómeno a investigar con claridad:

Puede ser que se deseen determinar las condiciones de propagación en un laboratorio, una bodega de producción o de almacenamiento de una fábrica, un pasillo o un modelo a escala o un ambiente de oficina. Relativo a estas mediciones, puede ser que interese medir el efecto de los muebles, el efecto de personas moviéndose en el laboratorio, comparándolo con medidas con el mismo laboratorio vacío. También puede interesar medir cuánto se propaga la señal a través de las paredes considerando el material y la técnica de construcción empleadas en las paredes, en el cielo raso y en el suelo.

- Aislar los fenómenos que son motivo de investigación de perturbaciones causadas por otros fenómenos no deseados:

Si las paredes, el cielo raso y el suelo son del mismo material, si las ventanas son similares y su efecto es predecible, entonces se tiene un ambiente relativamente homogéneo y resultará más fácil llegar a resultados y conclusiones relevantes. Si hay una diversidad de materiales de construcción usados en las paredes y murallas, sus efectos pueden ser difíciles de aislar.

- Determinar los lugares que satisfacen los requerimientos anteriores.

A modo de ejemplo, si se desea investigar el efecto de las reflexiones producidas por paredes de diversos materiales, conviene escoger ambientes similares, si no idénticos, excepto en cuanto al material de construcción empleado. Si, en cambio, se desean medir los fenómenos de propagación a través de las paredes, estas deben ser, por lo general, grandes en dimensión, deben ser homogéneas en lo relativo al uso de materiales de construcción y debe existir una buena documentación respecto de la construcción.

Usualmente los planos de construcción no están bien documentados respecto de la forma en que se realizó el enfierrado en muros de concreto, el tipo de cemento usado, etc. Si el fenómeno a medir son efectos de difracción en torno a esquinas, entonces deben ubicarse aquellas donde este efecto pueda ser aislado con mayor facilidad, descartando reflexiones en muros.

- Determinar la técnica a ser utilizada en las mediciones.

Básicamente se puede operar de dos formas, realizando mediciones en banda angosta o en banda ancha. Cada una tiene sus ventajas y desventajas.

5.2 Caracterización de Antenas

Es importante la caracterización de las antenas debido a que en la mayoría de los casos los fabricantes no brindan información exacta respecto a sus características. Los datos corresponden a una antena **Yagi** a 900MHz para medir las pérdidas (dB) inducidas por los muros sobre la señal portadora. Ver bibliografía [2]

5.3 Caracterización de Materiales

Los diferentes materiales que constituyen los obstáculos presentes en el ambiente de estudio pueden caracterizarse mediante sus propiedades eléctricas (μ , σ y ϵ) [10]. Sin embargo esto resulta complicado cuando no se cuenta con información suficiente respecto a la forma en que se construyeron los muros, por ejemplo, que tipo de ladrillo fue utilizado, que espesor tiene la capa de “frisado”; tipo de estructura de las columnas (varilla), etc. Por esto, y teniendo en cuenta que este estudio se basa en medidas de potencia; resulta más práctico medir directamente la atenuación que cada obstáculo induce a la señal transmitida. Para ello se clasificaron los diferentes tipos de obstáculos en cinco grupos: puertas, muros de concreto, muros de bloque, columnas, y otros.

5.3.1 Medida de atenuación

Las pérdidas de potencia debido a muros, se estimó comparando la potencia recibida a una distancia dada sin obstáculos entre antenas, con la potencia recibida a la misma

distancia cuando el muro se interpone entre las dos antenas , como se muestra en la figura 23. Para tomar dicha medida es necesario aislar el fenómeno de penetración a través del muro, de otros fenómenos presentes. Una forma de lograrlo es hacer incidir la señal sobre el muro, lo más directivamente posible. Esto se logra transmitiendo con la antena **Yagi**.

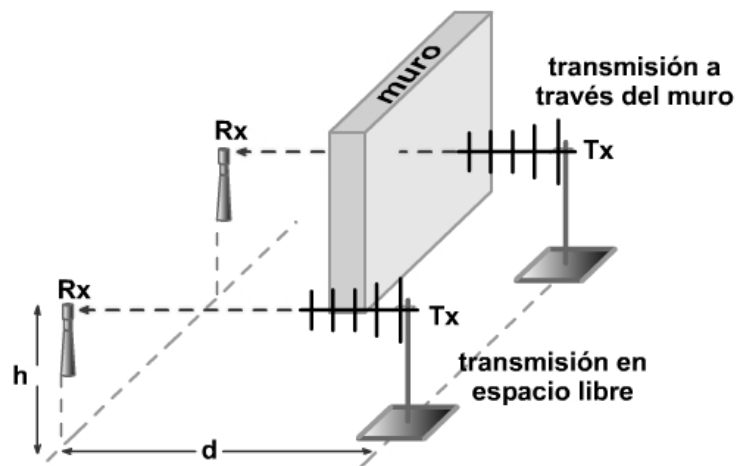


Figura 23 Método para medir atenuación de muros

Fuente: Bibliografía [2]

La tabla 5 muestra los resultados obtenidos al evaluar la atenuación inducida por el muro que separa el laboratorio de comunicaciones y el pasillo. La potencia recibida corresponde al valor promedio.

Tabla 5 Atenuación inducida por divisiones 201-204

Punto	Material	Pr (dB)	Atenuación (dB)
1	Muro	-37,53	7,53
2	Equipos lab.	-48,83	18,83
3	Muro	-37.2	7.2
4	Puerta	-34,03	4,03

Fuente: Bibliografía [2]

La potencia recibida en espacio libre, con una distancia entre antenas de 2m es -30 dB, éste valor es el que se compara con la potencia recibida media en cada uno de los puntos de prueba, para obtener la atenuación inducida por cada obstáculo.

Usando la misma metodología, se midió el muro que separa el salón 201 del 203 (pasillo – instrumentación). Estos datos se consignan en la tabla 6.

Tabla 6 Atenuación inducida por divisiones 201-203

Punto	Material	Pr (media)	Atenuación (dB)
1	muro	-37.5	7.5
2	puerta	-33.93	3.93

Fuente: Bibliografía [2]

Del mismo modo se midió el muro que divide el salón 204 del 205 (comunicaciones – digitales). Estos datos se consignan en la tabla 7

Tabla 7 Atenuación inducida por divisiones 204-205

Punto	material	Pr (media)	Atenuación (dB)
1	columna	-38.02	8.02
2	muro	-37,47	7,47

Fuente: Bibliografía [2]

La tabla 8 muestra los resultados obtenidos sobre el muro que divide el salón 205 del 206 (digitales – electrónica)

Tabla 8 Atenuación inducida por divisiones 205-206

Punto	material	Pr (media)	Atenuación (dB)
1	muro	-37.49	7.49
2	columna	-38.05	8.05

Fuente: Bibliografía [2]

Los valores de atenuación obtenidos para cada material se promediaron para obtener un valor definitivo, el cual es cargado en los modelos. Estos datos se presentan en la tabla 9

Tabla 9 Atenuación inducida por divisiones

material	atenuación (dB)
muro	7,50
puerta	3,98
columna	8.03
otros	2

Fuente: Bibliografía [2]

5.4 Medidas de Potencia

Se tomaron los datos generados en el proyecto ANALISIS DE PROPAGACION ELECTROMAGNETICA EN ESPACIOS CERRADOS HERRAMIENTA SOFTWARE EN MATLAB PARA PREDICCIÓN Y SIMULACION para el segundo piso del Edificio de Alta Tensión de la Universidad Industrial de Santander, el cual constituye un área aproximada de 18 x 36 m. Se transmitió una señal sinusoidal de 900 MHz a una potencia de 13dB con una antena Yagi, en este proyecto se tuvo en cuenta los datos del el primer piso.

Las perdidas inducidas por los conectores y los cables fueron medidas conectando directamente (alámbricamente) los equipos. Se transmitió a 13 dB y se recibió una potencia de 12.3 dB. De éste modo las pérdidas totales del sistema como tal entre Tx y Rx son de 1.4 dB.



Figura 24 Grilla de medidas (3•)

Fuente: Bibliografía [2]

6. DISEÑO DEL PROTOTIPO

6.1 PROCEDIMIENTO PARA EL PLANEAMIENTO DE RADIOFRECUENCIA DE UNA RED INALAMBRICA.

Plantilla tomada de manual de procedimientos de la norma de calidad ISO 9001 – 2000.

6.1.1 Propósito

Una metodología de este tipo sirve para obtener la descripción de las actividades que deben seguirse en la realización de las funciones de un manual de procedimientos o en su defecto unidades administrativas. Este manual incluye los pasos a seguir en el planeamiento y configuración de una red inalámbrica basado en una simulación tridimensional, además contiene información sobre las técnicas a seguir para el correcto desarrollo de todos los procedimientos.

6.1.2 Alcance

A nivel interno de cualquier empresa estos procedimientos serán aplicables en cualquier tipo de diseño o implementación de una red de tipo inalámbrico sujeto a una previa simulación, en ningún momento redes cableadas.

El alcance de estos procedimientos se extiende a los siguientes documentos:

- Procedimientos documentados.
- Instrucciones de trabajo.
- Planos constructivos.
- Especificaciones técnicas de la simulación.

6.1.3 Políticas de operación, normas y lineamientos

Los lineamientos para este tipo de estudios serán elaborados conforme a la normatividad presentada en el proyecto de grado, referente a mediciones, anchos de banda y frecuencias permitidas por el ministerio de comunicaciones.

Las normas de seguridad e integridad de cualquier tipo de dato o procedimiento, deberán ser emitidos por la empresa o institución interesada en aplicar este manual de conformidad con sus políticas internas.

La campaña de medición para la validación de la herramienta se llevara cabo de acuerdo a lo planteado en los anexos del proyecto referentes a mediciones y tomas de datos con antenas.

6.1.4 Descripción de los procedimientos

Responsabilidades

Las personas involucradas en las actividades y etapas de los procedimientos serán:

Delegado de la empresa o entidad interesada. (Ingeniero 1)

Encargado de definir junto con el ingeniero 2 el tipo de red y la topología más adecuada dependiendo de los resultados obtenidos en la simulación.

Configura la seguridad de la red con ayuda de los estudios y mediciones.

Realiza la cotización y compra de equipos.

Inspecciona la campaña de medición.

Administra la red una vez implementada.

Delegado de la entidad investigadora o desarrolladora. (Ingeniero 2)

Realiza las visitas de campo.

Monta los planos en archicad.

Realiza las mediciones.

Emite conceptos sobre las redes más convenientes.

Hace la simulación en base a los planos.

Caracteriza materiales según manual.

Realiza informes periódicos sobre tareas realizadas.

Efectúa la toma de datos en las campañas de medición.

Documenta las simulaciones.

Configura la seguridad de la red con ayuda de los estudios y mediciones.

6.1.4.1 Tabla 10 de secuencia de etapas

Secuencia de Etapas	Actividad	Responsable
1. Definición del tipo de red	Esta etapa comprende la identificación del tipo de red, es decir definir si es para manejo de archivos, correo, información de carácter corporativo con salida a Internet, Intranet o simplemente una red local LAN.	1, 2
2. Visita (si existe la edificación)	La visita se refiere a una observación de campo realizada por las dos partes para ubicar puntos neurálgicos de la estructura y tenerlos en cuenta en la simulación, en caso de no existir la edificación se remitirá a los planos.	1, 2
3. Topología recomendada	Después de recoger información referente al edificio y definir las características de la red, se recomienda una topología que se acomode a estas especificaciones.	2
4. Caracterización de materiales	Antes de montar el modelo en Archicad se define las características de los materiales más cuantiosos como pisos, paredes y ventanas, para tenerlos en cuenta en la configuración preliminar de los planos.	2
5. Construcción del edificio virtual en base a planos	Después de la visita a la edificación o en su defecto el estudio de los planos y además la caracterización de los materiales de los elementos más representativos de la edificación, se procede a desarrollar el modelo en Archicad.	2
6. Cargar el AP y desarrollar la	Análisis de resultados visuales - Ubicar puntos muertos - Ubicar puntos ciegos	2

simulación	Con el modelo desarrollado en 3D y la información recopilada en la vista se procede a cargar el AP (Archindoor) y observar el comportamiento de las ondas en el ambiente confinado, para encontrar la posición geográfica más adecuada para ubicarlo. Teniendo en cuenta la gama de colores (rojo = Intenso, azul= tenue) que presenta la herramienta se documentaran los puntos muertos y ciegos de la cobertura del AP, para su correspondiente medición.	
7.Realizar mediciones en puntos ciegos para evitar puertas traseras	Teniendo definidos los puntos muertos y los puntos ciegos se realiza una campaña de medición en estos puntos evitando mediciones innecesarias en toda la edificación ahorrando tiempo y dinero.	1, 2
8. Información para la revisión	La información de entrada para la revisión del sistema de calidad incluye: a) informes de auditorias y de acciones correctoras y preventivas. b) las informaciones recibidas de los clientes. c) resultados del desempeño de la cobertura y procesos de acceso ala red.	1, 2
9. Resultados de la revisión	Los resultados de la revisión incluyen acciones y decisiones sobre la optimización del sistema, la mejora de los productos y las necesidades de los recursos.	1, 2
10.Configuración de Seguridad	Según simulación, topología recomendada y medición se configura la red de acuerdo con la norma mas adecuada ver anexo.	1, 2
11.Implementación de la red	Se implementa la red	1
	TERMINA PROCEDIMIENTO	

6.1.4.2 Configuración de Seguridad

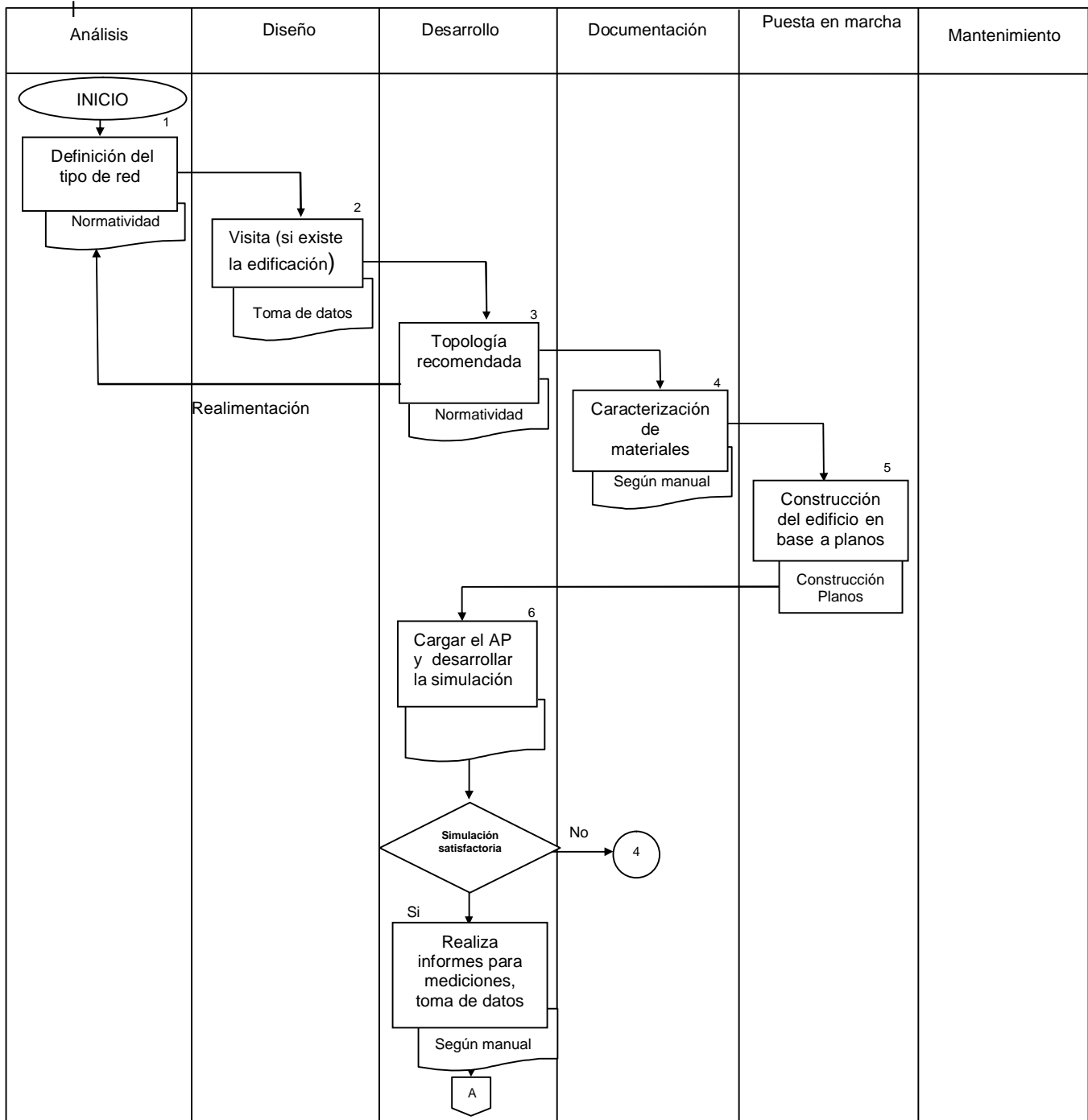
Ítems para mantener la integridad y seguridad de la red inalámbrica después de implementada

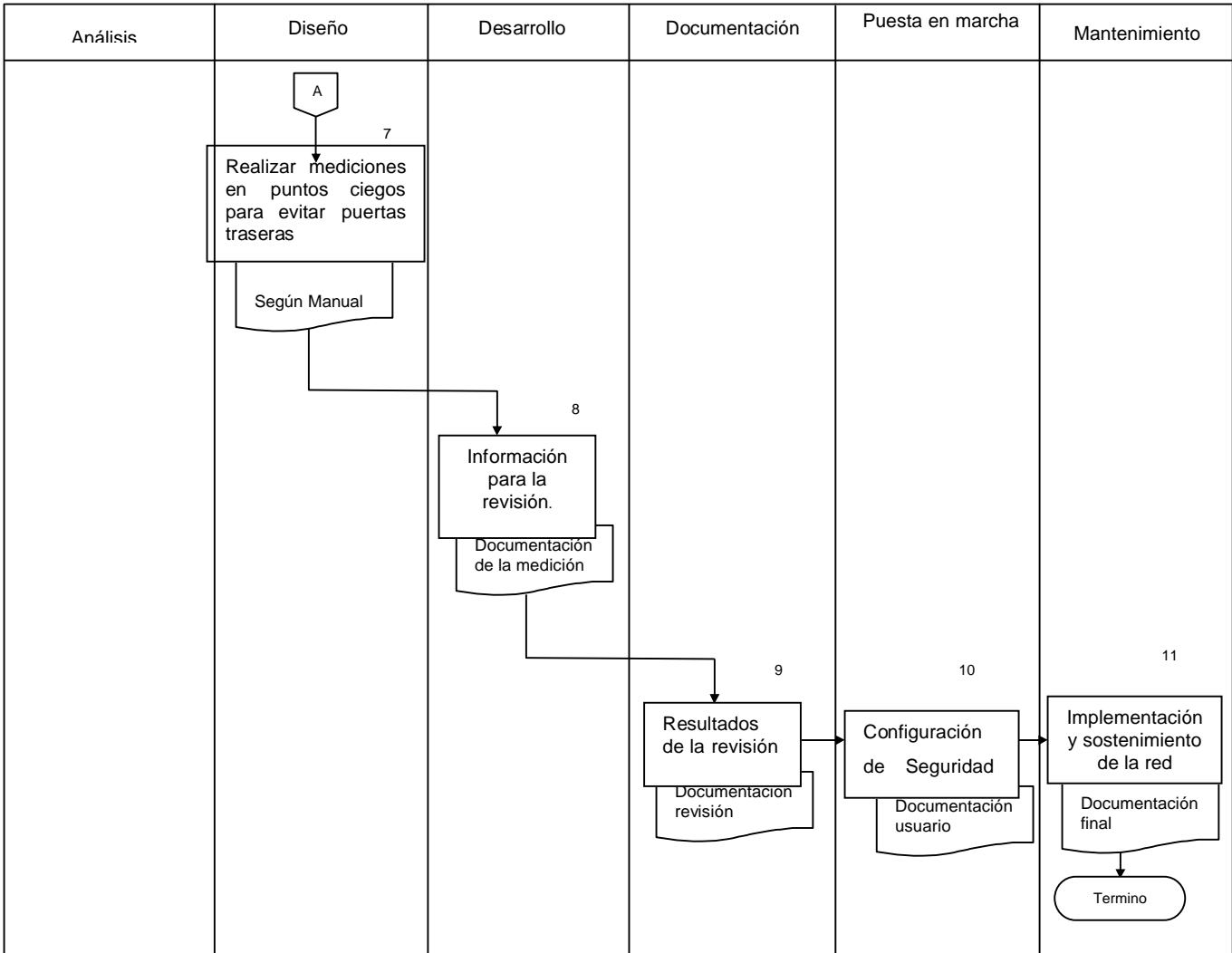
- a) Desconectar el AP cuando ninguno de los usuarios lo este accediendo.
- b) Al momento de configurar el SSID colocar un nombre que no sea relacionado con la organización.
- c) En la configuración del DHCP las direcciones IP no deben ser asignadas automáticamente.
- d) Cambiar la contraseña de forma periódica.
- e) Desactivar en la configuración del AP el BROADCASTING SSID.
- f) Activar el filtrado de direcciones MAC.
- g) Establecer el número máximo de dispositivos.
- h) Al igual que en el caso de las contraseñas cambiar las claves WEP regularmente.
- i) Utilizar la encriptación WEP⁴/WAP⁵ usando llaves de 64 y 128 bits.

⁴ Wired Equivalent Privacy

⁵ Wi-Fi Protected Access

6.2 Diagrama de Flujo





6.3 Prototipo de Herramienta ARCHINDOOR

La herramienta se desarrollo en el lenguaje GDL (lenguaje de geometría descriptiva), Archicad tiene una interfase especial para programar este tipo de técnica, por esta razón se utilizo directamente este programa y no otro motor grafico. El diseño de este programa requirió de conocimientos en programación con énfasis en motores gráficos, geometría descriptiva y analítica, además una capacitación en la herramienta Archicad 9.

El software permite realizar una simulación tridimensional de la propagación y cobertura de una señal electromagnética emitida por un AP en un ambiente confinado como un edificio o una bodega. El programa simula dicha onda por medio de esferas concéntricas de colores como se mostrará más adelante en la figura 52, partiendo de rojo como el mas intenso y con menor perdida de potencia hasta llegar a un azul claro que corresponde a la señal atenuada por la distancia y los objetos que se encuentra y sirven de obstáculos debilitando la señal hasta hacerla imperceptible por los dispositivos de medición.

6.3.1 Para Empezar

Además de los conocimientos sobre programación y lógica procedimental para atacar cualquier tipo de problema con referencia grafica, se debe tener en cuenta algunos conocimientos tales como geometría analítica y descriptiva, además de una buena percepción espacial. Lo más indicado es empezar con los objetos básicos como conos, esferas, cilindros, cajas, líneas, círculos y otros, sin querer abarcar muchos temas desde un principio.

Una de las reseñas mas importantes en el lenguaje GDL es el libro de David Nicholson Cole, ya que es el curso más popular para un nivel de inducción y también avanzado de programadores en GDL, las normas técnicas que ofrece Archicad para los diseñadores enfocados en la biblioteca de objetos es muy comprensible, pero extensa y hay que tener cuidado con la comprensión de todos y cada uno de los comandos para no caer en errores.

6.3.2 Analizar, fragmentar y simplificar

Sin importar lo complejo de cualquier tipo de objeto que se desee crear, lo más indicado es ir fragmentando el objeto deseado en objetos básicos de GDL como cubos, esferas, cilindros y después trasponerlos de la manera más indicada eliminando las partes que se intersecan hasta crear el objeto anhelado así:

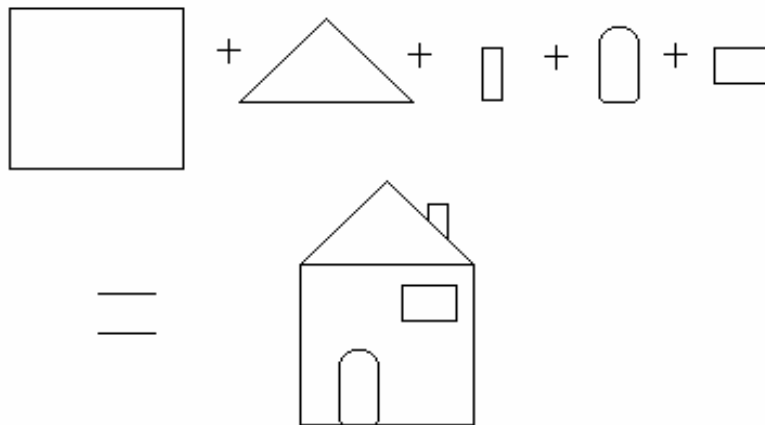


Figura 25

Fuente: autores

6.3.3 Elaboración de los objetos

Las librerías de GDLs poseen muchos objetos entre los cuales se puede contar con mobiliarios, electrodomésticos, elementos estructurales y otros, lo importante es saber que cada uno de estos tiene unas características especiales individuales, es decir, las puertas son de madera, los pisos son de concreto, las ventanas de vidrio y así sucesivamente, estas propiedades hacen que todo se modele de manera mas real, aunque las propiedades en algún momento determinado se pueden llegar a combinar para crear un objeto mas complejo; los cambios a los parámetros de cada uno de los elementos originales derivara en objetos similares pero con forma y dimensión un tanto cambiada como lo muestra la figura, mas adelante se creara un objeto desde cero para tener una idea mas clara sobre elaboración de cualquier tipo de elemento desde cero si plantilla alguna predefinida.

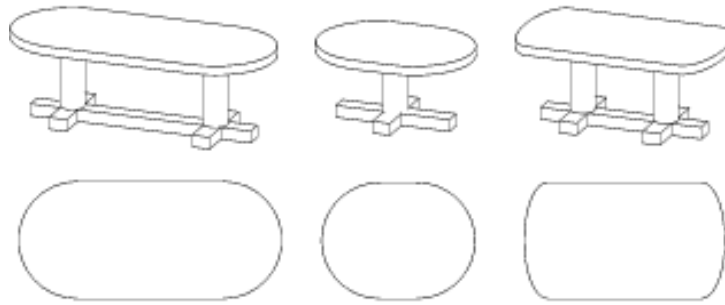


Figura 26

Fuente: autores

6.3.3.1 Entrada de datos

Presenta una interfaz amigable al usuario para modificar los datos y las variables, además se puede crear nuevos objetos muy eficaces que usan sólo unas pocas líneas de código, las entradas se realizan mediante una interfase amigable que esta totalmente parametrizada, la siguiente imagen muestra todas las posibles variables.

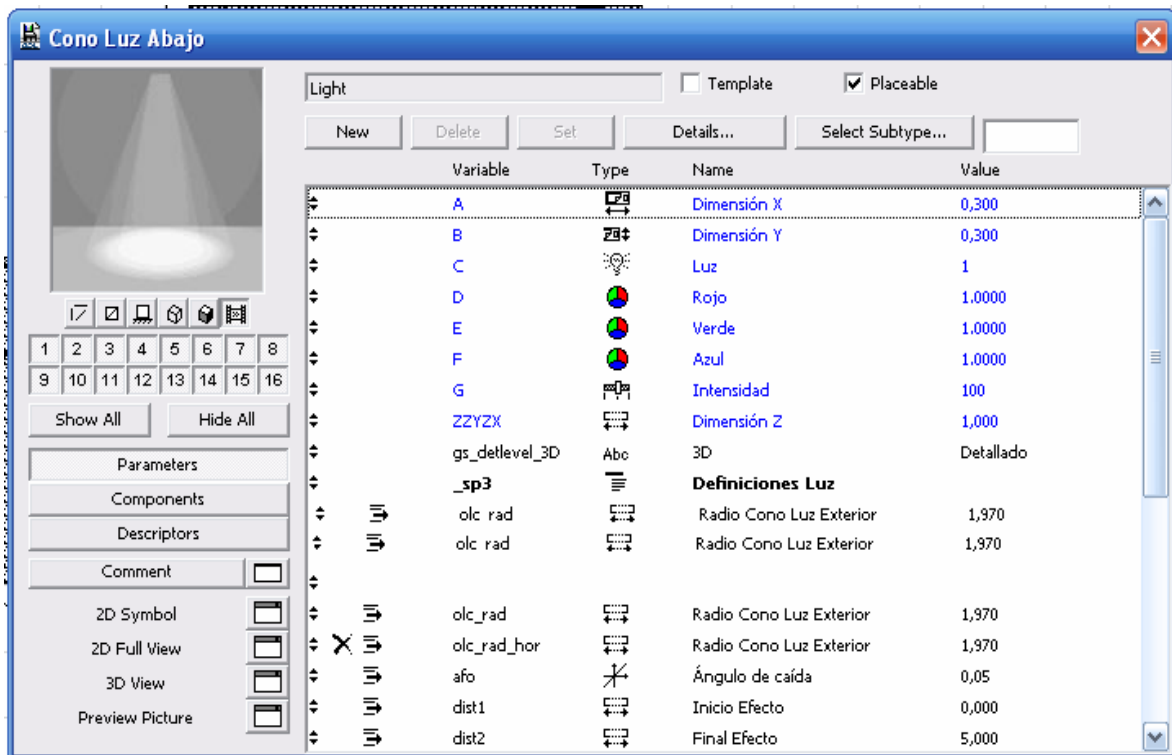


Figura 27

Fuente: Archicad 9

6.3.3.2 Las Formas simples

Son unidades geométricas básicas que hacen parte de una biblioteca un tanto mas compleja, además son los componentes mas pequeños para la construcción de un GDL de mayor envergadura, estos objetos se programan mediante ordenes de manera que una simple palabra clave define el tipo de forma y algunos valores numéricos o parámetros alfabéticos que definen sus dimensiones, el número de valores varía dependiendo de la forma y al principio se pueden omitir usando los parámetros preestablecidos.

Los comandos para crear los elementos más básicos son las siguientes:

En 3D:

BLOQUE à BLOCK (parámetros a,b,c)

Definición: BLOCK a,b,c

El bloque lado a (eje x), ancho b (eje y) y altura c (eje z).

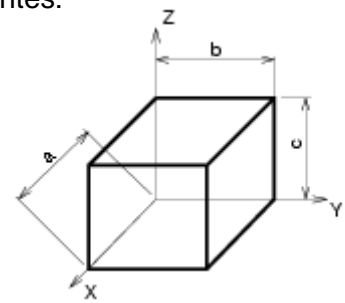


Figura 28

CILINDRO à CYLIND (parámetros h,r)

Definición: CYLIND h,r

El cilindro con respecto al eje z con una altura de h y un radio de r.

Si el h=0, un círculo se genera en el plano x-y.

Si el r=0, una línea se genera a lo largo del eje de z

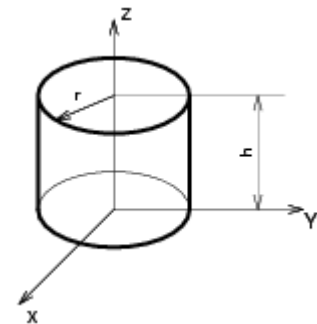


Figura 29

ESFERA à SPHERE (parámetros r)

Definición: SPHERE r

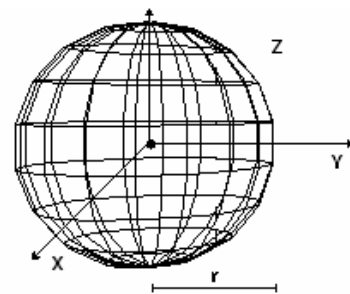


Figura 30

PRISMA à PRISM

Definición: PRISM n , h , $x_1, y_1, \dots, x_n, y_n, \dots$

El prisma esta en el plano x - y y su altura esta definida por la letra h a lo largo del eje z , también pueden usarse los valores de h negativos.

En 2D:

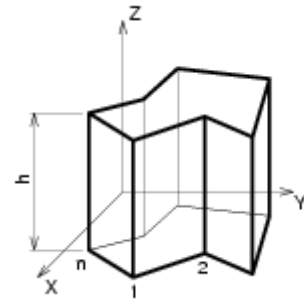


Figura 31

RECTANGULO à RECT (parámetros a, b)

Definición: RECT a, b

Son planos en x - y

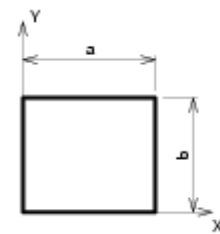


Figura 32

POLINOMIO à POLY (parámetros $n, x_1, y_1, \dots, x_n, y_n$)

Definición: POLY $n, x_1, y_1, \dots, x_n, y_n$,

Un polígono con n bordes en el plano x - y .

Las coordenadas de cada punto para n son $(x_i, y_i, 0)$.

La restricción de parámetros:

$n \geq 3$ para garantizar por lo menos un triángulo.

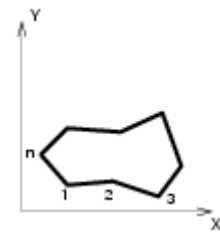


Figura 33

CIRCULO à CIRCLE (parámetros r)

Definición: CIRCLE r

Círculo de radio r .

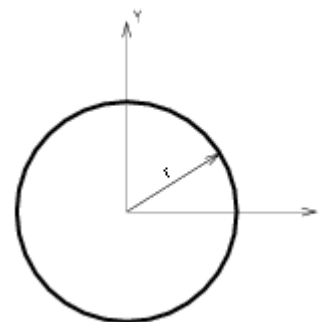


Figura 34

ARCO à ARC (parámetros r, alpha, beta)

Definición: ARC r, alpha, beta

Un arco o sector de circunferencia en el plano x-y con su centro al origen de alfa con un ángulo de beta y radio de r, el alfa y beta están en los grados

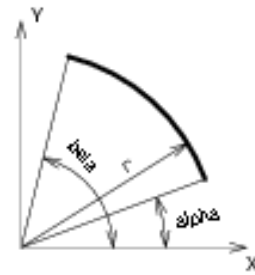


Figura 35

Las formas descritas anteriormente no son las únicas pero fueron las utilizadas en el desarrollo del prototipo para el análisis de radiopropagación.

- Transformación de coordenadas

Las transformaciones de coordenadas de cualquier tipo de elemento se llevan a cabo por medio de instrucciones sencillas en donde se puede lograr cambios en la posición, orientación y rotación con respecto a cualquiera de los ejes coordenados, en la siguiente figura se muestra un bloque con dimensiones $x = 1$, $y = 0,5$, $z = 0,5$, después con la instrucción ADD se desplaza el bloque 1.5 con respecto al eje x a continuación se rota 30 grados con respecto a Y con la función ROT, para terminar se escribe de nuevo la instrucción para la creación del mismo bloque del principio pero rotado con respecto a Y y desplazado 1.5 con respecto a X así:

```
BLOQK 1, 0.5, 0.5,  
ADDX 1.5  
ROTY 30  
BLOQK 1, 0.5, 0.5
```

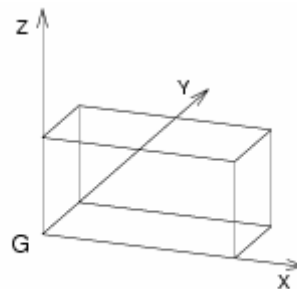


Figura 36

En conclusión las funciones de rotación y de desplazamiento para 3D respectivamente se denotan así:

ROT x, y, z ADD x, y, z

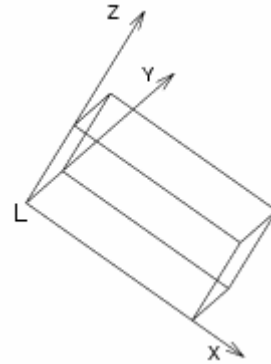


Figura 37

- Comandos de Transformaciones

ADD desplaza en el eje que acompaña la sentencia en este caso x "ADDX".

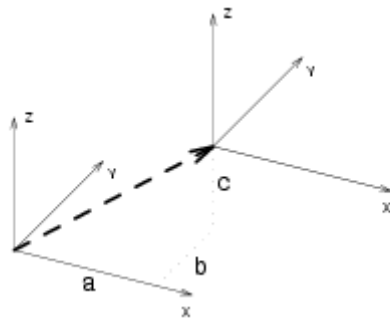


Figura 38

MULT multiplica la parte del objeto en el eje que se desee por un valor numérico.

```
PRISM 4, 1, 3, 0,
      3, 3, -3, 3,
      -3, 0
ADDZ -1
MUL 0.666667, 0.666667
PRISM 4, 1, 3, 0,
      3, 3, -3, 3,
      -3, 0
```

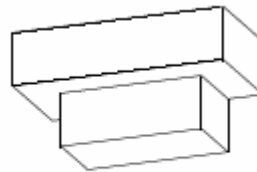


Figura 39

ROT rota el sistema con respecto a cualquier eje que se especifique al comienzo de la instrucción en sentido contrario a las agujas del reloj.

ROTX ROTY ROTZ

```
PRISM 4, 1, 3, 0,
      3, 3,-3, 3,
      -3, 0
```

ROTX 45

ADDZ 1.5

```
PRISM 4, 1, 3, 0,
      3, 3, -3, 3,
      -3, 0
```

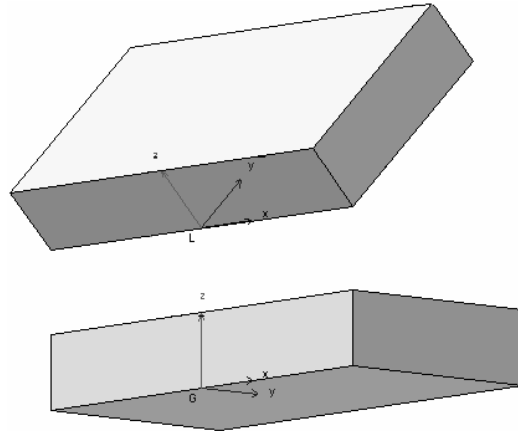


Figura 40

XFORM de manera similar al algebra este comando realiza transformaciones lineales, solo necesita la matriz característica de cada transformación y de manera fácil y rápida cambia la forma de cualquier objeto.

A=60

B=30

```
XFORM 2, COS(A), COS(B)*0.6, 0,
      0, SIN(A), SIN(B)*0.6, 0,
      0, 0, 1, 0
```

BLOCK 1, 1, 1

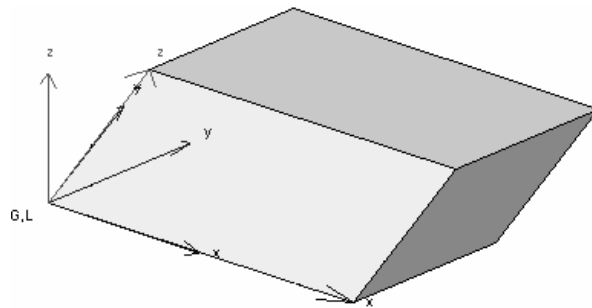


Figura 41

Uno de los objetos mas importantes de esta herramienta y que es uso exclusivo de Archicad es la luz, puesto que tiene características muy específicas y denota algunas propiedades físicas que manipuladas de manera correcta permiten modelar comportamientos electromagnéticos partiendo de la premisa que la luz es un espectro electromagnético.

6.3.3.3 Pasos para crear un objeto GDL

De manera fácil se hará una silla desde cero con las sentencias ya explicadas paso a paso. (Las unidades son adimensionales)

1) Lo primero es definir el color de la pluma a utilizar, para este caso utilizaremos para el color negro, también hay que especificar la resolución de la curvatura del polígono para la nitidez y acabado así:

```
PEN 1  
RESOL 12
```

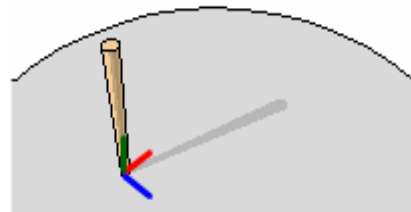


Figura 42 Fuente: Autores

Paso a seguir se creara la primera de las 4 patas de la silla, para este caso se utilizara un cono, además se tiene que definir el tipo de material por ejemplo aquí se utilizara una madera de pino brillante que ya esta cargado en las librerías con antelación así:

```
MATERIAL "Wood-Pine, Shiny"  
CONE 0.5, 0.015, 0.03, 90, 90
```

2) Para la segunda pata, simplemente se traslada la primera pata 0.45 en el eje x con la instrucción addx, el resto de las coordenadas y las dimensiones se dejan de la misma manera, todo nuevo objeto asume las propiedades del anterior.

```
ADDx 0.45  
CONE 0.5, 0.015, 0.03, 90, 90
```

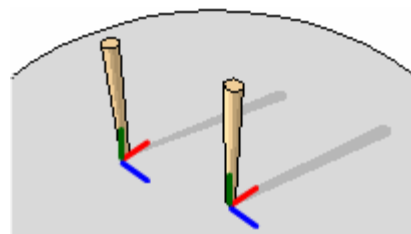


Figura 43 Fuente: Autores

- 3) De igual manera con la tercera pata pero en este caso se corre el cono en dirección del eje y 0.55.

ADDy 0.55
CONE 0.5, 0.015, 0.03, 90, 90

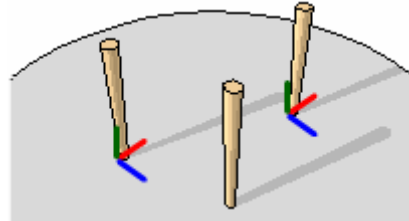


Figura 44 Fuente: Autores

- 4) Para terminar con las patas se coloca la ultima de las cuatro como se realizo con las otras tres trasladando el cono en dirección -0.45 x.

ADDx -0.45
CONE 0.5, 0.015, 0.03, 90, 90

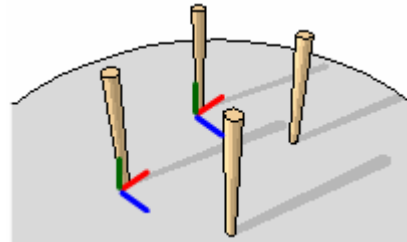


Figura 45 Fuente: Autores

- 5) En este paso se hará la parte de la base de la silla con un bloque de la madera utilizada en las patas desplazándolo 0.45 con respecto al eje z, de modo que el material no se cambiara por ahora, las dimensiones del bloque serán las siguientes:

ADDz 0.45
BLOCK 0.45, 0.55, 0.045

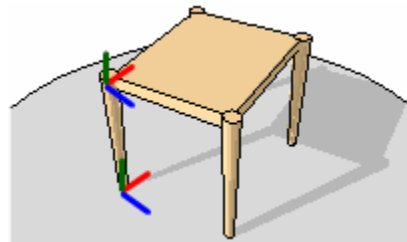


Figura 46 Fuente: Autores

6) Para darle un buen terminado a la silla se le cambia el material de recubrimiento del asiento con un acolchado, de manera que se cargara un recubrimiento de fábrica preestablecido.

MATERIAL "Surface-Fabric"
 ADD 0.025, 0.025, 0.045
 BLOCK 0.4, 0.5, 0.005

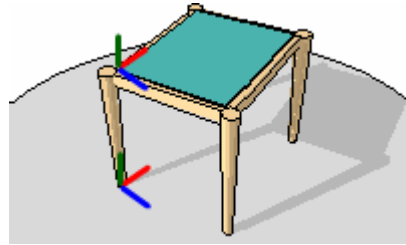


Figura 47 Fuente: Autores

7) Esta es la parte del espaldar, así que se cambia de nuevo el material por el pino que se utilizo en las patas, y se generan conos del mismo tipo desplazados sobre el eje z así:

MATERIAL "Wood-Pine, Shiny"
 ADD 0, 0.55, 0
 CONE 0.6, 0.03, 0.02, 90, 90

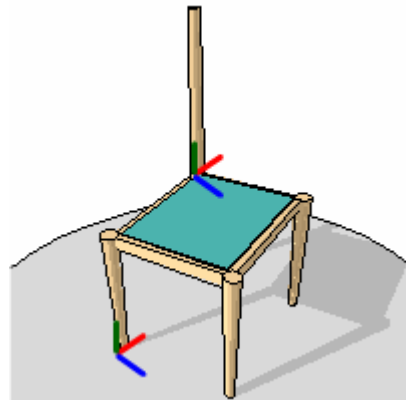


Figura 48 Fuente: Autores

8) Como se realizo con las patas, pero en este caso con la segunda biga del espaldar se dibuja un cono desplazado con respecto a x así:

ADDx 0.45
 CONE 0.6, 0.03, 0.02, 90, 90

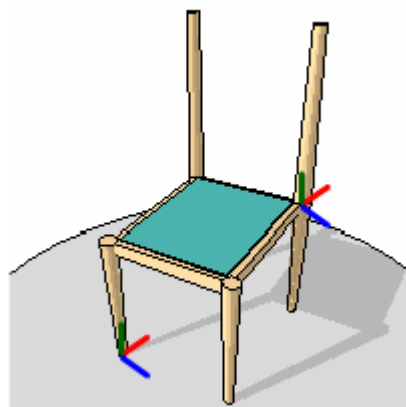


Figura 49 Fuente: Autores

- 9) La parte faltante es el cuerpo del espaldar con un bloque de madera así:

```
ADD -0.45, 0, 0.2
```

```
BLOCK 0.45, 0.025, 0.35
```

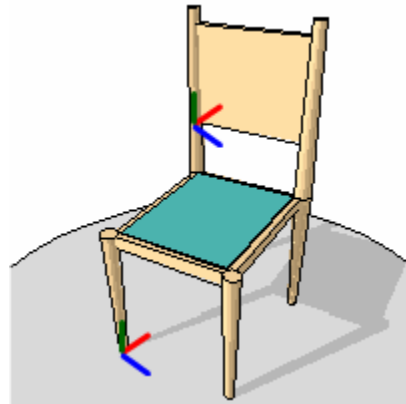


Figura 50 Fuente: Autores

- 10) Por ultimo se le da el terminado al espaldar de la silla con el material acolchado, de manera que se cambia por "Surface-Fabric" así:

```
MATERIAL "Surface-Fabric"
```

```
ADD 0, 0.01, 0.1
```

```
BLOCK 0.45, 0.01, 0.3
```

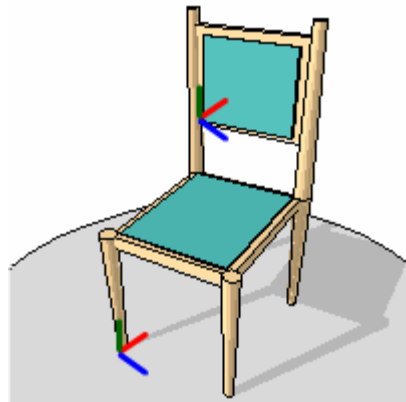


Figura 51 Fuente: Autores

- Todo el código utilizado en esta simple aplicación se muestra a continuación:

! Color de la pluma y resolución de los conos y los bloques

```
PEN 2
```

```
RESOL 12
```

! Material de la silla conos de las patas y bloques

```
MATERIAL "Wood-Pine, Shiny"
```

```
CONE 0.5, 0.015, 0.03, 90, 90
```

```
addx 0.45
```

```
cone 0.5, 0.015, 0.03, 90, 90
```

```
addy 0.55
```

CONE 0.5, 0.015, 0.03, 90, 90

addx -0.45

CONE 0.5, 0.015, 0.03, 90, 90

addz 0.45

addy -0.55

block 0.45, 0.55, 0.045

! Material del acolchado conos de las patas y bloques

material "Surface-Fabric"

add 0.025, 0.025, 0.045

block 0.4, 0.5, 0.005

! Material de la silla conos de las patas y bloques

material "Wood-Pine, Shiny"

add 0, 0.55, 0

cone 0.6, 0.03, 0.02, 90, 90

addx 0.45

cone 0.6, 0.03, 0.02, 90, 90

add -0.45, 0, 0.2

block 0.45, 0.025, 0.35

! Material del acolchado silla conos

material "Surface-Fabric"

add 0, 0.01, 0.1

block 0.45, 0.01, 0.3

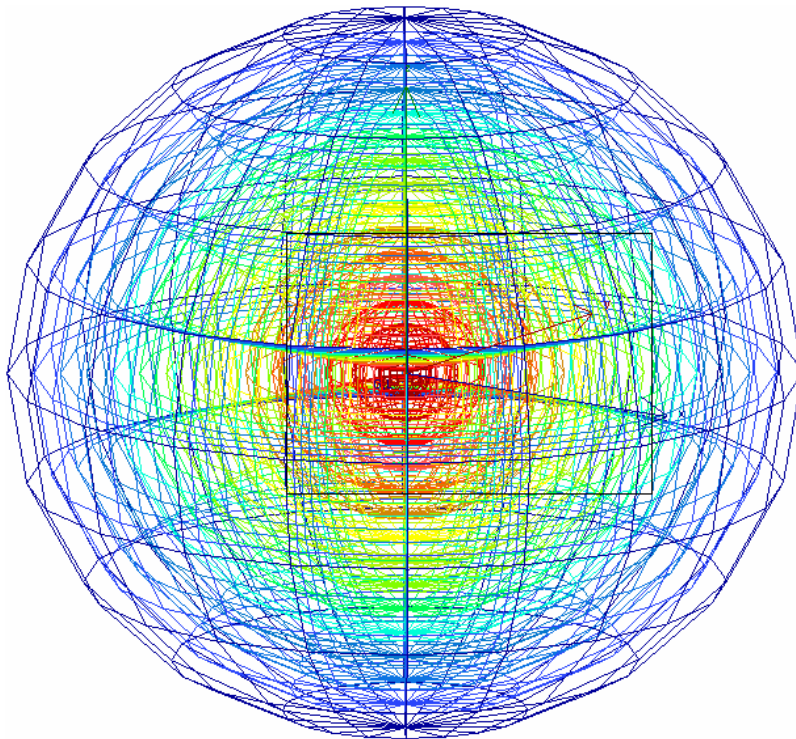
6.4 Generación del AP

Por medio de una función denominada hostpot se manipulo un objeto que se definió como luz con la forma predefinida de esferas concéntricas que se desvanecen de manera que cuanto mas alejadas de la fuente estén, su color se atenuara de un rojo oscuro a azul oscuro pasando por verde y amarillo, siendo estos dos primeros colores respectivamente los valores máximos y mínimos de la potencia. Los colores corresponden a un desvanecimiento de la señal de aproximadamente 1.05 dB.

Los hostpot son funciones utilizadas en GDL para manipular los eventos relacionados con todos los objetos al igual que en otros lenguajes de programación tales como Visual

Basic, Visual C++ se utilizan los eventos como onclick, dblclick, keydown, keypress, etc. Los eventos que manipula la función hotspot son relaciones entre los elementos de manera que no pierdan su integridad y se puedan combinar sin que pierdan sus propiedades, al momento de manipular la potencia de salida de la antena se configuro de tal manera que se pueda aumentar o disminuir según sea el caso, mediante una caja que recibe el parámetro o simplemente en el entorno grafico arrastrando uno de los puntos de referencia del AP.

Figura 52 Irradiación 3d de un AP⁶



Fuente: Archindoor

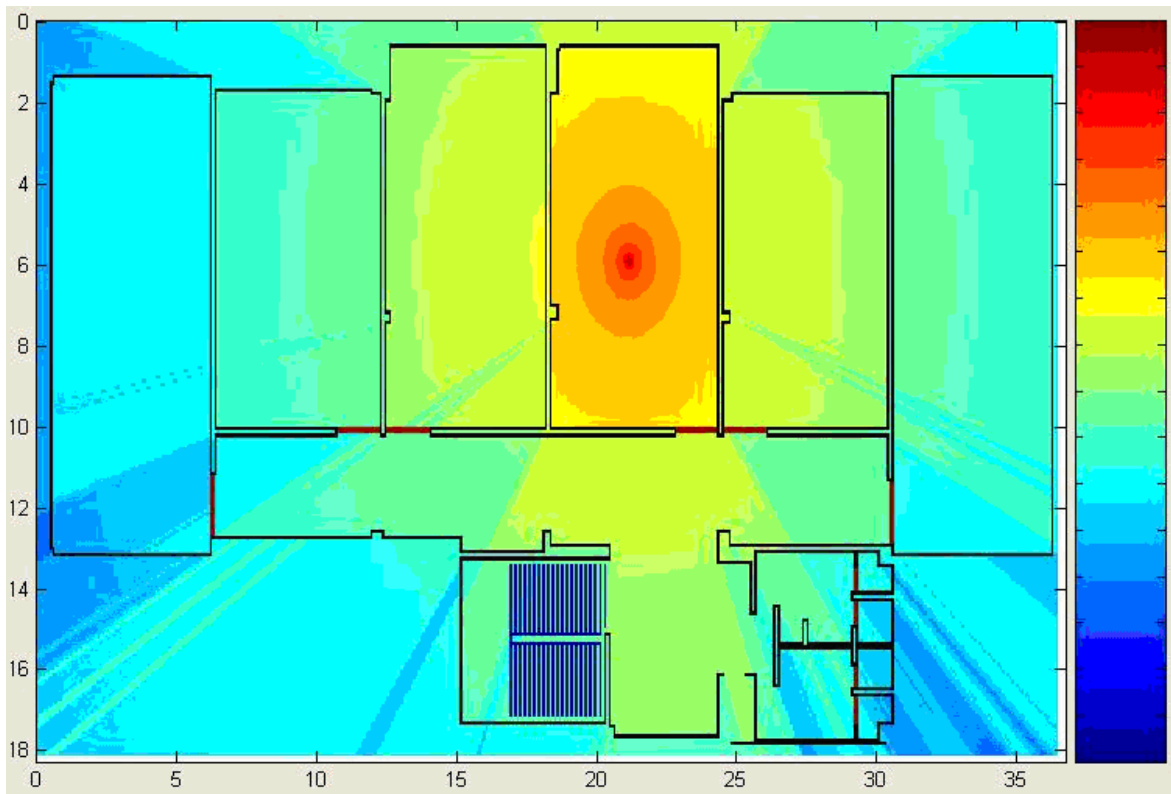
La programación se llevo a cabo, por medio de una sintaxis usada en GDL parecida al lenguaje QBasic, aunque las propiedades de Archindoor corresponden a una lámpara no quiere decir que los dos objetos sean iguales en cuanto a lógica y rutinas de programación se refiere.

En Archindoor se tuvo en cuenta la atenuación de la señal en función de la distancia recorrida por la onda con la degradación de colores como se realizo en el proyecto de

⁶ Access Point

grado “ANÁLISIS DE PROPAGACIÓN ELECTROMAGNÉTICA EN ESPACIOS CERRADOS” así:

Figura 53 Irradiación 2d del AP



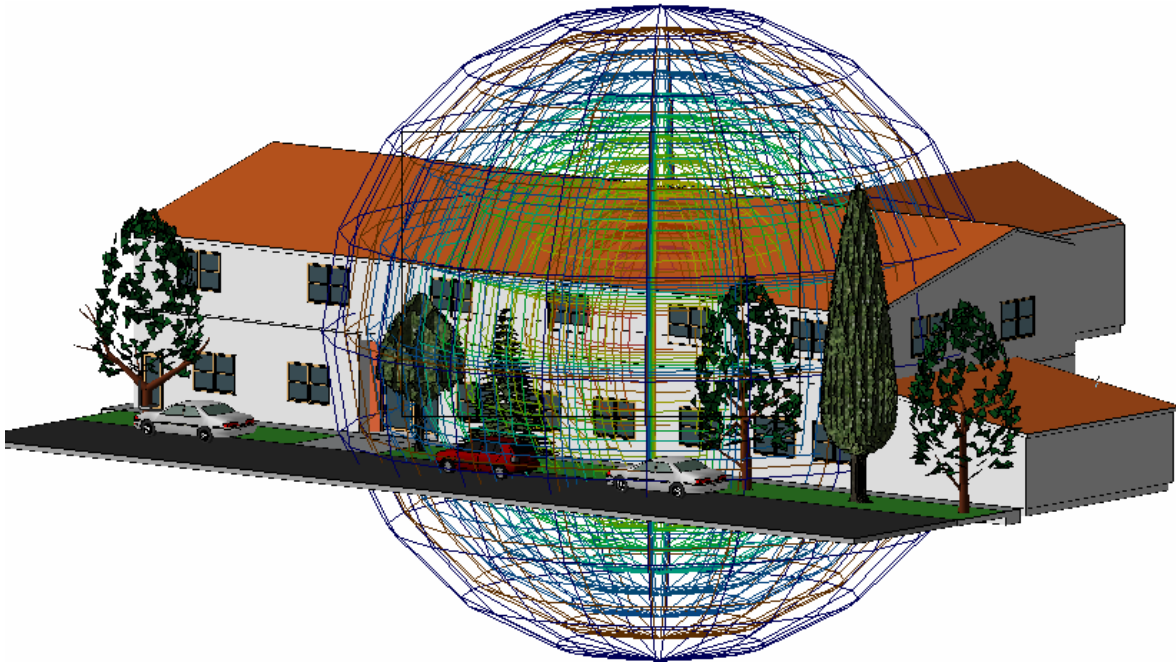
Fuente: Bibliografía [2]

En este proyecto se tuvieron en cuenta más modelos de propagación, pero se realizó todo orientado a planos es decir dos dimensiones y solo para el segundo piso del edificio 27 de alta tensión de Universidad Industrial de Santander.

Por otra parte en la simulación realizada por Archindoor se tienen en cuenta los dos pisos y la bodega de manera que se observa en que coordenadas exactas del edificio se propaga la señal; el proyecto de radiopropagación simulado con la herramienta Matlab mencionado anteriormente sirvió en la parte de los datos obtenidos por mediciones con la antena YAGY de 13 dB a 900 MHz, en las Figuras 55 y 56 se observan el primer y segundo piso en una vista con Archindoor similar a la de Matlab pero los planos salen separados y con el AP de la figura 54.

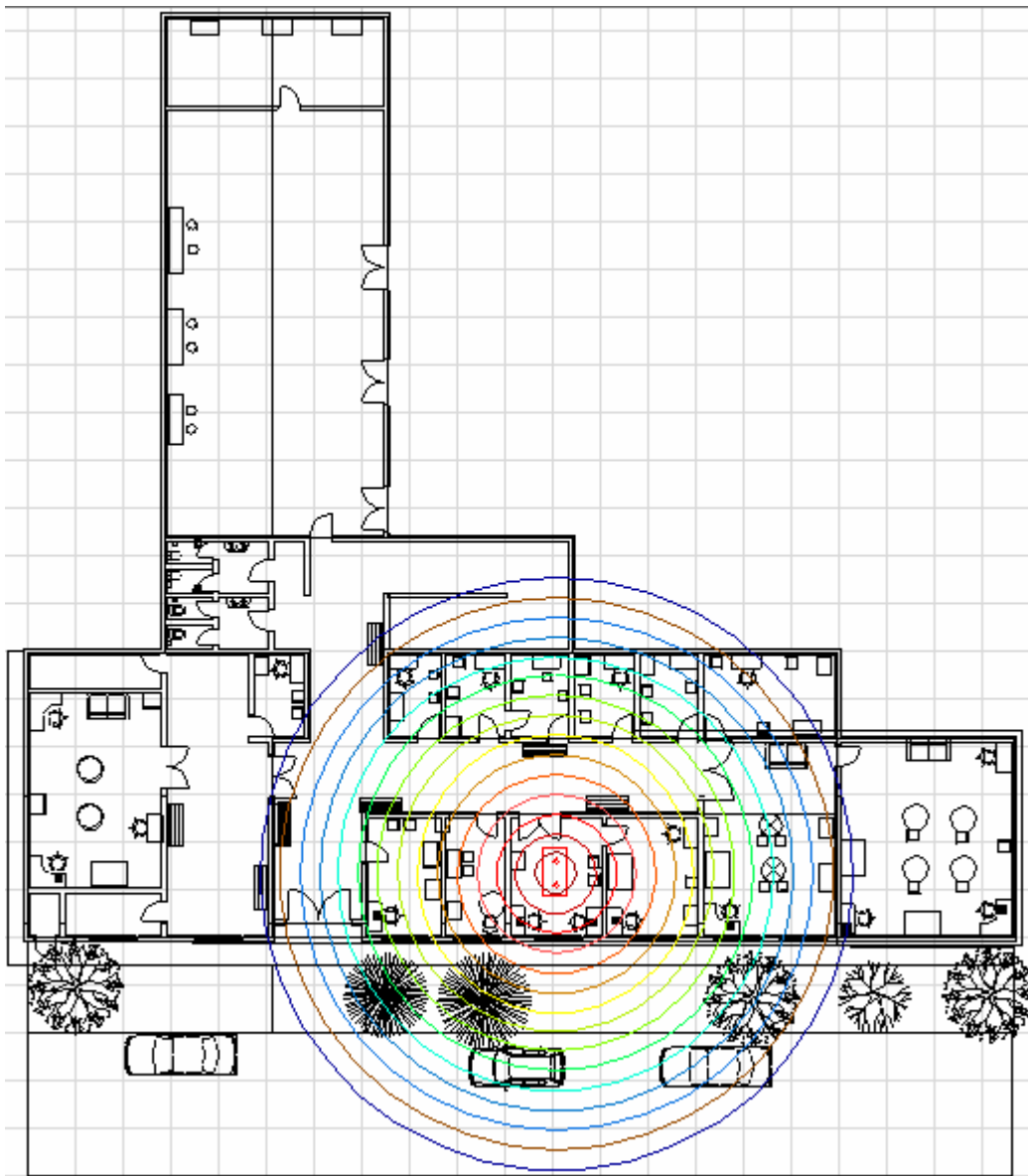
- Las simulaciones que se llevaron a cabo en el edificio generaron imágenes tanto fuera de la edificación como en su interior de esta manera así:

Figura 54 Vista panorámica de la irradiación de AP en el edificio



Fuente Archindoor

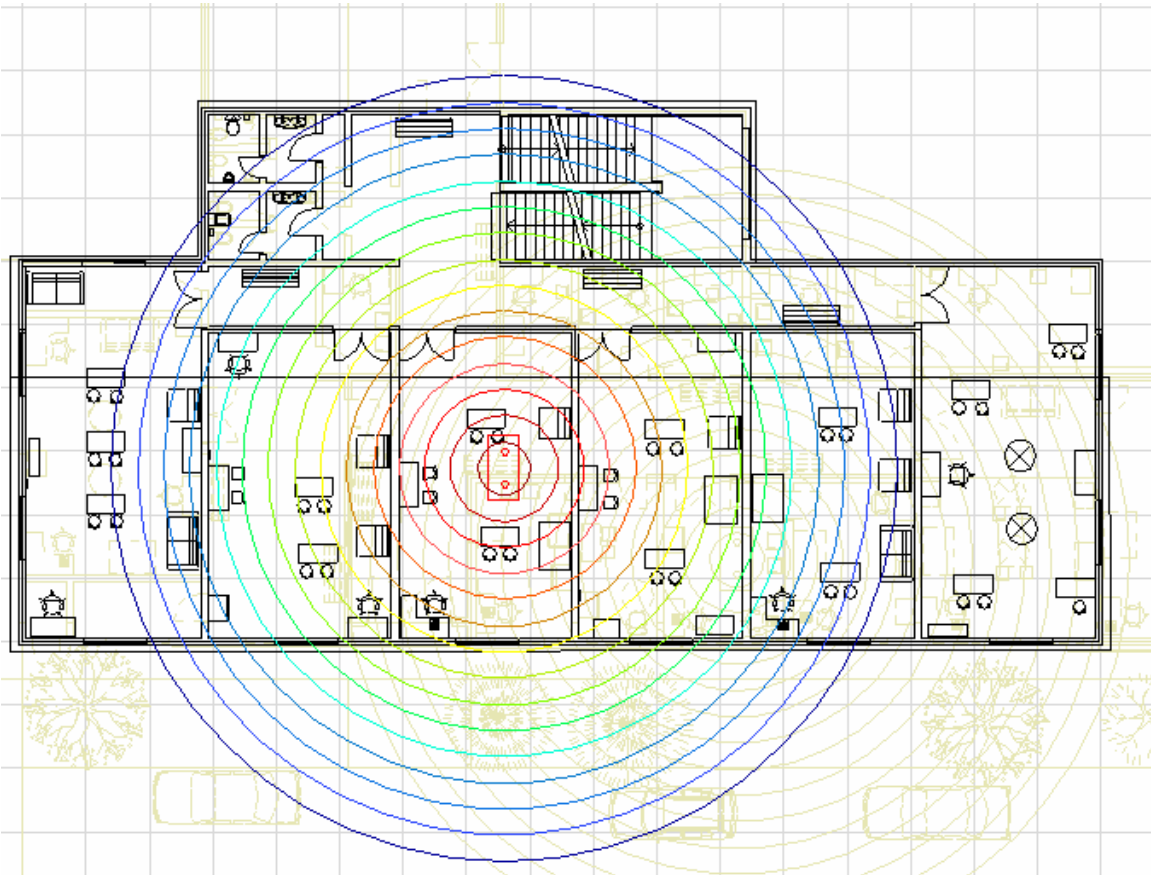
Figura 55 Irradiación AP primer piso



Fuente Archindoor

- El AP se ubicó en un sitio predefinido para observar los valores de interferencia y pérdida de potencia que se pueden corroborar con los datos obtenidos en el modelo desarrollado en Matlab (Ver Bibliografía [2]).

Figura 56 Irradiación AP segundo piso



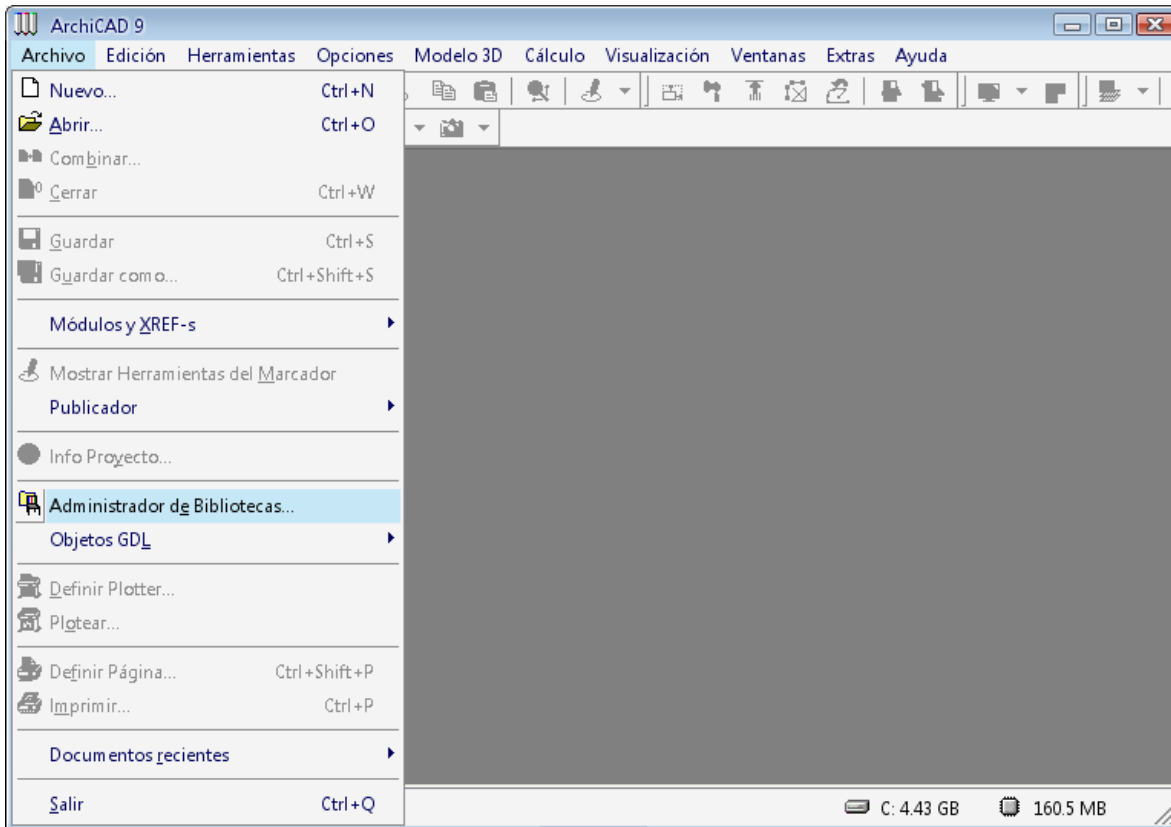
Fuente Archindoor

- La interfase se adecuó según los recursos que brinda Archicad para este tipo de GDLs para usuarios finales. El archivo de extensión gsm y nombre accespoint se carga en la librería de Archicad dándole la correspondiente ruta hasta la carpeta contenedora.

A continuación se muestran los pasos a seguir para cargar los planos del edificio virtual en Archicad, cómo se debe cargar y manipular el objeto AP y además se muestra cómo se realiza la simulación.

1. Abrir el administrador de bibliotecas

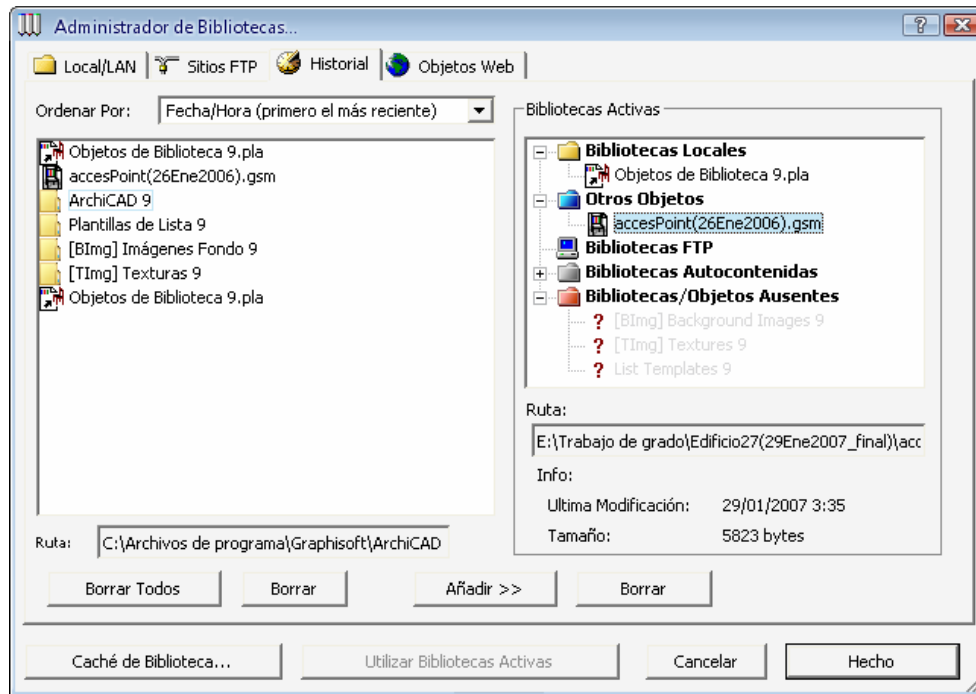
Figura 57 Abrir el administrador de bibliotecas



Fuente Archicad 9

2. cargar librería contenedora del AP, se selecciona el objeto llamado Acces Point y se hace click en hecho, de esta manera quedara cargado para su posterior utilización.

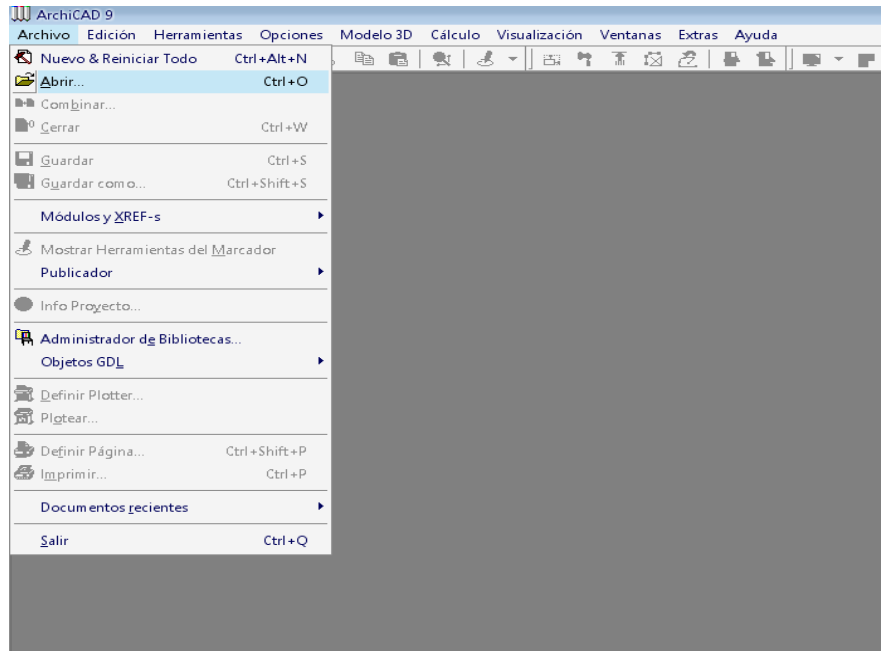
Figura 58 Administrador de Bibliotecas



Fuente Archicad 9

3. Cargar el plano, una vez cargado el archivo en la librería se debe cargar el plano de la edificación que debe estar previamente diseñado en Archicad así:

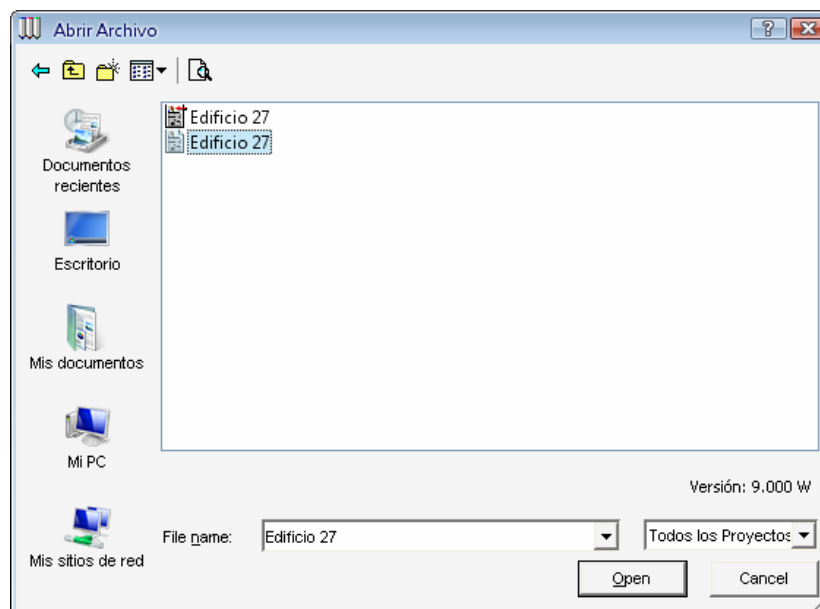
Figura 59 Abrir plano



Fuente: Archicad 9

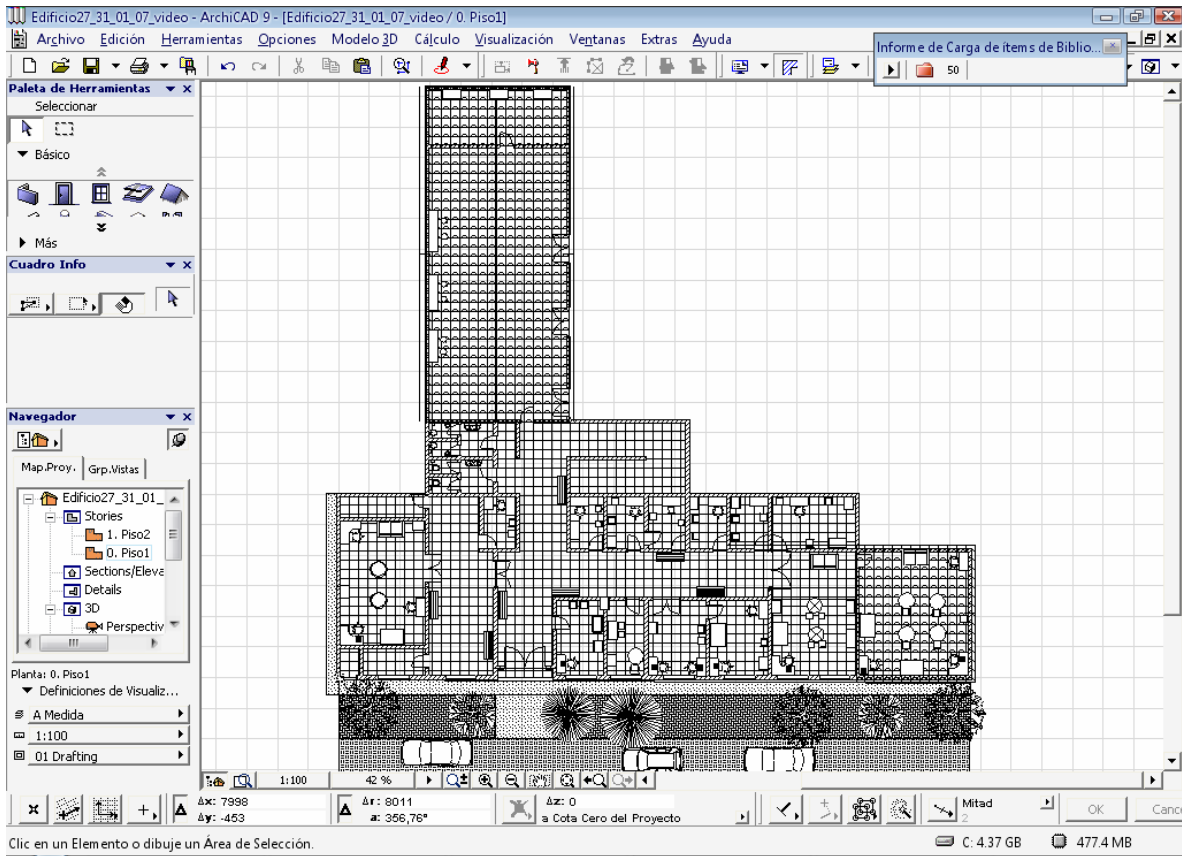
4. Se selecciona el plano correspondiente

Figura 60 Seleccionar plano



Fuente Archicad 9

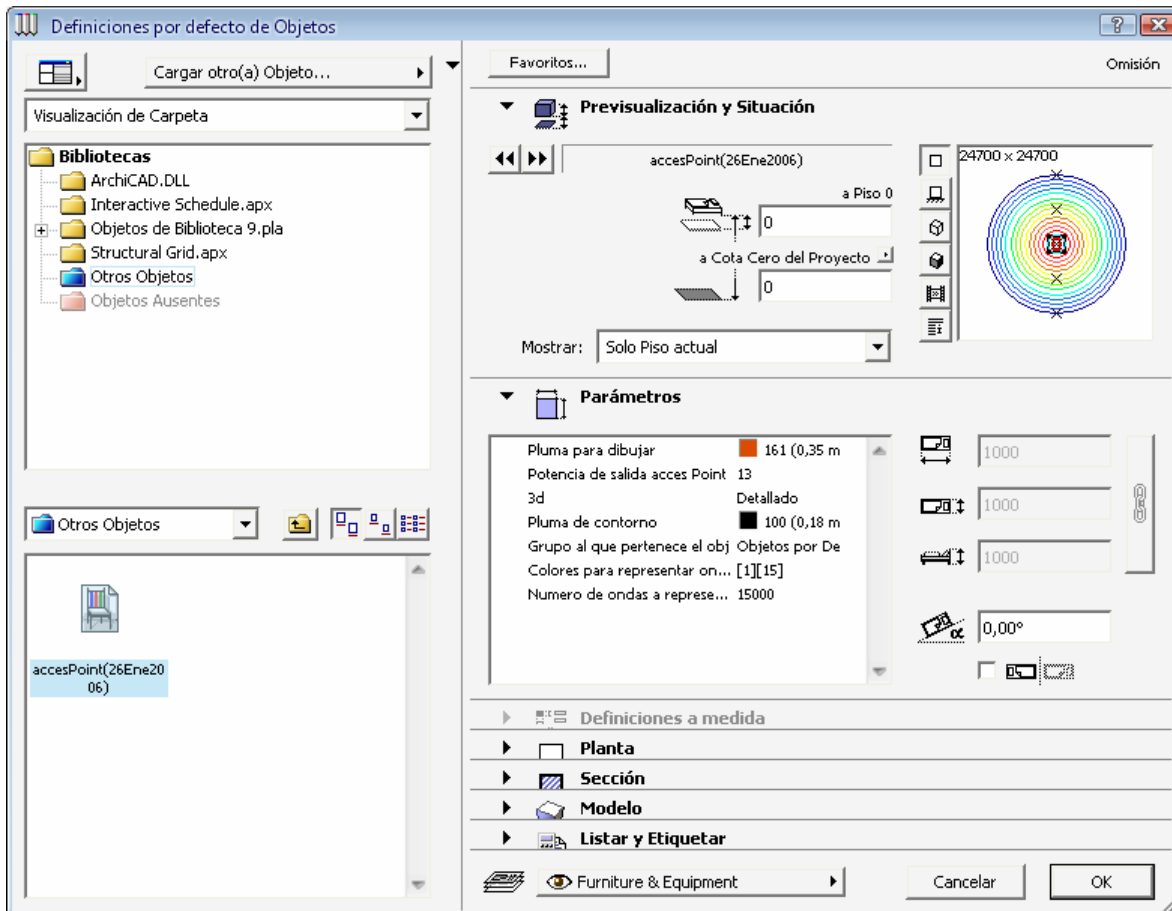
Figura 61 Plano cargado



Fuente Archicad 9

5. Se selecciona la herramienta objeto y se hace click en definición de herramienta, de esta manera se obtendrá el cuadro de dialogo en donde se carga el objeto accespoint.

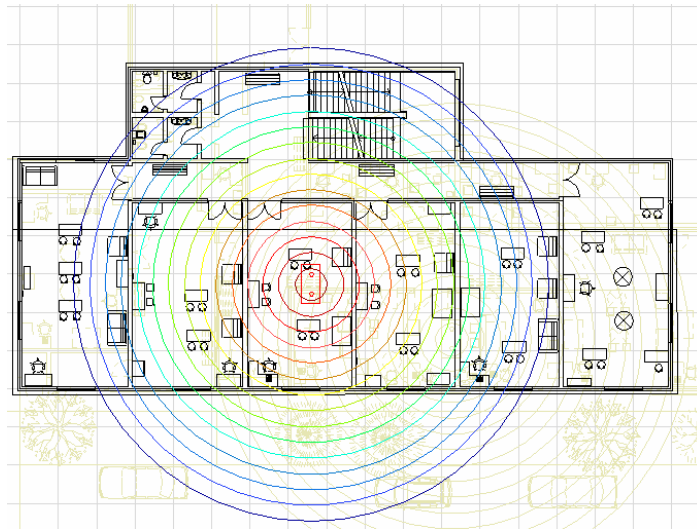
Figura 62 Administrador de Objetos



Fuente Archicad 9

5. Colocar el accespoint en cualquier lugar sobre el plano.

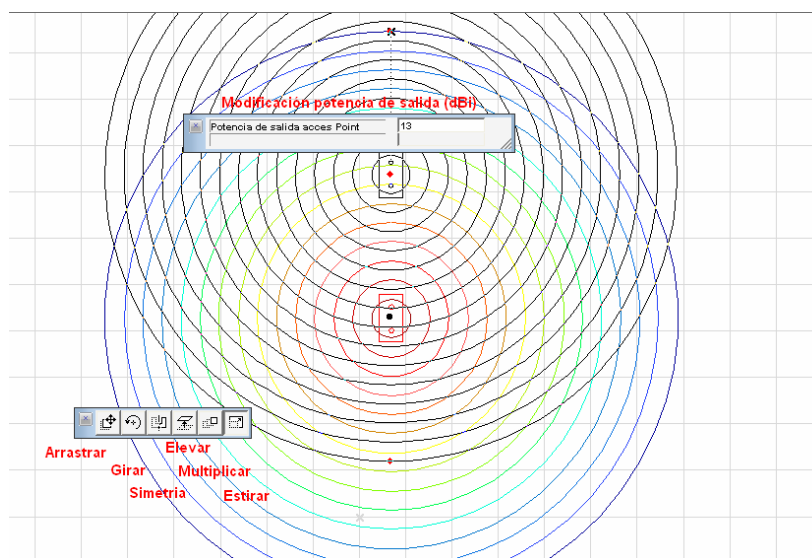
Figura 63 AP sobre el plano



Fuente Archindoor

Una vez cargado el objeto puede ser manipulado por el usuario cambiándole la posición, la potencia y el alcance en el área del plano y fuera de él, también se pueden ubicar varios AP en distintos lugares.

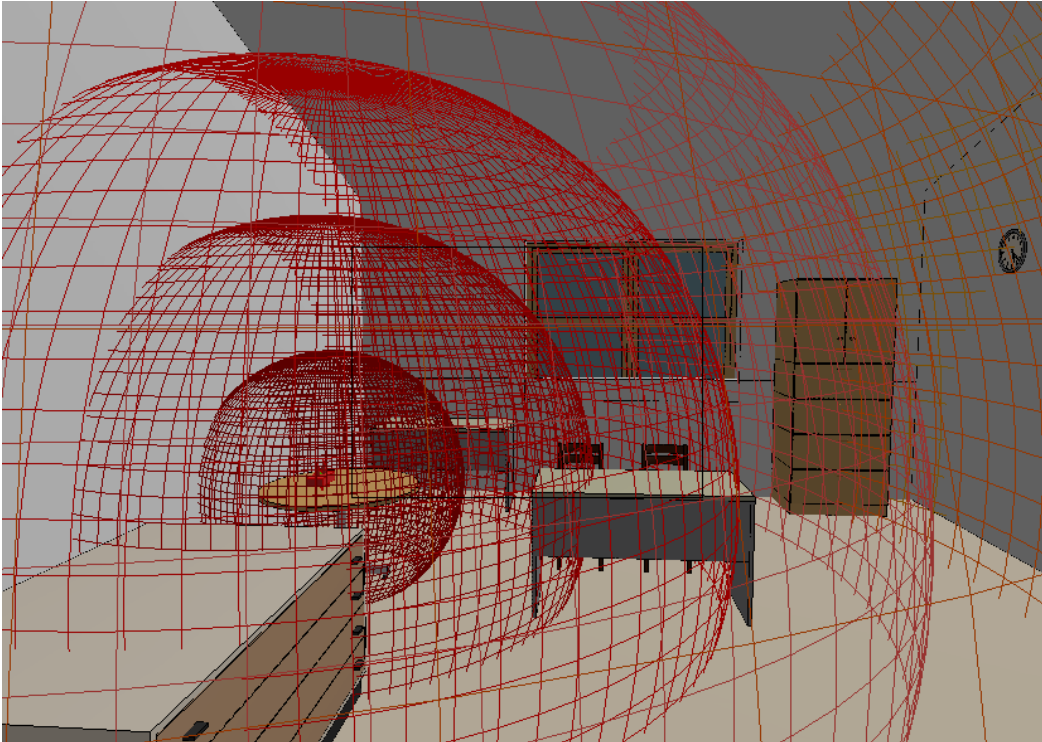
Figura 64 Parametrización de archindoor



Fuente Archindoor

- Las figura 65 muestra en detalle la simulación 3D dentro de la habitación del edificio donde se encuentra el AP, donde se puede interactuar con el objeto en tiempo real de simulación modificando su posición.

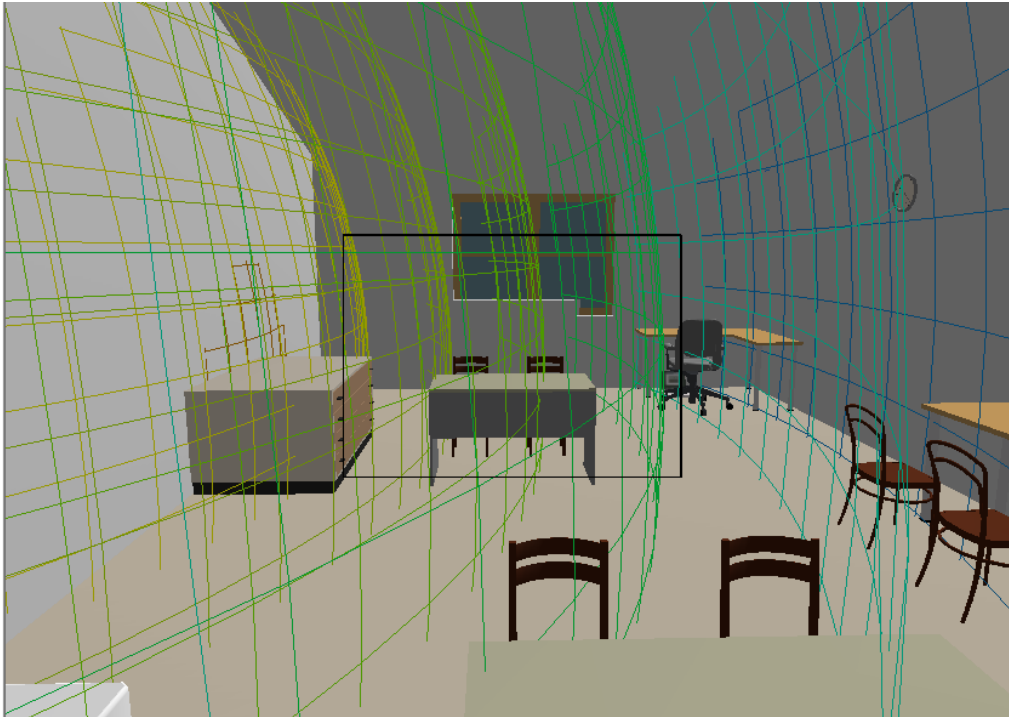
Figura 65 Vista de irradiación de AP en la habitación donde esta ubicado.



Fuente Archindoor

- La figura 66 muestra la irradiación en una habitación contigua al AP después de atravesar un muro y atenuarse por acción de este.

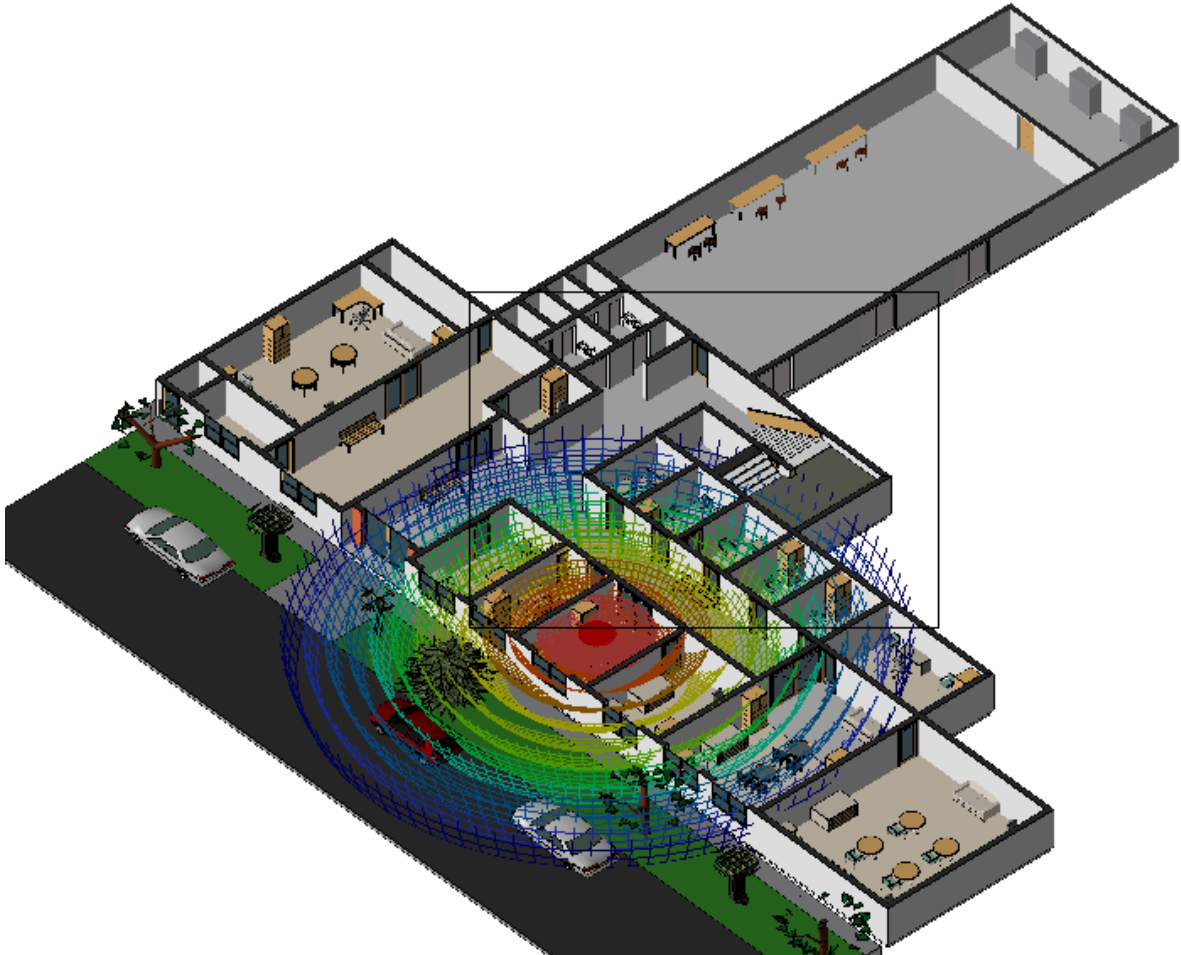
Figura 66 Vista de irradiación de AP en la habitación contigua



Fuente Archindoor

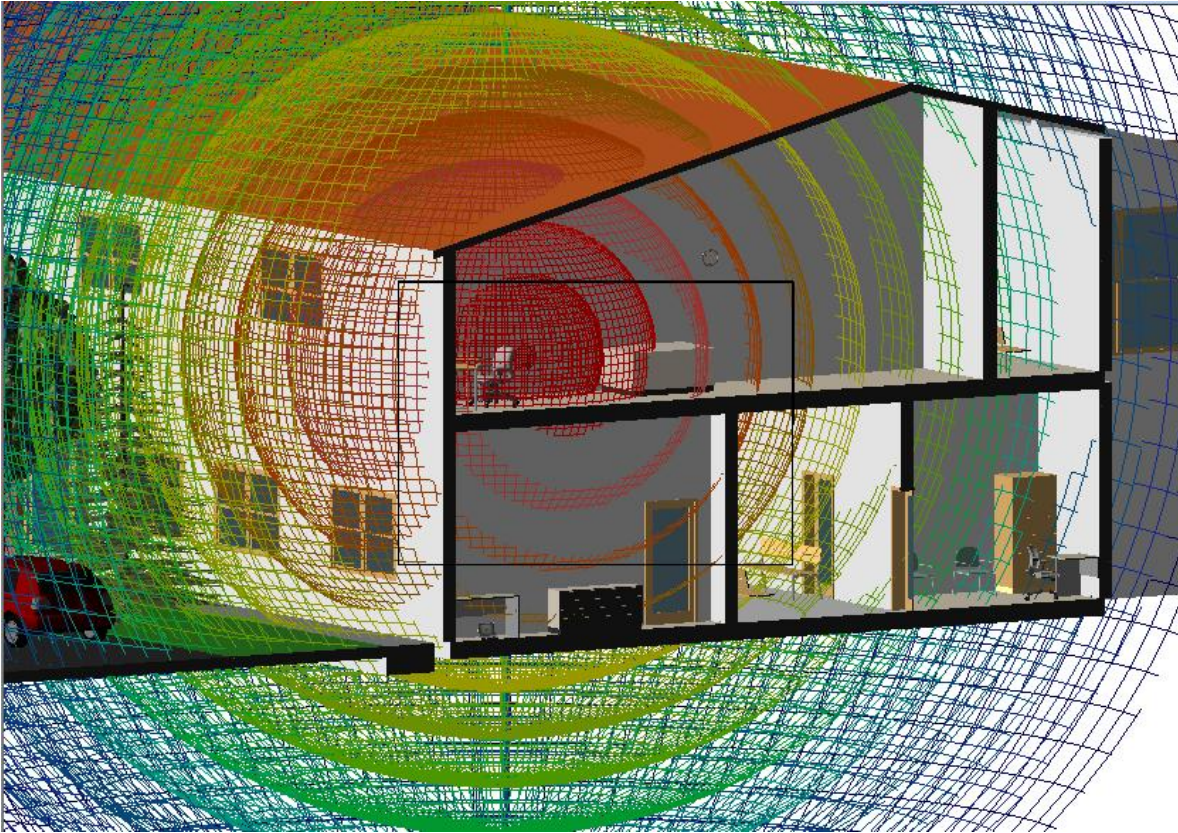
- Archicad ofrece la opción de seccionar los planos de manera que se pueda ver el interior de la edificación, en las figuras 67 y 68 se muestran cortes horizontales y transversales respectivamente del edificio, ofreciendo perspectivas del comportamiento de la onda en cada piso.

Figura 67 Corte horizontal



Fuente Archindoor

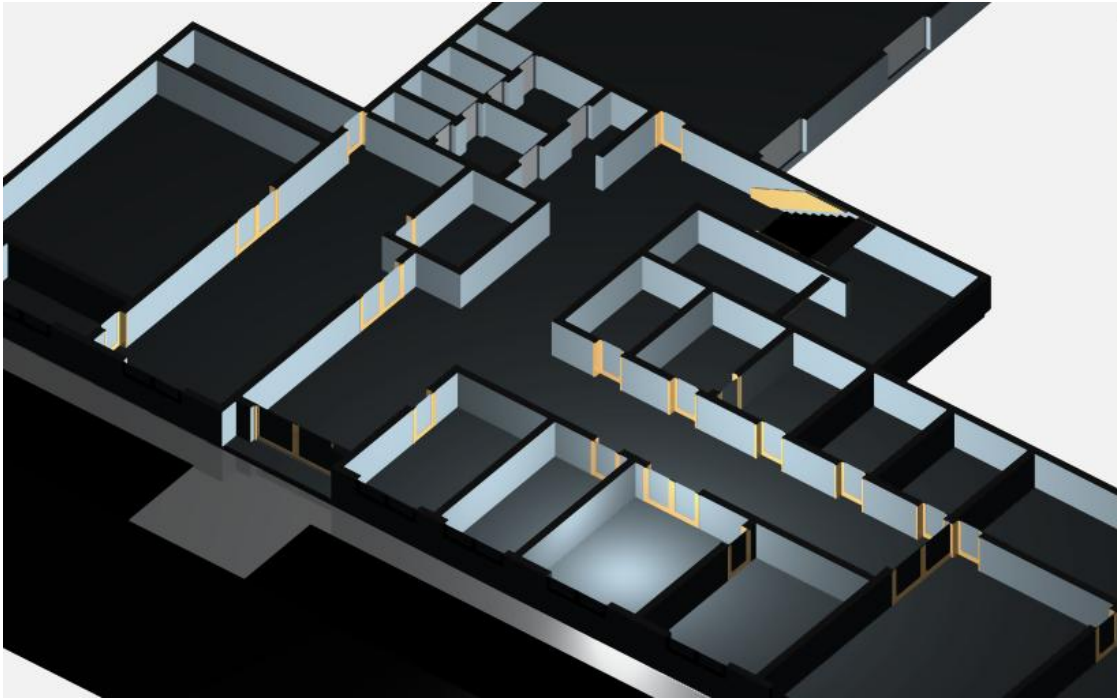
Figura 68 Corte transversal



Fuente Archindoor

- En el marco teórico del proyecto se hizo énfasis en el renderizado de los gráficos con la ayuda de Lightworks la figura 69 muestra en detalle la cobertura del AP para el primer piso, mostrando la pérdida de potencia del AP a medida que la señal se aleja de la antena emisora y encuentra obstáculos como paredes, ventanas y placas. La figura 70 muestra lo mismo para la zona del segundo piso.

Figura 69 Corte horizontal renderizado



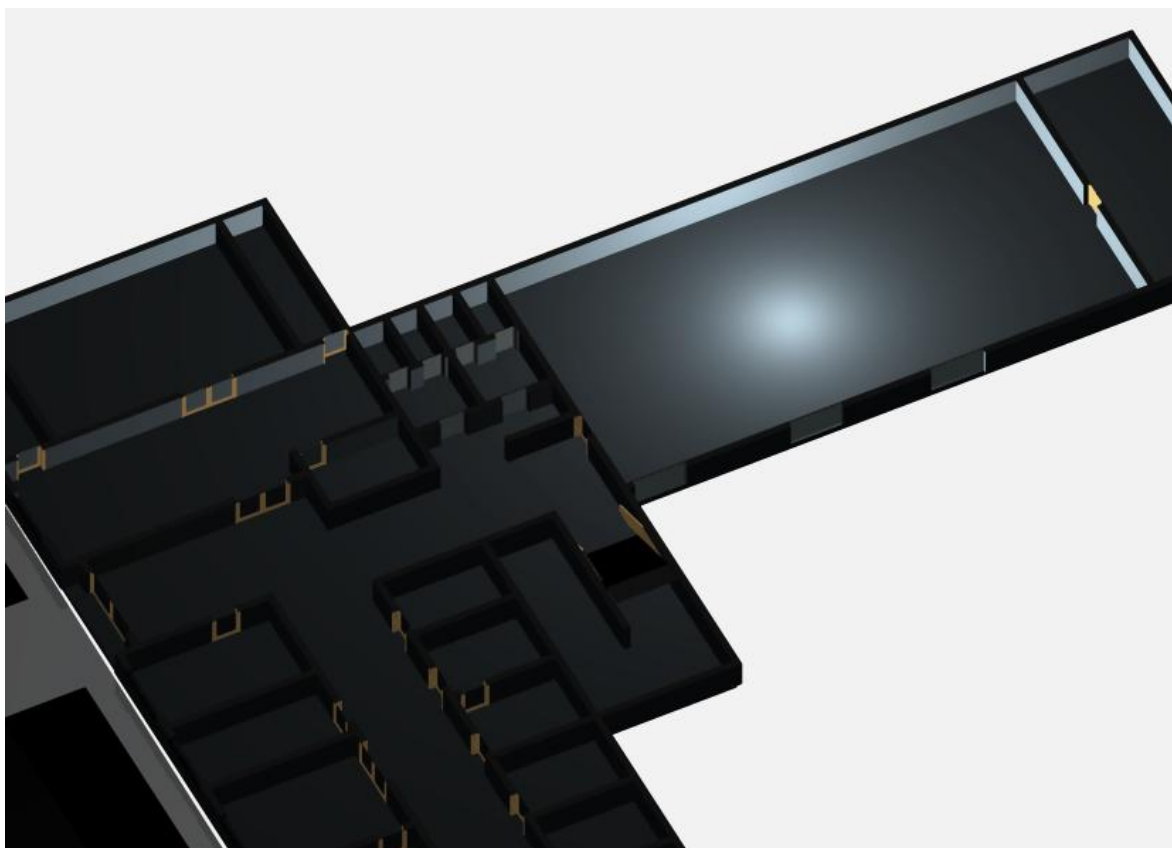
Fuente Archindoor

Figura 70 Corte transversal renderizado



Fuente Archindoor

Figura 71 Corte horizontal bodega renderizado



Fuente Archindoor

- El AP se ubico en la bodega del edificio para observar el comportamiento en un ambiente con menos obstáculos y se propaga mejor en el ambiente.

CONCLUSIONES

- Ø Se desarrolló una metodología práctica para la plantación de redes que utilizan radiofrecuencia, para evitar puertas traseras, puntos muertos e identificar puntos ciegos y evitar las engorrosas campañas de medición que generan gastos.
- Ø Se realizó un estudio minucioso de la lógica, sintaxis y viabilidad del lenguaje GDL orientado a 3D utilizado en Archicad para la creación de todo tipo de elementos fundamentales, en los que se basó la mayoría de las rutinas de programación.*
- Ø Se desarrolló el prototipo de herramienta software para simulación de radiopropagación Indoor en edificios utilizando Archicad, denominada Archindoor; esta herramienta se basó en el modelo “Ray Optical” debido a que es determinístico, es decir, simula el comportamiento físico de las ondas electromagnéticas, las cuales pueden tratarse igual que rayos ópticos, por esta razón este modelo fue el mejor en el momento del desarrollo.
- Ø Se caracterizaron diferentes tipos de materiales como muros, puertas, ventanas y pisos gracias a la interfase que ofrece Archicad para este tipo de configuración, haciendo que las ondas tengan un comportamiento más real y menos ideal en la simulación.
- Ø Las puertas, muros y pisos fueron los objetos que presentaron más perturbaciones en las señales atenuándolas y absorbiendo energía creando un fenómeno de multitrayecto y participando de manera constructiva y destructiva en el fenómeno de propagación.
- Ø Se desarrolló la primera herramienta orientada a gráficos en 3D de la escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Industrial de Santander abriendo un espacio para nuevos proyectos en el campo de la simulación con este tipo de tecnología
- Ø Archindoor ayuda en la plantación, diseño y configuración de redes de radiofrecuencia permitiendo tener una idea aproximada de cobertura y niveles de

potencia en un área específica y evitando tantas mediciones, desplazándolas a un ítem de la plantación de menor cuantía.

- Ø La herramienta se pensó para cargar planos de cualquier tipo de edificación y ubicar el AP en cualquier punto geográfico de la misma, de manera que se pueda modificar su posición con respecto a las tres coordenadas que maneja Archicad (X, Y y Z) en diferentes puntos del plano.
- Ø Archicad es una herramienta de tipo CAD que ofrece muchas ayudas en el campo de la simulación dentro de cualquier tipo de estructura, debido al modulo de programación GDL que permite crear objetos de cualquier tipo a voluntad del desarrollador.

RECOMENDACIONES

Con base en la investigación y los resultados obtenidos

De acuerdo a la experiencia obtenida con este trabajo y con miras a futuras investigaciones que mejoren la herramienta software desarrollada, se hacen las siguientes recomendaciones:

- 1 Cargar el AP en planos que presenten mayor grado de complejidad.
- 2 Desarrollar una aplicación más robusta que calcule la pérdida de potencia de la señal en cualquier punto de la edificación.
- 3 Estudiar el comportamiento de las señales solapas entre pisos y analizar esta intersección en el momento de acceder a la red, para medir el grado de conectividad en cualquier punto del edificio.
- 4 Acceder bases de datos por medio de Mysql para tener más información sobre las propiedades de los materiales y hacer la herramienta más confiable.
- 5 Adquirir licencias de software especializado en programación orientada a 3D.
- 6 Desarrollar avatares en los desarrollos posteriores.
- 7 Adquirir bibliografía sobre programación en GDL, en especial del autor David Nicholson.
- 8 Implementar otros modelos de propagación en los cuales se pueda simular más fenómenos de tipo electromagnético.
- 9 Desarrollar mas proyectos interdisciplinarios entre escuelas de ingeniería de Sistemas e Informática y Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones para la formación integral de los futuros ingenieros.

10 Desarrollar la red inalámbrica de la escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, puesto que debe ser precursora en este tipo de tecnologías teniendo en cuenta que son campos del conocimiento y la tecnología que le competen de manera directa.

ANEXOS

ANEXO 1 DATOS PARA PATRON DE RADIACION DE ANTENA YAGI

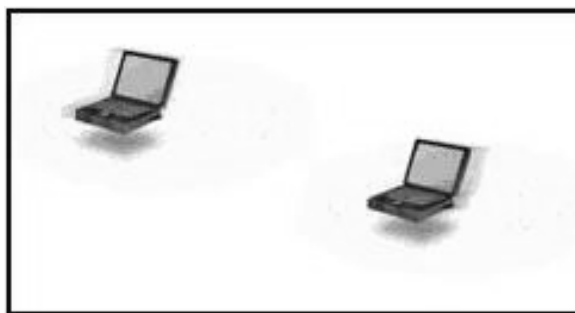
ángulo	Potencia recibida			Pr (promedio)
	dato 1	dato 2	dato 3	
0	-43,7	-43,8	-44	-43,8
11,25	-45	-46,7	-46	-45,9
22,5	-49,2	-48	-49	-48,7
33,75	-48,7	-51	-50	-49,9
45	-60,5	-59,7	-60	-60,1
56,25	-63,5	-61,2	-62,9	-62,5
67,5	-51,2	-51,2	-51,4	-51,3
78,75	-53,5	-53,2	-50,9	-52,5
90	-62,4	-60,4	-61,2	-61,3
101,25	-80	-80	-80	-80
112,5	-80	-80	-80	-80
123,75	-80	-80	-80	-80
135	-55	-54,8	-50,7	-53,5
146,25	-51,5	-52	-53	-52,2
157,5	-50	-52	-49,8	-50,6
168,75	-56	-54	-55	-55,0
180	-64	-64,8	-65	-64,6
191,25	-56	-54	-55	-55,0
202,5	-50	-52	-49,8	-50,6
213,75	-51,5	-52	-53	-52,2
225	-55	-54,8	-50,7	-53,5
236,25	-80	-80	-80	-80,0
247,5	-80	-80	-80	-80,0
258,75	-80	-80	-80	-80,0
270	-62,4	-60,4	-61,2	-61,3
281,25	-53,5	-53,2	-50,9	-52,5
292,5	-51,1	-51,5	-53,5	-52,0
303,75	-63,5	-61,2	-62,9	-62,5
315	-60,7	-59,6	-52,4	-57,6
326,25	-48,7	-51	-50	-49,9
337,5	-49	-49,2	-49	-49,1
348,75	-45	-46,7	-46	-45,9
360	-43,7	-43,8	-44	-43,8

ANEXO 2 TOPOLOGIAS DE REDES INALAMBRICAS

Se encuentran dos tipos de topología una es la red Ad-Hoc y la otra es el tipo de red modo infraestructura.

Fuente: todas las topologías salieron del Instituto Nacional de estadística e informática. Colección informática fácil Redes Inalámbricas Wireless, España 2004

1 Topología Modo ad-hoc



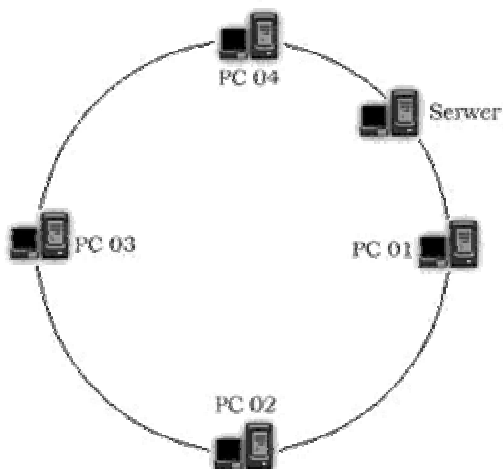
Una red Ad-hoc es una red simple donde se establecen comunicaciones entre las múltiples estaciones en un área de cobertura dada sin el uso de un punto de acceso o servidor. La norma específica exige que cada estación deba observar en línea de vista a las demás y entre ellas de igual manera para que todas tengan un acceso justo a los medios de comunicación inalámbricos, que cada equipo tiene, este tipo de topología proporciona métodos de petición de arbitraje para utilizar el medio y asegurarse que el rendimiento se maximiza para todos los usuarios del conjunto.

2 Topología cliente servidor



Las redes cliente-servidor utilizan un punto de acceso que controla la asignación del tiempo de transmisión para todas las estaciones y permite que estaciones móviles deambulen por la columna vertebral de la red cliente-servidor. El punto de acceso se usa para manejar el tráfico desde la radio móvil hasta las redes cliente-servidor cableado o inalámbrico. Esta configuración permite coordinación puntual de todas las estaciones en el área de servicios base y asegura un manejo apropiado del tráfico de datos, asimismo el punto de acceso dirige datos entre las estaciones y otras estaciones inalámbricas y/o el servidor de la red. Típicamente las WLAN controladas por un punto de acceso central proporcionará un rendimiento mucho mayor.

3 Topología de la WLAN



Pueden ser simples o complejas, la más básica se da entre dos ordenadores equipados con tarjetas adaptadoras para WLAN, de modo que pueden poner en funcionamiento una red independiente siempre que estén dentro del área que cubre cada uno se denomina red de igual a igual.

Cada cliente tendría únicamente acceso a los recursos de otro cliente pero no a un servidor central. Este tipo de redes no requiere administración o preconfiguración. Instalando un Punto de Acceso (accesspoint) se puede doblar el rango al cuál los dispositivos pueden comunicarse, pues actúan como repetidores. Desde que el punto de acceso se conecta a la red cableada cualquier cliente tiene acceso a los recursos del servidor y además actúan como mediadores en el tráfico de la red en la vecindad más

inmediata, en este tipo de topología cada punto de acceso puede servir a varios clientes, según la naturaleza y número de transmisiones que tienen lugar.

4 Topología clientes y puntos de acceso



Los puntos de acceso tienen un rango finito, del orden de 150m en lugares cerrados y 300m en zonas abiertas dependiendo del dispositivo. En zonas grandes como por ejemplo un campus universitario o un edificio es probablemente necesario más de un punto de acceso, uno de los objetivos principales es cubrir el área con células (hostpot) que solapen sus áreas de modo que los clientes puedan moverse sin cortes entre un grupo de puntos de acceso, lo que se denomina "roaming".

5 Topologías de múltiples punto de acceso



Ofrece una solución más eficiente con base a costos que una implementación exclusiva de antena direccional de Wi-Fi o una malla de Wi-Fi se conecta con backhaul (Conexión

de baja, media o alta velocidad que conecta a computadoras u otros equipos de telecomunicaciones) protegido con alambre para atados que quieren extender la red de área local o cubre la última milla.

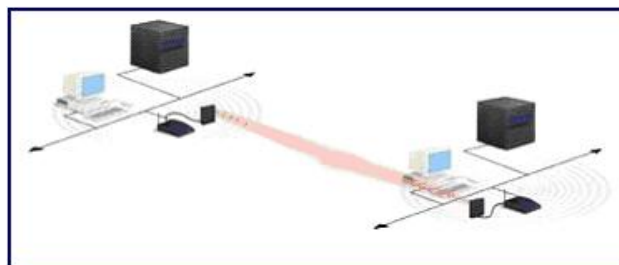
Las redes Wi-Fi conducen la demanda para acceso múltiple aumentando la proliferación de acceso inalámbrico, aumentando la necesidad para soluciones del backhaul eficiente con base a costos y más rápida la última milla.

6 Topología de punto de extensión



Para resolver problemas particulares de topología, los diseñadores de redes puede elegir usar un Punto de Extensión (EPs) para aumentar el número de puntos de acceso a la red, de modo que funcionan como tales pero no están enganchados a la red cableada como los puntos de acceso, estos puntos de extensión funcionan como su nombre indica: extienden el rango de la red retransmitiendo las señales de un cliente a un punto de acceso o a otro punto de extensión, además pueden encadenarse para pasar mensajes entre un punto de acceso y clientes lejanos de modo que se construye un "puente" entre ambos.

7 Topología con antenas direccionales



Una de las maneras mas fáciles de comunicar dos redes es utilizando antenas que se pueden direccional, lo que quiere decir que la señal se envía en una sola dirección y en no en todas como sucede con las antenas omnidireccionales. La topología sugiere tener dos antenas con línea de vista y una distancia que no supere el kilómetro de distancia.

ANEXO 3 PROPAGACIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

1. Propagación en el Espacio Libre

Se dice que hay propagación en espacio libre, cuando entre el transmisor (Tx) y el receptor (Rx) no hay obstáculos, es decir, se encuentran en línea de vista (LOS). La propagación en el espacio libre, puede modelarse mediante la ecuación de Friis, la cual permite estimar la potencia recibida por un receptor que se encuentra a una distancia d del transmisor.

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

Donde P_t es la potencia transmitida, $P_r(d)$ es la potencia recibida la cual esta en función de la distancia de separación d , entre Tx y Rx, G_t y G_r son las ganancias de las antenas transmisora y receptora respectivamente, L es el factor de pérdidas del sistema no relacionados con la propagación ($L \geq 1$) y λ es la longitud de onda en metros. La ganancia de la antena está relacionada con la apertura efectiva A_e ,

La ganancia de las antenas G_t y G_r es una cantidad adimensional. Se debe tener en cuenta que las potencias P_t y P_r deben expresarse en las mismas unidades; las pérdidas mixtas L se refieren en general a las pérdidas del hardware del sistema debidas a: filtros, líneas, etc. Las cuales generalmente se toman como $L=1$, es decir, se asume que no hay pérdidas.

En la ecuación 4.1a) se observa que la potencia recibida disminuye inversamente con el cuadrado de la distancia d , es decir, P_r decae con la distancia a razón de 20 dB / década.

2. Región de Fraunhofer

Se conoce como región de Fraunhofer o región de campo lejano a la región que está mas allá de la distancia de campo lejano d_f medida a partir del transmisor; para la cual se garantiza la validez de la ecuación de Friis La distancia de Fraunhofer relaciona la mayor

dimensión física de la antena D , con la longitud de onda de la señal transmitida, y se define así:

$$d_f = \frac{2D^2}{\lambda}$$

Además, la distancia de campo lejano debe satisfacer que:

$$\lambda \ll d_f \gg D$$



Región de Fraunhofer

Fuente: Bibliografía [2]

Para $d = 0$, tampoco puede aplicarse la ecuación (4.1.1a), por lo que se recurre con frecuencia a una distancia de referencia d_o para la cual es conocido el valor de potencia recibida $P_r(d_o)$, la cual se calcula con la ecuación de Friis o puede ser medida promediando la potencia obtenida en varios puntos ubicados radialmente a una distancia d_o del transmisor. La distancia d_o debe ser mayor que la distancia de Fraunhofer, y a su vez debe ser menor que cualquier distancia práctica utilizada en el sistema de comunicación a evaluar.

Se puede estimar la potencia recibida a una distancia d respecto a la potencia conocida en d_o mediante la siguiente ecuación:

$$P_r(d) = P_r(d_o) \left(\frac{d_o}{d} \right)^2 \quad d \geq d_o \geq d_f$$

3. Pérdidas de trayecto en el espacio libre

Las pérdidas de trayecto en el espacio libre están definidas como la diferencia en dB, entre las potencias efectivas transmitida y recibida. Esta cantidad es siempre positiva y está dada en dB. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$P_l(dB) = 10 \log \left(\frac{P_t}{P_r} \right) = -10 \log \left[\frac{G_t G_r l^2}{(4\pi)^2 d^2} \right] \quad (3a)$$

La ecuación (4.1.2a) puede reducirse si se asume igual a uno la ganancia de las antenas.

$$P_l(dB) = 10 \log \left(\frac{P_t}{P_r} \right) = -10 \log \left[\frac{l^2}{(4\pi)^2 d^2} \right] \quad (3b)$$

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] HISTORIA DE ARCHICAD

http://www.archicad.es/compania/la_compania/historia_de_la_compania/

[2] Análisis de propagación electromagnética en espacios cerrados: Herramienta Software en matlab para predicción y simulación, Everaldo Castellanos Díaz José, Benjamín Talero Niño, 2005.

[3] “Seguridad para comunicaciones inalámbricas (redes, protocolos, criptografía y soluciones)”, Randall K. Nichols, Panos C. Lekkas, Mac Graw Hill/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U, 2003.

[4] “Comunicaciones inalámbricas de banda ancha”, Regis J. (Bud), Bates Jr, Mac Graw Hill/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U, 2003.

[5] “Modal transmission-line method applied to radiowave propagation through periodic walls”, Sava V. Savov, Matti H.A.J. Herben, Faculty of Electrical Engineering 5600 MB Eindhoven The Netherlands, 2002.

[6] “Datos de propagación y métodos de predicción para la planificación de sistemas de radiocomunicaciones de interiores y redes de radiocomunicaciones de área local en la gama de frecuencias de 900 MHz a 100 GHz”, La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT, (1997-1999-2001).

[7] “Efficient Ray-Tracing Methods for Propagation Prediction”, Zhong Ji, Bin-Hong Li , Hao-Xing Wang, Hsing-Yi Chen, Tapan K. Sarkar¹, Indoor Wireless Communications 1 121 Link Hall, Department of EECS, Department of Electronic Engineering Shanghai Jiao Tong University 1954 HuaShan Road, Shanghai, Department of Electrical Engineering, Taiwan Yuan-Ze University, No. 135, Yuan-Tung Road, Chung-Li, Taoyuan, Taiwán,2003.

[8] “Teoría Electromagnética”, William. Hayt, Jr, Mac Graw Hill, quinta edición.

[9] Resolución Número 000689 de 2004, ubicada en la dirección <http://www.mincomunicaciones.gov.co/Archivos/normatividad/2004/Resolucion/R00689d2004.pdf>.

[10] GDL Cookbook 3...9 "The easy route to learning GDL", David Nicholson Cole,