



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA  
E INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
COMUNICACIONES**

**Tema:**

---

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO MEDIANTE LA  
UTILIZACIÓN DE ACCESS POINT PARA DETERMINAR LA  
UBICACIÓN DE UN VEHÍCULO DENTRO DE UN AREA  
DETERMINADA**

---

Proyecto de Trabajo de Graduación o Titulación, Modalidad: Trabajo Estructurado de Manera Independiente (TEMI).

AUTOR: Susana Salomé Pérez Calahorrano

DIRECTOR: Ing. John Ortega

Ambato - Ecuador

Enero 2011

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del trabajo de graduación o titulación: Trabajo Estructurado de Manera Independiente, presentado por Pérez Calahorrano Susana Salomé, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el trabajo de graduación o titulación e informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con el proceso reglamentario.

Ambato, 09 de agosto de 2010

TUTOR

-----  
Ing. John Ortega



## AUTORÍA

El presente trabajo de graduación o titulación Trabajo Estructurado de Manera Independiente Titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO MEDIANTE LA UTILIZACION DE ACCESS POINT PARA DETERMINAR LA UBICACIÓN DE UN VEHÍCULO DENTRO DE UN AREA DETERMINADA**. Es original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor, y su propiedad intelectual pertenecen al graduado de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato 09 de agosto de 2010

-----  
Susana Salomé Pérez Calahorrano

CC: 1804006417

## **APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA**

El tribunal de calificación, conformada por los señores docentes: ING. JULIO CUJI e ING. GEOVANNI BRITO, aprueban el trabajo de graduación o titulación Trabajo Estructurado de Manera Independiente titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO MEDIANTE LA UTILIZACION DE ACCESS POINT PARA DETERMINAR LA UBICACIÓN DE UN VEHÍCULO DENTRO DE UN AREA DETERMINADA**, presentado por la señora Pérez Calahorrano Susana Salomé.

.....  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....  
ING. JULIO CUJI  
DOCENTE CALIFICADOR

.....  
ING. GEOVANNI BRITO  
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA:

A mis padres,  
mi esposo, mi hijo,  
y a mis amigos que mas que  
amigos han sido mis hermanos.

Los Amo.

Susana Salomé

## AGRADECIMIENTO:

Agradezco a Dios por darme todo lo que tengo.  
A mis padres, mi esposo y mi hijo por estar en los  
Momentos más difíciles y también en los mejores;  
a mis amigos por haberme dado una palabra de  
aliento cuando la necesite y de manera especial  
a mis Maestros por su paciencia, y por compartir  
sus enseñanzas y anécdotas a lo largo de mi vida  
estudiantil.  
Gracias a todos.

Susana Salomé

## INDICE

### CAPITULO I

#### Problema de Investigación

1.1 Tema de Investigación.....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	1
1.2.1 Contextualización.....	1
1.2.2 Análisis Crítico.....	2
1.2.3 Prognosis.....	2
1.3 Formulación del Problema.....	2
1.3.1 Preguntas Directrices.....	3
1.4 Justificación.....	3
1.5 Objetivos.....	3
1.5.1 Objetivo General.....	3
1.5.2 Objetivos Específicos.....	4

### CAPITULO II

#### Marco Teórico

2.1 Antecedentes Investigativos.....	5
2.2 Fundamentación Legal.....	5
2.3 Categorías Fundamentales.....	5
2.3.1 Construcción de ideas de Variable Independiente.....	6
2.3.2 Construcción de ideas de la Variable Dependiente.....	6
2.3.3 Comunicación Inalámbrica.....	7
2.3.3.1 Redes Inalámbricas.....	7
2.3.3.1.1 Sistemas de monitoreo mediante la utilización de Access Point....	9
2.3.3.1.2 Estándares de los Access Point.....	12
.....	
2.3.3.1.3 Capas.....	15
2.3.3.1.3.1 Capa física 802.11.....	15
2.3.3.1.3.2 La capa de enlace de 802.11.....	16
2.3.3.1.4 Topología WiFi.....	17
2.3.3.1.5 Tramas 8002.11.....	18
2.3.4 Antenas.....	23
2.3.4.1 Distribución de Corriente en una Antena .....	24
2.3.4.2 Impedancia.....	26
2.3.4.3 Eficiencia.....	26
2.3.4.4 Patrón de Radiación.....	28
2.3.4.5 Campos Cercano y Lejanos.....	28
2.3.4.6 Ganancia Directiva y Ganancia de Potencia.....	29
2.3.4.7 Polarización de la Antena.....	29

2.3.4.8 Tipos de antenas.....	30
2.3.4 Espacio Geográfico.....	31
2.3.4.1 Ubicación Geográfica.....	33
2.3.4.1.1 Posición de un vehículo en un área determinada.....	35
2.4 Hipótesis.....	36
2.5 Señalamiento de Variables de la Hipótesis.....	36
2.5.1 Variable Independiente.....	36
2.5.2 Variable Dependiente.....	36

### **CAPITULO III**

#### **Metodología**

3.1 Enfoque.....	37
3.2 Modalidad Básica de la Investigación.....	37
3.3 Nivel o Tipo de Investigación.....	37
3.4 Población y Muestra.....	38
3.5 Recolección de la Información.....	38

### **CAPITULO IV**

#### **Análisis e Interpretación de Resultados**

4.1 Análisis Resultados.....	39
------------------------------	----

### **CAPITULO V**

#### **Conclusiones y Recomendaciones**

5.1. Conclusiones.....	45
5.2 Recomendaciones.....	46

### **CAPITULO IV**

#### **Propuesta**

6.1 Datos Informativos.....	47
6.2 Antecedentes de la Propuesta.....	47
6.3 Justificación.....	48
6.4 Objetivos.....	48
6.4.1 Objetivo General.....	48
6.4.2 Objetivos Específicos.....	48
6.5 Análisis de Factibilidad.....	48
6.5.1 Factibilidad Operativa.....	48
6. 5.2 Factibilidad Técnica.....	49
6.6 Fundamentación.....	49
6.7 Modelo Operativo.....	69
6.7.1 Diseño del Prototipo.....	69

6.8 Desarrollo de software.....	85
6.9 Administración Económico.....	96
6.10 Factibilidad Económica.....	97
6.11 Previsión de la Evaluación.....	97
6.12 Bibliografía.....	98
6.13 Anexos.....	98

## INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Access Point.....	1
Fig. 2 Access Point en modo Access Point.....	1
Fig. 3 Access Point modo cliente.....	1
Fig. 4 Access Point modo WDS.....	1
Fig. 5 Modo Access Point + WDS.....	1
Fig. 6 Access Point modo Repetidor Universal.....	1
Fig. 7 Ejemplo de transmisión de tramas en 802.11.....	2
Fig. 8 Gráfico de pastel.....	3
Fig. 9 Gráfico de pastel.....	4
Fig. 10 Gráfico de pastel.....	4
Fig. 11 Gráfico de pastel.....	4
Fig. 12 Gráfico de pastel.....	4
Fig. 13 Gráfico de pastel.....	4
Fig. 14 Gráfico de pastel.....	4
Fig. 15 Gráfico de pastel.....	4
Fig. 16 Transmisión de un bloque de datos.....	5

Fig. 17 Modelo de transmisión TCP.....	4
Fig. 18 Control de flujo (a) Trama recibida sin errores (b) comportamiento en caso de error sin aplicar control de flujo.....	5
Fig. 19 ARQ con parada y espera (“Stop & Wait”) .....	7
Fig. 20 ARQ con rechazo selectivo (“Selective Reject”) .....	6
Fig. 21 Formato de cabecera TCP.....	0
Fig. 22 Formato de Cabecera UDP.....	6
Fig. 23 Diagrama de bloques de de un sistema de comunicación inalámbrico..	2
Fig. 24 Esquema del sistema de monitoreo.....	6
Fig. 25 Unidad de Control en Vehículo.....	3
Fig. 26 Placa PC104+ (Kontron MOPSlcdLX).....	6
Fig. 27 Placa PC 104 PCMCIA-1.....	8
Fig. 28 Tarjeta D-Link DWA-620 Wireless 108G.....	6
Fig. 29 Antena ANT24-0500 de D-Link.....	9
Fig. 30 ACCESS POINT DAP-1150 WIRELESS G.....	7
Fig. 31 Antena SMB Omni-Direccional 8dBi de exterior ANT24-0800.....	0
Fig. 32 Diseño de la fuente de alimentación del sistema.....	7
Fig. 33 Interfaz gráfica de QNX.....	3
Fig. 34 Cuadrado para posicionamiento por regiones.....	7
Fig. 35 Regiones definidas por los Puntos de acceso.....	4

Fig. 36 Mapa de regiones.....	0
Fig. 37 Controlador difuso.....	9
Fig. 38 Puntos de Acceso.....	1
Fig. 39 Estructura de salida del controlador difuso.....	9
Fig. 40 Grafico del sistema de monitoreo usando el controlador difuso.....	2
	9
	2
	6

### INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Porcentajes de la encuesta.....	3
Tabla 2 Porcentajes de la encuesta.....	9
Tabla 3 Porcentajes de la encuesta.....	4
Tabla 4 Porcentajes de la encuesta.....	0
Tabla 5 Porcentajes de la encuesta.....	4
Tabla 6 Comparación tasa de error por bit.....	1
Tabla 7 Diferentes propuestas para la arquitectura de red cableada- inalámbrica.....	4
Tabla 8 Relación entre modelos de cable y pérdida de señal.....	2
	4
	3
	6
	5
	6
	7
	8
	1

## **INTRODUCCION Y ANTECEDENTES**

En la actualidad es muy común utilizar sistemas de monitoreo para vehículos estos son usados principalmente por las compañías aseguradoras; muchas instituciones tienen la necesidad de conocer la posición de sus vehículos ya sea para vigilar que sus empleados cumplan con su labor o para asegurarse el poder encontrar su vehículo en caso de robo.

En la biblioteca de la Facultad de Ingeniería en Sistema, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato se ha visto que aún no se ha explorado las posibles aplicaciones de los Access Point. El campo de aplicación de des comunicaciones inalámbricas es muy extenso, es por eso que se ha pensado en una aplicación inusual como es la aplicación de los Access Point para monitorear vehículos.

En nuestra ciudad notamos que los recursos e innovaciones tecnológicos siguen siendo limitados. Sabiendo que no todas las persona o instituciones tienen acceso a múltiples servicios como el monitoreo de vehículos se desea presentar una propuesta simple y lo más económica que ayudará en algo a aquellos sectores aún no favorecidos con los avances tecnológicos.

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

### 1. Tema de Investigación

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO MEDIANTE LA UTILIZACION DE ACCESS POINT PARA DETERMINAR LA UBICACIÓN DE UN VEHÍCULO DENTRO DE UN AREA DETERMINADA”

### 1.2 Planteamiento del Problema

#### 1.2.1 Contextualización

El gran auge que tienen las comunicaciones inalámbricas han abierto una puerta hacia ofrecer varios servicios usando elementos de comunicación inalámbrica por ejemplo los Access Point. A nivel nacional muchos lugares ofrecen el servicio de internet inalámbrico. Todo este amplio campo de aplicación de la tecnología abre la puerta para crear un sistema de monitoreo de vehículos a través de los Access Point.

Las aplicaciones de los Access Point constituyen un área que aún no ha sido totalmente explorada en nuestra ciudad, por lo cual es una propuesta llamativa e innovadora.

Debido a los bajos costos en comparación con otro tipo de tecnologías hace de los Access Point una muy buena alternativa al momento de monitorear vehículos de una determinada empresa dando así al propietario de la misma la posibilidad de saber si sus empleados cumplen efectivamente con sus obligaciones.

#### 1.2.2 Análisis Crítico

La carencia de un control de monitoreo en nuestra ciudad se debe entre otras cosas a la falta interés de los propietarios de vehículos, el no conocer la aplicación de muchas tecnologías de monitoreo en vehículos, la falta de propuestas innovadoras y el elevado costo de los sistemas de monitoreo ya existentes; como consecuencia observamos que los propietarios de vehículos desconocen su ubicación, no se puede verificar el trabajo de los conductores, hay mala utilización de los vehículos del sector público, los vehículos son utilizados en días prohibidos y existe dificultad de recuperación del vehículo en caso de robo.

### **1.2.3 Prognosis**

En nuestra ciudad hay cada vez más personas especializándose en el campo de las comunicaciones, existe gente muy capaz y es por esta razón que se deben buscar nuevas aplicaciones de la tecnología ya existente; para incentivar a la creación de sistemas que satisfagan nuevas necesidades.

La carencia de sistemas de monitoreo para vehículos está causando la pérdida de recursos materiales, pérdida de recursos financieros, desconfianza en los propietarios de los vehículos y la falta de innovación tecnológica debido a lo cual se necesita diseñar un sistema de monitoreo mediante la utilización de Access Point.

## **1.3 Formulación del Problema**

¿Se puede determinar la posición de un vehículo en un área determinada mediante un sistema de monitoreo utilizando Access Point?

### **1.3.1 Preguntas Directrices**

- ¿Qué frecuencia y que tipos de datos utilizan los Access Point?
- ¿Qué factores intervienen en la señal de los Access Point?

- ¿Qué necesita un vehículo para poder comunicarse con un Access Point?
- ¿Cómo determinar la posición de un vehículo?

#### **1.4 Justificación**

Se ha escogido este tema debido a la importancia que tienen las comunicaciones inalámbricas, sus aplicaciones pueden ser diversas y variadas, podemos hablar con otra persona mediante el teléfono celular, conectarnos con alguien de algún otro continente mediante un satélite; y lo más utilizado navegar por la red Internet sin necesidad de un cable.

Sin embargo las comunicaciones inalámbricas no solo para brindar el servicio de internet o transmisión de video, voz y datos, por ejemplo sino para ser usado en algo distinto como los sistemas de monitoreo.

Existen ya en el mercado sistemas de monitoreo para casa y vehículos, utilizando distintos y numerosos equipos, así como distintos protocolos; sin embargo la intención es el utilizar un equipo muy común como el Access Point y aprovechar la posibilidad de utilizarlo es un sistema de monitoreo para vehículos.

Para diseñar el sistema de monitoreo se debe analizar el aspecto técnico, en lo que se refiere a la distancia de operación, a la frecuencia de operación, al tipo de tramas que manejan los Access Point, a los protocolos de comunicación que se utilizan para las comunicaciones inalámbricas, al alcance de la señal, al tipo de antena que se debe utilizar entre otros; luego se analizará el aspecto económico para saber que tan factible sería su creación.

En el caso de llegar a ser un proyecto viable económicamente se solucionaría la falta de sistemas de monitoreo para vehículos en instituciones que no cuentan con muchos recursos económicos, dando con esto la opción de un nuevo servicio con costos aceptables.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

- Diseñar de un sistema de monitoreo utilizando Access Point para determinar la posición de un vehículo en un área determinada.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la frecuencia de operación y el tipo de trama que manejan los Access Point.
- Reconocer los factores que interfieren con la señal y determinar cuanto la afectan.
- Diseñar un dispositivo que insertado en el vehículo se comunique con el Access Point para determinar su ubicación.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

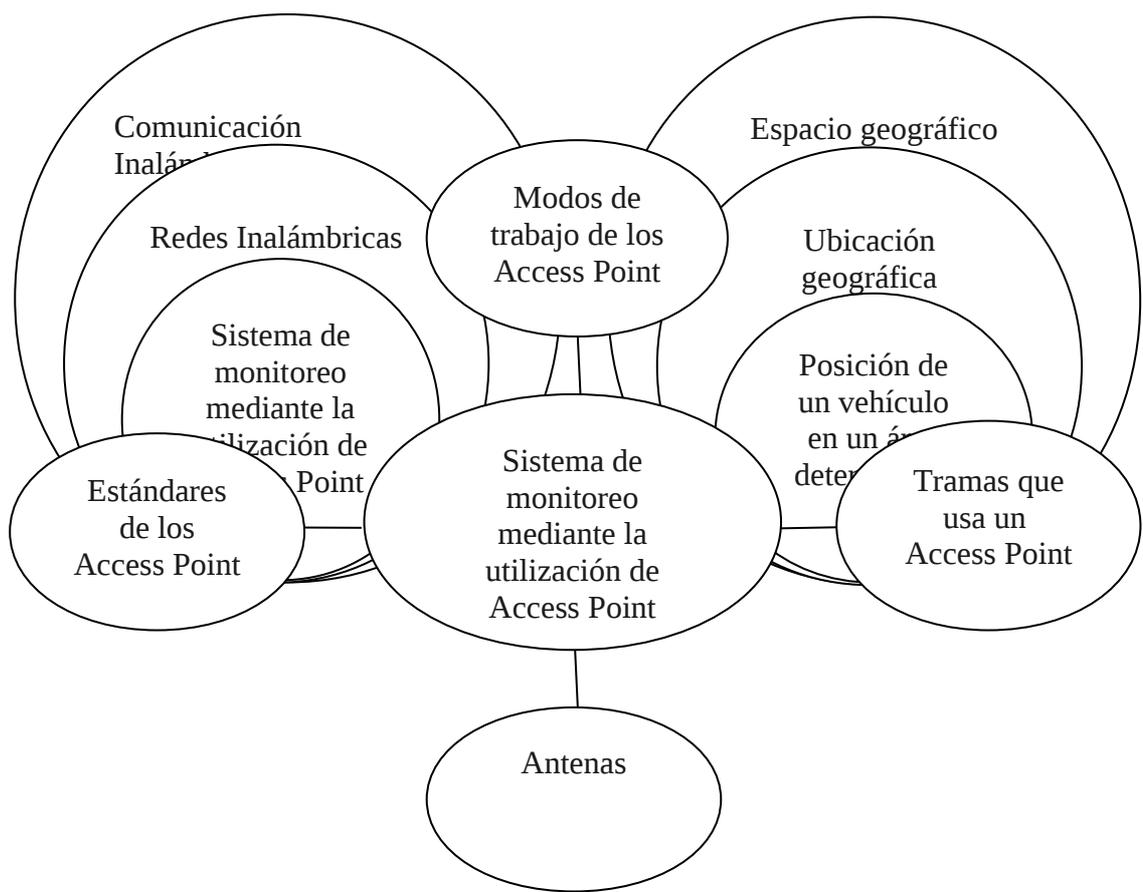
#### 6.6 Antecedentes Investigativos

En la biblioteca de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial y en la Universidad Técnica de Ambato no se ha encontrado trabajos existentes referentes al tema de investigación.

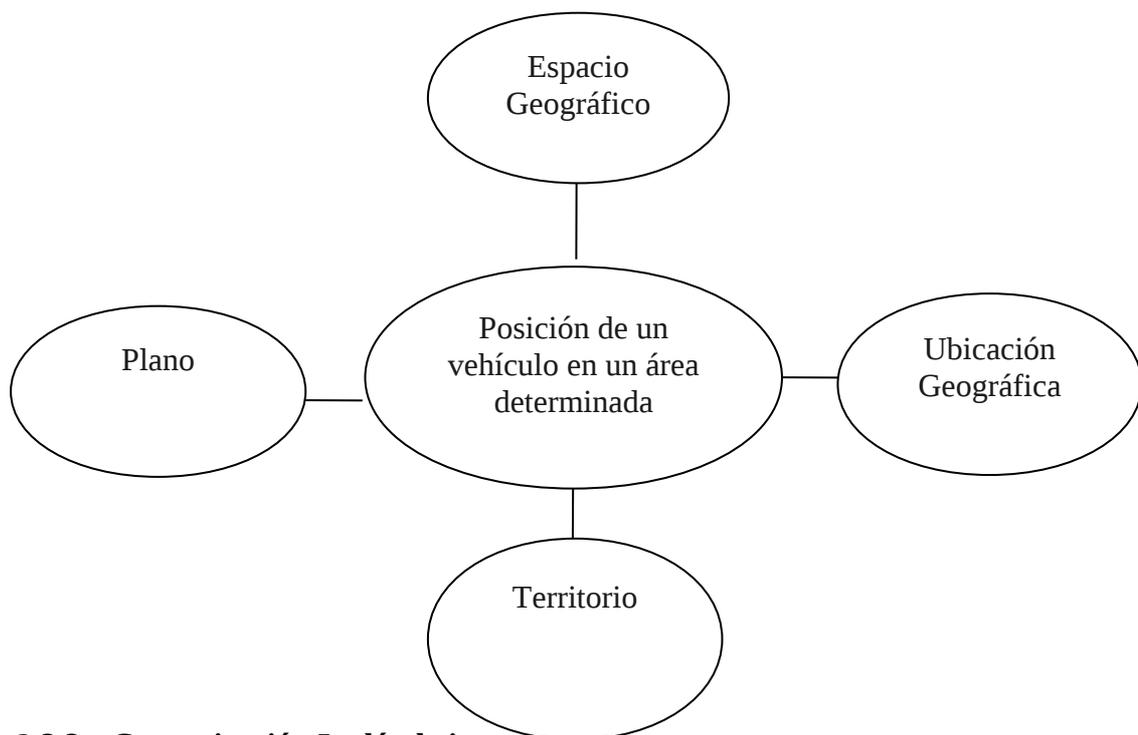
#### 6.7 Fundamentación Legal

El uso de Access Point para proyectos investigativos está plenamente aprobado debido a que no hay contraindicaciones para su uso en ninguna ley o reglamento

#### 6.8 Categorías Fundamentales



### 2.3.2 Construcción de ideas de la Variable Dependiente



### 2.3.3 Comunicación Inalámbrica

La comunicación inalámbrica es un tipo de comunicación en la que no se utiliza un medio de propagación físico alguno esto quiere decir que se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas, las cuales se propagan por el espacio sin

un medio físico que comunique cada uno de los extremos de la transmisión. En ese sentido, los dispositivos físicos sólo están presentes en los emisores y receptores de la señal, como por ejemplo: antenas, computadoras portátiles, PDA, teléfonos móviles, etc.

### **Aspectos tecnológicos**

En general, la tecnología inalámbrica utiliza ondas de **radiofrecuencia** de baja potencia y una banda específica, de uso libre o privada para transmitir, entre dispositivos.

Estas condiciones de libertad de utilización, sin necesidad de licencia, ha propiciado que el número de equipos, especialmente computadoras, que utilizan las ondas para conectarse, a través de **redes inalámbricas** haya crecido notablemente.

### **Campos de utilización**

La tendencia a la movilidad y la universalidad hacen cada vez más utilizados los sistemas inalámbricos, y el objetivo es ir evitando los cables en todo tipo de comunicación, no solo en el campo informático sino en televisión, telefonía, seguridad, domótica, etc.

Un fenómeno social que ha adquirido gran importancia en todo el mundo como consecuencia del uso de la tecnología inalámbrica son las comunidades inalámbricas que buscan la difusión de redes alternativas a las comerciales. El mayor exponente de esas iniciativas en España es RedLibre.

([http://es.wikipedia.org/wiki/Comunicaci%C3%B3n\\_inal%C3%A1mbrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Comunicaci%C3%B3n_inal%C3%A1mbrica))

#### **2.3.3.1 Redes Inalámbricas**

Las redes inalámbricas son aquellas que se comunican por un medio de transmisión no guiado (sin cables) mediante ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción se realizan a través de antenas. Tienen ventajas como la rápida instalación de la red sin la necesidad de usar cableado, permiten la movilidad y tienen menos costos de mantenimiento que una red convencional.

Otra de las ventajas de redes inalámbricas es la movilidad. En una red inalámbrica los usuarios pueden conectarse a las redes existentes y se permite que circulen libremente. Un usuario de telefonía móvil puede conducir millas en el curso de una única conversación, porque el teléfono se conecta al usuario a través de torres de la célula. Inicialmente, la telefonía móvil es cara. La telefonía móvil ha demostrado ser un servicio útil.

Otras ventajas de las redes inalámbricas a nivel laboral:

Entre las ventajas de las redes inalámbricas a corto y largo plazo, se incluyen:

- Accesibilidad
- Movilidad
- Productividad
- Fácil configuración
- Escalabilidad
- Seguridad
- Costos

Del mismo modo, las redes inalámbricas liberan de las ataduras de un cable Ethernet en un escritorio. Los usuarios o desarrolladores pueden trabajar en la biblioteca, en una sala de conferencias, en el estacionamiento, o incluso en la cafetería de enfrente. Mientras los usuarios de la red inalámbrica estén dentro de los márgenes, pueden tomar ventaja de la red. Equipos disponibles en el mercado puede abarcar un campus corporativo, y en terreno favorable, puede ampliar el alcance de una red 802.11 hasta unos pocos kilómetros.

([http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_inal%C3%A1mbrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_inal%C3%A1mbrica))

Existen varias tecnologías utilizadas en redes inalámbricas. El empleo de cada una de ellas depende mucho de la aplicación. Cada tecnología tiene sus ventajas y desventajas. A continuación se listan las más importantes en este género.

- Infrarrojo (Infrared)
- Banda Ancha (WIMAX)
- Banda Angosta (Narrowband)
- Espectro Extendido (Spread Spectrum)

## Conceptos Generales

- **Estaciones:** computadores o dispositivos con interfaz inalámbrica.
- **Medio:** se pueden definir dos, la radiofrecuencia y los infrarrojos.
- **Punto de acceso (AP):** tiene las funciones de un puente (conecta dos redes con niveles de enlaces parecidos o distintos), y realiza por tanto las conversiones de trama pertinente.
- **Sistema de distribución:** importantes ya que proporcionan movilidad entre AP, para tramas entre distintos puntos de acceso o con los terminales, ayudan ya que es el mecánico que controla donde esta la estación para enviarle las tramas.
- **Conjunto de servicio básico (BSS):** grupo de estaciones que se intercomunican entre ellas. Se define dos tipos:
  1. Independientes: cuando las estaciones, se intercomunican directamente.
  2. Infraestructura: cuando se comunican todas a través de un punto de acceso.
- **Conjunto de servicio Extendido (ESS):** es la unión de varios BSS.
- **Área de Servicio Básico (BSA):** es la zona donde se comunican las estaciones de una misma BSS, se definen dependiendo del medio.
- **Movilidad:** este es un concepto importante en las redes 802.11, ya que lo que indica es la capacidad de cambiar la ubicación de los terminales, variando la BSS. La transición será correcta si se realiza dentro del mismo ESS en otro caso no se podrá realizar.
- **Límites de la red:** los límites de las redes 802.11 son difusos ya que pueden solaparse diferentes BSS.

### 2.3.3.1.1 Sistemas de monitoreo mediante la utilización de Access Point

#### Access Point

Un punto de acceso inalámbrico (WAP o AP por sus siglas en inglés: Wireless Access Point) en redes de computadoras es un dispositivo que interconecta dispositivos de comunicación inalámbrica para formar una red inalámbrica. Normalmente un Access Point también puede conectarse a una red cableada, y

puede transmitir datos entre los dispositivos conectados a la red y los dispositivos inalámbricos. Muchos Access Point pueden conectarse entre sí para formar una red aún mayor, permitiendo realizar “roaming”. Los puntos de acceso inalámbricos tienen direcciones IP asignadas, para poder ser configurados.

Los Access Point son los encargados de crear la red, están siempre a la espera de nuevos clientes a los que dar servicios. El punto de acceso recibe la información, la almacena y la transmite entre la WLAN (Wireless LAN) y la LAN cableada.

Un único punto de acceso puede soportar un pequeño grupo de usuarios y puede funcionar en un rango de al menos treinta metros y hasta varios cientos. El Access Point (Fig.1) o su antena son normalmente colocados en alto pero podría colocarse en cualquier lugar en que se obtenga la cobertura de radio deseada.

El usuario final accede a la red WLAN a través de adaptadores. Estos proporcionan una interfaz entre el sistema de operación de red del cliente (NOS: Network Operating System) y las ondas, mediante una antena 23inalámbrica. ([http://es.wikipedia.org/wiki/Punto\\_de\\_acceso](http://es.wikipedia.org/wiki/Punto_de_acceso))



**Fig. 1 Access Point**

La mayoría de Access Point pueden trabajar en 5 modos diferentes de funcionamiento:

- o Access Point
- o Client (Infrastructure y Ad hoc)
- o WDS
- o AP + WDS
- o Universal Repeater Mode

La figura 2 representa al Access Point trabajando como un simple hub con la diferencia que es una red inalámbrica para clientes.



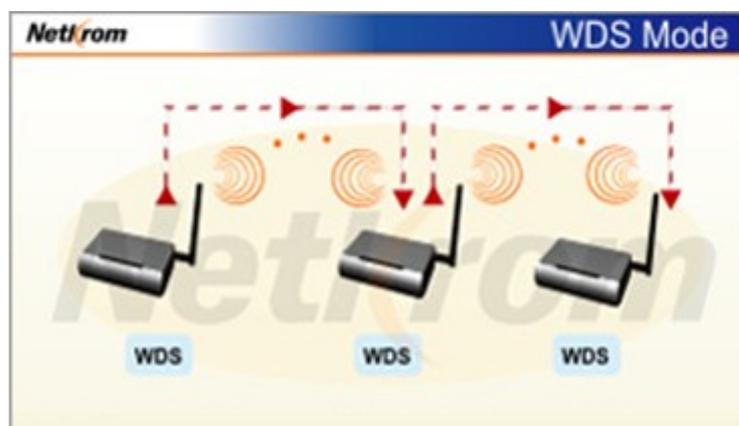
**Fig. 2 Access Point en modo Access Point**

La segunda aplicación que tenemos es el Modo Cliente (fig. 3) en esta aplicación el Access Point actúa como la tarjeta de red inalámbrica de un computador, este es uno de los modos más utilizados.



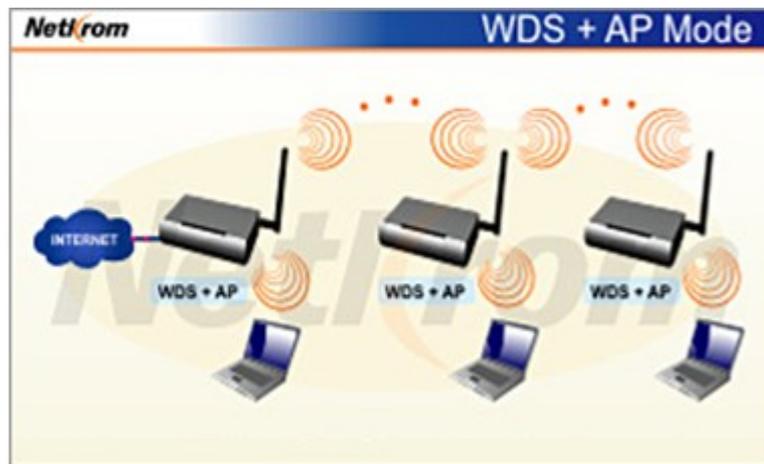
**Fig. 3 Access Point modo cliente**

El tercer tipo de aplicación de un Access Point es hacer una red WDS (fig. 4) esta aplicación permite extender una red con Access Point sin la necesidad de extender el cable de backbone entre los Access Point.



**Fig. 4 Access Point modo WDS**

Otra de las Aplicaciones de los Access Point es ser usado en una red WDS y aparte de eso permitir que usuarios se conecten a la red.



**Fig. 5 Modo Access Point + WDS**

Como quinta aplicación de los Access Point tenemos el modo de repetidor universal (Fig. 6).



## Fig. 6 Access Point modo Repetidor Universal

### 2.3.3.1.2 Estándares de los Access Point

Los Access Point utilizan estándares, los estándares son desarrollados por organismos reconocidos internacionalmente, tal es el caso de la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) y la ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Una vez desarrollados se convierten en la base de los fabricantes para desarrollar sus productos.

Entre los principales estándares se encuentran:

- ◇ **IEEE 802.11:** El estándar original de WLANs que soporta velocidades entre 1 y 2 Mbps.
- ◇ **IEEE 802.11a:** El estándar de alta velocidad que soporta velocidades de hasta 54 Mbps en la banda de 5 GHz.
- ◇ **IEEE 802.11b:** El estándar dominante de WLAN (conocido también como Wi-Fi) que soporta velocidades de hasta 11 Mbps en la banda de 2.4 GHz.
- ◇ **HiperLAN2:** Estándar que compite con IEEE 802.11a al soportar velocidades de hasta 54 Mbps en la banda de 5 GHz.
- ◇ **HomeRF:** Estándar que compite con el IEEE 802.11b que soporta velocidades de hasta 10 Mbps en la banda de 2.4 GHz.

El IEEE 802.11 fue creado en junio de 1997 podemos decir que usa dos frecuencias que son de 2,4 y de 5GHz; la velocidad de transmisión es de 2Mbps y la señal alcanza una distancia máxima de 1Km sin interferencia.

La familia 802.11, hoy se encuentra compuesta por los siguientes estándares:

- o **802.11a:** (5,1-5,2 Ghz, 5,2-5,3 Ghz, 5,7-5,8 GHz), 54 Mbps. OFDM: Multiplexación por división de frecuencias ortogonal
- o **802.11b:** (2,4-2,485 GHz), 11 Mbps.
- o **802.11c:** Define características de AP como Bridges.
- o **802.11d:** Múltiples dominios reguladores (restricciones de países al uso de determinadas frecuencias).
- o **802.11e:** Calidad de servicio (QoS).

- o 802.11f: Protocolo de conexión entre puntos de acceso (AP), protocolo IAPP: Inter Access Point Protocol.
- o **802.11g**: (2,4-2,485 GHz), 36 o 54 Mbps. OFDM: Multiplexación por división de frecuencias ortogonal. Aprobado en 2003 para dar mayor velocidad con cierto grado de compatibilidad a equipamiento 802.11b.
- o 802.11h: DFS: Dynamic Frequency Selection, habilita una cierta coexistencia con HiperLAN y regula también la potencia de difusión.
- o **802.11i**: Seguridad (aprobada en Julio de 2004).
- o 802.11j: Permitiría armonización entre IEEE (802.11), ETSI (HiperLAN2) y ARIB (HISWANa).
- o 802.11m: Mantenimiento redes wireless.
- o **Wifi n ó 802.11n**, en la actualidad la mayoría de productos son de la especificación **b** y de la **g**, sin embargo ya se ha ratificado el estándar **802.11n** que sube el límite teórico hasta los 600 Mbps. Actualmente ya existen varios productos que cumplen el estándar N con un máximo de 300 Mbps (80-100 estables).

El estándar 802.11n hace uso simultáneo de las ambas bandas, 2,4 Ghz y 5 Ghz. Las redes que trabajan bajo los estándares 802.11b y 802.11g, tras la reciente ratificación del estándar, se empieza a fabricar de forma masiva y hace objeto de promociones de los operadores ADSL, de forma que la masificación de la citada tecnología, parece estar de camino.

Todas las versiones de 802.11xx, aportan la ventaja de ser compatibles entre sí, de forma que el usuario no necesitara nada más que su adaptador wifi integrado, para poder conectar se a la red.

**WiFi** (Wireless Fidelity) es un nombre comercial desarrollado por un grupo de comercio industrial llamado WiFi Alliance (Inicialmente: 3Com – Aironet [hoy parte de CISCO] – Harris – Lucent – Nokia y Symbol technologies, hoy más de 150 miembros), el nombre “oficial” de esta alianza es **WECA** (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) y son los primeros responsables de 802.11b.

WiFi describe los productos de WLAN basados en los estándares 802.11 y está pensado en forma más “Amigable” que la presentación eminentemente técnica que ofrece IEEE. Se podría llegar a discutir si cubre o no todo lo que ofrece 802.11 o no, pues alguno de ellos podría ser puesto en duda, pero se hará más referencia a lo que establece 802.11, sin detenerse en estas diferencias.

### 2.3.3.1.3 Capas

#### 2.3.3.1.3.1 La capa física de 802.11

La capa física la componen dos subcapas: -PLCP (Physical Layer Convergence Protocol): Se encarga de codificación y modulación.

- o Preámbulo (144 bits = 128 sincronismo + 16 inicio trama).
- o HEC (Header Error Control): CRC 32
- o Modulación (propagación) DSSS o FHSS o IR.
- o PMD (Physical Medium Dependence): Es la que crea la interfaz y controla la comunicación hacia la capa MAC (a través del SAP: Service Access Point)

Este nivel lo conforman dos elementos principales:

- o **Radio:** Recibe y genera la señal.
- o **Antena:** Existe una gran variedad.

Hay algunos aspectos físicos que vale la pena profundizar para la comprensión de WiFi, de los cuales se recomienda especialmente:

- o FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) para la banda de 2,4 GHz (ISM: Industrial, Scientific and Medical band).
- o DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum para 2,4 GHz.
- o IR (InfraRed).

Aunque esto no forma parte de los conceptos de WiFi, cuando se habla de transmisión, se deben diferenciar tres palabras:

**Modulación:** Es el método de emplear una señal portadora y una moduladora (que da forma a la anterior). Cada una de ellas puede ser analógica o digital, con lo cual se obtienen cuatro posibles combinaciones de portadora y moduladora (AA – AD – DA y DD), con las cuales se conforman todas las técnicas de modulación. WiFi en la mayoría de los casos emplea la técnica QAM (Modulación en cuadratura de Fases con más de un nivel de amplitud).

**Propagación:** Es la forma en la cual “van saliendo” las señales al aire. Aquí es donde verdaderamente se aplican las técnicas de DHSS y FHSS. SS (Spread Spectrum) es la técnica de emplear muchas subportadoras de muy baja potencia con lo cual se “expande” el espectro útil. En cuanto a DH y FH El ejemplo típico que se emplea para estas técnicas es la analogía con una terminal de trenes, en la cual existen varios andenes. Para DH, los trenes estarían saliendo, primero el andén 1, luego el 2, a continuación el 3, 4, 5... y así sucesivamente, respetando siempre este orden. Para FH, la salida de los trenes no respeta el orden y puede ser aleatoria o acorde a un patrón determinado (WiFi hace un muy buen uso de esto, pues en las subportadoras que recibe mucha interferencia no las usa o emplea menos cantidad de bits en las mismas).

**Codificación:** Es la asociación de bit a cada “muestra” que se obtiene. WiFi en la mayoría de los casos emplea el código Barker.

#### **2.3.3.1.3.2 La capa de enlace de 802.11**

Respetando el modelo OSI, en este texto se agrupará en el nivel de enlace, los dos subniveles que lo conforman (MAC: Medium Access Control y LLC: Logical Link Control). Desde el punto de vista de 802.11, solo interesa hacer referencia al subnivel MAC.

**Capa MAC:** Controla el flujo de paquetes entre 2 o más puntos de una red Emplea CSMA/CA: Carrier Sense Multiple Access / Collision avoidance. Sus funciones principales son:

- o **Exploración:** Envío de Beacons que incluyen los SSID: Service Set identifiers O también llamados ESSID (Extended SSID), máximo 32 caracteres.
- o **Autenticación:** Proceso previo a la asociación. Existen dos tipos:
  - Autenticación de sistema abierto: Obligatoria en 802.11, se realiza cuando el cliente envía una solicitud de autenticación con su SSID a un AP, el cual autorizará o no. Este método aunque es totalmente inseguro, no puede ser dejado de lado, pues uno de los puntos más fuertes de WiFi es la posibilidad de conectarse desde sitios públicos anónimamente (Terminales, hoteles, aeropuertos, etc.).
  - Autenticación de clave compartida: Es el fundamento del protocolo WEP (hoy totalmente desacreditado), se trata de un envío de interrogatorio (desafío) por parte del AP al cliente.
- o **Asociación:** Este proceso es el que le dará acceso a la red y solo puede ser llevado a cabo una vez autenticado
- o **Seguridad:** Mediante WEP, con este protocolo se cifran los datos pero no los encabezados.
- o **RTS/CTS:** Funciona igual que en el puerto serie (RS-232), el aspecto más importante es cuando existen “nodos ocultos”, pues a diferencia de Ethernet, en esta topología SÍ pueden existir nodos que no se escuchen entre sí y que solo lleguen hasta el AP, (Ej: su potencia está limitada, posee un obstáculo entre ellos, etc), en estos casos se puede configurar el empleo de RTS/CTS. Otro empleo importante es para designar el tamaño máximo de trama (en 802.11 Es: mínimo=256 y máximo=2312 Bytes).
- o **Modo ahorro de energía:** Cuando esta activado este modo, el cliente envió previamente al AP una trama indicando “que se irá a dormir”, El AP, coloca en su buffer estos datos. Se debe tener en cuenta que por defecto este modo suele estar inactivo (lo que se denomina Constant Awake Mode: CAM).
- o **Fragmentación:** Es la capacidad que tiene un AP de dividir la información en tramas más pequeñas.

#### 2.3.3.1.4 Topología WiFi

802.11 presenta dos topologías:

- **Ad Hoc (o peer to peer):** Dos o más clientes que son iguales entre ellos.
- **Infraestructura:** Red centralizada a través de uno o más Access Point (AP).

Descripción general de componentes de las mismas:

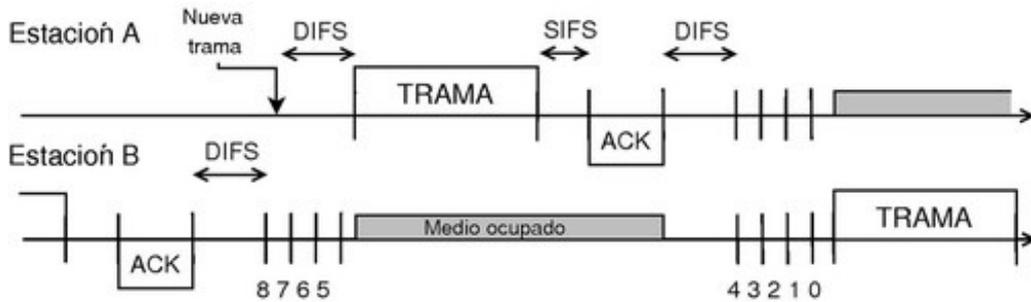
- **BSS (Basic Service Set):** Es el bloque básico de construcción de una LAN 802.11. En el caso de tratarse de únicamente 2 estaciones ser denomina IBSS (Independent BSS), es lo que a menudo se denomina “Ad Hoc Network”.
- **DS (Distribution System):** Es la arquitectura que se propone para interconectar distintos BSS. El **AP** es el encargado de proveer acceso al DS, todos los datos que se mueven entre BSS y DS se hacen a través de estos AP, como los mismos son también STA, son por lo tanto entidades direccionables.
- **ESS (Extended Service Set):** Tanto BSS como DS permiten crear wireless network de tamaño arbitrario, este tipo de redes se denominan redes ESS.
- La integración entre una red 802.11 y una No 802.11 se realiza mediante un **Portal**. Es posible que un mismo dispositivo cumpla las funciones de AP y Portal.

#### 2.3.3.1.5 Tramas 802.11

El estándar 802.11 define varios tipos de tramas cada una de las cuales tiene un objeto específico. Hemos visto anteriormente que tenemos que anunciar los puntos de acceso, asociar estaciones, autenticar clientes y otras funciones. Todas estas funciones normalmente se gestionan mediante unas tramas especiales, a parte de las tramas propias de transmisión de datos. Podemos clasificar las tramas dependiendo de la función que desempeñan. Tenemos tramas de datos, las que transportan la información de capas superiores, tramas de gestión que permiten mantener las comunicaciones y tramas de control para, como su nombre indica, controlar el medio.

Cada trama contiene distintos campos de control, que incluyen por ejemplo el tipo de trama, si WEP está activo, si está activo el ahorro de energía, la versión del protocolo 802.11. Una trama 802.11 también incluye las direcciones MAC de origen y destino, un número de secuencia, un campo de control y el campo de datos.

El proceso de transmisión de una trama en 802.11 viene a ser (fig. 7):



**Fig. 7 Ejemplo de transmisión de tramas en 802.11**

Eso es: se espera un tiempo DIFS, se transmite la trama, y la entidad receptora emite un asentimiento (ACK) cuando ha pasado un tiempo SIFS.

En el **mejor caso posible**, todo el tiempo disponible lo emplearemos para la transmisión de tramas. Esto es: ni colisiones, ni proceso de backoff. En el mejor caso posible, las estaciones “se coordinarán” para que al llegar una trama el medio justo esté libre, y transmitir sin mayor complicación; esto en la realidad jamás se da.

Para 802.11b tenemos lo siguiente:

- DIFS: 50 us.
- SIFS: 10 us.
- Preámbulo de Trama y ACK: 96 us (seamos optimistas).
- Ack: 14 octetos.
- Cabecera de trama. 34 octetos.

### **Tramas de gestión**

Las tramas 802.11 de gestión son las que permiten mantener comunicaciones a las estaciones inalámbricas y tenemos distintos tipos:

### **Trama de autenticación**

Ya habíamos visto que la autenticación es el proceso para comprobar la identidad de un adaptador en la red para aceptarlo o rechazarlo. El adaptador cliente inicia el proceso enviando al punto de acceso una trama de autenticación que contiene su identidad en el campo de datos.

El diálogo que se establece con las tramas de autenticación depende del sistema de autenticación que use el punto de acceso, si es abierto o con clave compartida. Cuando se trata de sistemas abiertos, el cliente sólo envía la trama de autenticación y el punto de acceso responde con otra trama de autenticación que indica si acepta o rechaza la conexión. En el caso de la autenticación de clave compartida, el punto de acceso tiene que comprobar que la estación tiene la llave correcta por lo que tenemos dos tramas de autenticación más en el diálogo, una que envía el punto de acceso con un texto para que lo cifre la estación con su clave y otra de respuesta de la estación cliente con el desafío cifrado.

### **Trama de desautenticación**

Es una trama que envía una estación a otra cuando quiere terminar las comunicaciones.

### **Trama de solicitud de asociación**

Este tipo de trama la utiliza la estación cliente para iniciar el proceso de asociación. Ya hemos visto que la asociación es un proceso por el cual el punto de acceso reserva recursos y sincroniza con una estación cliente. La asociación la inicia el cliente enviado al punto de acceso una trama de solicitud de asociación y el punto de acceso establece un ID de asociación para identificar al cliente y le reserva memoria.

Las tramas de asociación contienen los datos necesarios para esta función como son el SSID de la red, las tasas de transferencia, etc. En la función de asociación se define con más detalle el mecanismo de asociación.

### **Trama de respuesta de asociación**

Este tipo de trama la utilizan los puntos de acceso para responder una solicitud de asociación. Esta trama puede contener si se acepta o rechaza la asociación. Si se acepta la asociación la trama también incluye el ID de asociación y las tasas de transferencia admitidas.

### **Trama de solicitud de reasociación**

Cuando un cliente asociado con un punto de acceso se desplaza al radio de cobertura de otro punto de acceso de la misma red con mejor señal intenta establecer una reasociación. La reasociación implica que los puntos de acceso coordinen los buffer. Como era de esperar, para establecer una reasociación con un nuevo punto de acceso, el cliente le envía una trama de reasociación.

### **Trama de respuesta de reasociación**

La trama de respuesta de reasociación es similar a la trama de respuesta de asociación, al fin y al cabo, lo que hacer es asociar con un nuevo punto de acceso.

### **Trama de desasociación**

Es una trama que puede enviar un estación cuando va a cerrar sus conexiones de red. Esta trama permite que el punto de acceso pueda liberar los recursos que tiene asignado a la estación durante el proceso de asociación.

### **Trama beacon (baliza)**

Un punto de acceso envía tramas beacon periódicamente para difundir su presencia y la información de la red, el SSID, etc a las estaciones clientes en su radio de cobertura. Las estaciones pueden obtener lista de puntos de acceso disponibles buscando tramas beacon continuamente en todos canales 802.11. Las tramas beacon contienen la información necesaria para identificar las características de la red y poder conectar con el punto de acceso deseado.

### **Trama de solicitud de prueba**

Las estaciones utilizan tramas de solicitud de prueba cuando necesitan obtener información de otra estación, por ejemplo obtener una lista de puntos de acceso disponibles.

### **Trama de respuesta de prueba**

Esta trama es la respuesta de una estación a una solicitud. Esta trama contiene la información necesaria como por ejemplo las tasas de transmisión.

### **Tramas de Control**

Las tramas 802.11 de control se utilizan para colaborar en la entrega de tramas de datos entre estaciones.

#### **- Trama Request to Send (RTS)**

Se utilizan para reducir las colisiones en el caso de dos estaciones asociadas a un mismo punto de acceso pero mutuamente fuera de rango de cobertura. La estación envía una trama RTS para iniciar el diálogo de comienzo de transmisión de una trama.

#### **- Trama Clear to Send (CTS)**

Las estaciones utilizan las tramas CTS para responder a una trama RTS para dejar el canal libre de transmisiones. Las tramas CTS contienen un valor de tiempo durante el cual el resto de las estaciones dejan de transmitir el tiempo necesario para transmitir la trama.

#### **- Tramas Acknowledgement (ACK)**

Las tramas ACK tienen como objetivo confirmar la recepción de una trama. En caso de no llegar la trama ACK el emisor vuelve a enviar la trama de datos.

### **Tramas de datos**

Evidentemente existen tramas de datos que son las encargadas de transportar la información de las capas superiores.

([http://dns.bdat.net/seguridad\\_en\\_redes\\_inalambricas/x187.html](http://dns.bdat.net/seguridad_en_redes_inalambricas/x187.html))

### **2.3.4 Antenas**

La definición formal de una antena es un dispositivo que sirve para transmitir y recibir ondas de radio. Convierte la onda guiada por la línea de transmisión (el cable o guía de onda) en ondas electromagnéticas que se pueden transmitir por el espacio libre. En realidad una antena es un trozo de material conductor al cual se le aplica una señal y esta es radiada por el espacio libre.

Las antenas deben dotar a la onda radiada con un aspecto de dirección. Es decir, deben acentuar un sólo aspecto de dirección y anular o mermar los demás. Esto es necesario ya que solo nos interesa radiar hacia una dirección determinada. Esto se puede explicar con un ejemplo, hablando de las antenas que llevan los satélites. Estas acentúan mucho la dirección hacia la tierra y anulan la de sentido contrario, puesto que lo que se quiere es comunicarse con la tierra y no mandar señales hacia el espacio.

Las antenas también deben dotar a la onda radiada de una polarización. La polarización de una onda es la figura geométrica descrita, al transcurrir el tiempo, por el extremo del vector del campo eléctrico en un punto fijo del espacio en el plano perpendicular a la dirección de propagación.

Para todas las ondas, esa figura es normalmente una elipse, pero hay dos casos particulares de interés y son cuando la figura trazada es un segmento, denominándose linealmente polarizada, y cuando la figura trazada es un círculo, denominándose circularmente polarizada. Una onda está polarizada circularmente o elípticamente a derechas si un observador viese a esa onda alejarse, y además viese girar al campo en el sentido de las agujas de un reloj. Lógicamente, si lo viese girar en sentido contrario, sería una onda polarizada circularmente o elípticamente a izquierdas.

#### **2.3.4.1 Distribución de Corriente en una Antena**

Una antena, al ser un elemento de un circuito, tendrá una distribución de corrientes sobre ella misma. Esta distribución dependerá de la longitud que tenga

la antena y del punto de alimentación de la misma. Una onda estacionaria es una onda que se crea cuando una señal se está propagando por un medio de transmisión y es reflejada por culpa de una mala adaptación o por culpa de un final de línea. Supongamos primero que tenemos una línea acabada en circuito abierto y alimentada en uno de sus extremos.

En el momento de alimentar a esta línea de transmisión con una señal senoidal, se crea una onda que se propaga por la línea. Esta señal se irá repitiendo cada longitud de onda lambda (una longitud de onda y no media longitud de onda) ya que es una señal senoidal y es periódica. Esto provoca que ahora tengamos una distribución de corrientes que no es constante y que varía en función de la longitud de onda lambda.

Una vez que la onda llega al final de la línea, esta es reflejada al no poder continuar su camino, volviendo hacia el generador. Esta onda reflejada tiene un desfase de  $90^\circ$  respecto de la onda incidente, por lo que al sumarse con la onda incidente, tendremos puntos en donde la suma de un máximo y en donde de un mínimo. Esta suma de las dos ondas es la onda estacionaria que estamos buscando.

Si en vez de estar acabada la línea en circuito abierto, estuviera acabada en corto circuito, también se reflejaría la onda, pero en vez de estar desfasada  $90^\circ$ , estaría desfasada  $180^\circ$ . También se sumaría a la onda incidente y lógicamente también creará la onda estacionaria. Esta es la onda estacionaria que se crea en la línea. Para entenderlo mejor se suele representar el módulo de la intensidad, que sería lo que mediría un medidor de corriente de RF, y la tensión en la misma línea.

Sin meterse en cuestiones físicas, si una corriente circula por un conductor, creará un campo eléctrico y magnético en sus alrededores. Luego nuestra corriente creará un campo eléctrico y magnético, pero como supondremos que la distancia entre los dos conductores que forman nuestra línea (S) es pequeña, no se creará una onda que se propaga, puesto que la contribución que presenta el conductor

superior se anulará con la que presenta el conductor inferior. Pero si separamos en un punto los dos conductores, los campos que crean las corrientes ya no se anularán entre si, si no que se creará un campo eléctrico y magnético que formará una onda que se podrá propagar por el espacio.

Según esto, dependiendo del punto desde el que separemos el conductor, tendremos una longitud en los elementos radiantes (H) variable. Al variar esta longitud, la distribución de corriente variará, y lógicamente la onda que se creará y se propagará.

Hay que seguir observando que en los extremos seguimos teniendo un mínimo de corriente y que continúa repitiéndose cada media longitud de onda. Luego, que suponemos que nuestra antena son solo los elementos radiantes y que el punto en el que los hemos separado es el punto de alimentación de la antena, el módulo de la intensidad en el punto de alimentación varía y lógicamente, también varía la impedancia que presenta la antena.

### **Parámetros generales de una antena**

Una antena va a formar parte de un sistema, por lo que tenemos que definir parámetros que la describan y nos permita evaluar el efecto que va a producir sobre nuestro sistema.

#### **2.3.4.2 Impedancia**

Una antena se tendrá que conectar a un transmisor y deberá radiar el máximo de potencia posible con un mínimo de pérdidas. Se deberá adaptar la antena al transmisor para una máxima transferencia de potencia, que se suele hacer a través de una línea de transmisión. Esta línea también influirá en la adaptación, debiéndose considerar su impedancia característica, atenuación y longitud.

Como el transmisor producirá corrientes y campos, a la entrada de la antena se puede definir la impedancia de entrada mediante la relación tensión-corriente en

ese punto. Esta impedancia poseerá una parte real  $R_e(\omega)$  y una parte imaginaria  $R_i(\omega)$ , dependientes de la frecuencia. Si a una frecuencia una antena no presenta parte imaginaria en su impedancia  $R_i(\omega)=0$ , entonces diremos que esa antena está resonando a esa frecuencia.

Normalmente usaremos una antena a su frecuencia de resonancia, que es cuando mejor se comporta, luego a partir de ahora no hablaremos de la parte imaginaria de la impedancia de la antena, si no que hablaremos de la resistencia de entrada a la antena  $R_e$ . Lógicamente esta resistencia también dependerá de la frecuencia. Esta resistencia de entrada se puede descomponer en dos resistencias, la resistencia de radiación ( $R_r$ ) y la resistencia de pérdidas ( $R_L$ ). Se define la resistencia de radiación como una resistencia que disiparía en forma de calor la misma potencia que radiaría la antena. La antena por estar compuesta por conductores tendrá unas pérdidas en ellos. Estas pérdidas son las que definen la resistencia de pérdidas en la antena.

Como nos interesa que una antena esté resonando para que la parte imaginaria de la antena sea cero. Esto es necesario para evitar tener que aplicar corrientes excesivas, que lo único que hacen es producir grandes pérdidas.

#### **2.3.4.3 Eficiencia**

Relacionado con la impedancia de la antena tenemos la eficiencia de radiación y la eficiencia de reflexión. Estas dos eficiencias nos indicarán una, cuanto de buena es una antena emitiendo señal, y otra, cuanto de bien está adaptada una antena a una línea de transmisión. La Eficiencia de Radiación se define como la relación entre la potencia radiada por la antena y la potencia que se entrega a la misma antena. Como la potencia está relacionada con la resistencia de la antena, podemos volver a definir la Eficiencia de Radiación como la relación entre la Resistencia de radiación y la Resistencia de la antena.

La Eficiencia de Adaptación o Eficiencia de Reflexión es la relación entre la potencia que le llega a la antena y la potencia que se le aplica a ella. Esta eficiencia dependerá mucho de la impedancia que presente la línea de transmisión

y de la impedancia de entrada a la antena, luego se puede volver a definir la Eficiencia de Reflexión como  $(1 - \text{módulo del Coeficiente de reflexión}^2)$ , siendo el coeficiente de reflexión el cociente entre la diferencia de la impedancia de la antena y la impedancia de la línea de transmisión, y la suma de las mismas impedancias.

$$\text{Eficiencia de Reflexión} = 1 - (\text{Coeficiente de Reflexión})^2,$$

donde algunas veces se define la Eficiencia Total, siendo esta el producto entre la Eficiencia de Radiación y la Eficiencia de Reflexión.

$$\text{Eficiencia Total} = \text{Eficiencia de Radiación} \times \text{Eficiencia de Reflexión}$$

Parte de la potencia de entrada se disipa en las resistencias efectivas (resistencia de tierra, dieléctricos imperfectos, etc.) y la restante se irradia. El total de la potencia de la antena es la suma de las potencias disipada y radiada. En términos de resistencia y corriente, la eficiencia es:

$$n = \frac{R_r}{R_r + R_e}$$

donde:

$n$  = eficiencia de la antena

$i$  = corriente de la antena

$R_r$  = resistencia de radiación

$R_e$  = resistencia de la antena efectiva

#### **2.3.4.4 Patrón de Radiación**

En algunas circunstancias es necesario la representación gráfica de la fase del campo eléctrico. Esta representación recibe el nombre de Diagrama de Fase o Patrón de Radiación. Un patrón de radiación es un diagrama polar o gráfica que representa las intensidades de los campos o las densidades de potencia en varias posiciones angulares en relación con una antena. Si el patrón de radiación se traza en términos de la intensidad del campo eléctrico ( $E$ ) o de la densidad de potencia ( $P$ ), se llama patrón de radiación absoluto. Si se traza la intensidad del campo o la densidad de potencia en relación al valor en un punto de referencia, se llama patrón de radiación relativo.

#### 2.3.4.5 Campos Cercanos y Lejanos

El campo de radiación que se encuentra cerca de una antena no es igual que el campo de radiación que se encuentra a gran distancia. El termino campo cercano se refiere al patrón de campo que esta cerca de la antena, y el termino campo lejano se refiere al patrón de campo que está a gran distancia. Durante la mitad del ciclo, la potencia se irradia desde una antena, en donde parte de la potencia se guarda temporalmente en el campo cercano. Durante la segunda mitad del ciclo, la potencia que esta en el campo cercano regresa a la antena. Esta acción es similar a la forma en que un inductor guarda y suelta energía. Por tanto, el campo cercano se llama a veces campo de inducción. La potencia que alcanza el campo lejano continua irradiando lejos y nunca regresa a la antena por lo tanto el campo lejano se llama campo de radiación. La potencia de radiación, por lo general es la mas importante de las dos, por consiguiente, los patrones de radiación de la antena, por lo regular se dan para el campo lejano. El campo cercano se define como el área dentro de una distancia  $D^2/l$  de la antena, en donde  $l$  es la longitud de onda y  $D$  el diámetro de la antena en las mismas unidades.

#### 2.3.4.6 Ganancia Directiva y Ganancia de Potencia

La ganancia directiva es la relación de la densidad de potencia radiada en una dirección en particular con la densidad de potencia radiada al mismo punto por una antena de referencia, suponiendo que ambas antenas irradian la misma cantidad de potencia. El patrón de radiación para la densidad de potencia relativa de una antena es realmente un patrón de ganancia directiva si la referencia de la densidad de potencia se toma de una antena de referencia estándar, que por lo general es una antena isotrópica. La máxima ganancia directiva se llama directividad. Matemáticamente, la ganancia directiva es:

$$D = \frac{p}{P_{ref}}$$

donde:

$D$  = ganancia directiva (sin unidades)

$P$  = densidad de potencia en algún punto de una antena determinada ( $W/m^2$ )

$P_{ref}$  = densidad de potencia en el mismo punto de una antena de referencia ( $W/m^2$ )

La ganancia de potencia es igual a la ganancia directiva excepto que se utiliza el total de potencia que alimenta a la antena (o sea, que se toma en cuenta la eficiencia de la antena). Se supone que la antena indicada y la antena de referencia tienen la misma potencia de entrada y que la antena de referencia no tiene pérdidas ( $h = 100\%$ ). Matemáticamente, la ganancia de potencia ( $A_p$ ) es:

$$A_p = D h$$

Si una antena no tiene pérdidas, irradia 100% de la potencia de entrada y la ganancia de potencia es igual a la ganancia directa. La ganancia de potencia para una antena también se da en decibeles en relación con alguna antena de referencia.

#### **2.3.4.7 Polarización de la Antena**

La polarización de una antena se refiere solo a la orientación del campo eléctrico radiado desde ésta. Una antena puede polarizarse en forma lineal (por lo general, polarizada horizontal o vertical), en forma elíptica o circular. Si una antena irradia una onda electromagnética polarizada verticalmente, la antena se define como polarizada verticalmente; si la antena irradia una onda electromagnética polarizada horizontalmente, se dice que la antena está polarizada horizontalmente; si el campo eléctrico radiado gira en un patrón elíptico, está polarizada elípticamente; y si el campo eléctrico gira en un patrón circular, está polarizada circularmente.

#### **Ancho del Haz de la Antena**

El ancho del haz de la antena es sólo la separación angular entre los dos puntos de media potencia (-3dB) en el lóbulo principal del patrón de radiación del plano de la antena, por lo general tomando en uno de los planos "principales". El ancho del haz para una antena cuyo patrón de radiación es el ángulo formado entre los puntos A, X y B (ángulo  $q$ ). Los puntos A y B son los puntos de media potencia (la densidad de potencia en estos puntos es la mitad de lo que es, una distancia

igual de la antena en la dirección de la máxima radiación). El ancho de haz de la antena se llama ancho de haz de -3dB o ancho de haz de media potencia.

### **Ancho de Banda de la Antena**

El ancho de banda de la antena se define como el rango de frecuencias sobre las cuales la operación de la antena es "satisfactoria". Esto, por lo general, se toma entre los puntos de media potencia, pero a veces se refiere a las variaciones en la impedancia de entrada de la antena.

### **2.3.4.8 Tipos de antenas**

Una antena es un dispositivo formado por un conjunto de conductores que, unido a un generador, permite la emisión de ondas de radio frecuencia, o que, conectado a una impedancia, sirve para captar las ondas emitidas por una fuente lejana para este fin existen diferentes tipos:

- o Antena colectiva:
- o Antena de cuadro:
- o Antena de reflector o parabólica:
- o Antena lineal:
- o Antena multibanda:
- o Dipolo de Media Onda

(<http://www.monografias.com/trabajos6/ante/ante.zip>)

### **2.3.4 Espacio Geográfico**

El espacio geográfico es un concepto utilizado por la ciencia geográfica para definir el espacio organizado por la sociedad. Es el espacio en el que se desenvuelven los grupos humanos en su interrelación con el medio ambiente, por consiguiente es una construcción social, que se estudia como concepto geográfico de paisaje en sus distintas manifestaciones (paisaje natural, paisaje humanizado, paisaje agrario, paisaje industrial, paisaje urbano, etc.). También se emplea el término territorio.

Desde un punto de vista histórico, el espacio geográfico es acumulativo, en tanto posee las huellas de las diferentes sociedades que lo organizaron en el proceso histórico. Hay que agregar que en la actualidad está tomando forma una nueva organización del espacio producto de la sociedad de la información o del conocimiento.

### **Escalas y perspectivas sobre el espacio geográfico**

El espacio geográfico posee diferentes escalas para su análisis, desde lo global, el espacio mundo, hasta lo local, el espacio de las identidades.

Cada momento, cargado de historia, produce sus formas de organización, es decir su propia “lógica espacial”, racional para cada época.

Aquellas porciones del espacio geográfico que se encuentran bajo un orden administrativo llevan el nombre de territorio, conformado por municipios, y distintas unidades superiores, que pueden tener validez naturales, históricas o administrativas, las entidades superiores (naciones o estados) suelen ser demasiado grandes para poseer uniformidad desde un punto de vista geográfico de la geografía física, pero aun así son la principal escala de la organización los estudios académicos y de divulgación. Las entidades supranacionales (continentes), y el conjunto de las tierras emergidas y los océanos, serían la escala anterior a la consideración de una geografía planetaria.

El análisis geográfico del espacio geográfico puede desarrollarse desde distintas perspectivas; desde la teoría de la localización; desde la temporal (geografía histórica); desde las tecnologías; desde los conjuntos espaciales; desde la configuración de las redes y los movimientos, o a partir de la dualidad entre espacios urbanos y espacios rurales.

En la actualidad, el análisis del espacio geográfico presenta ante la globalización de la sociedad una interesante división. Por un lado el espacio mundial, caracterizado por redes y flujos globales y por otro el espacio de los lugares, espacio de las regiones, de las ciudades y de las identidades. Así, el espacio

geográfico se observa entre lo global y lo local. El espacio debe ser entendido como una instancia, un hecho social, así como historia y estructura; y hoy día, como un *espacio total*.

([http://es.wikipedia.org/wiki/Espacio\\_geogr%C3%A1fico](http://es.wikipedia.org/wiki/Espacio_geogr%C3%A1fico))

#### **2.3.4.1 Ubicación Geográfica**

Ubicación Geográfica es la localización de un sitio con base en sus características geográficas incluyendo:

- o Georeferencias (también llamadas coordenadas)
- o Esquemas del sitio con calles, construcciones principales, ríos, puentes, etc.

Es un pequeño dibujo que te permite localizar fácilmente el sitio en estudio.

(<http://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20070419063100AA8vxqc>).

#### **Territorio**

Se denomina territorio (de la palabra "*terra*", que significa tierra) a un área definida (incluyendo tierras y aguas) a menudo considerada posesión de una persona, organización, institución, Estado o país subdividido.

#### **Territorio como concepto geográfico**

El término territorio es muy usado en geografía, algunos autores han llegado a afirmar que el territorio es el objeto por excelencia de la investigación geográfica frente a otros términos también muy usados dentro de la geografía como paisaje, región, espacio geográfico o lugar. Es útil relacionar los usos del término territorio con las diferentes tradiciones geográficas para determinar su contenido conceptual

- Desde la tradición física, el término territorio puede entenderse como un sinónimo de superficie terrestre, es decir, de relieve o en su sentido más amplio de la interface entre litosfera, atmósfera e hidrosfera.

- Desde la tradición ecológica, el término territorio puede entenderse como sinónimo de medio natural, con lo que suele hablarse de relaciones entre sociedad y territorio.
- Desde la tradición social, el territorio se entiende como el sistema socioecológico que reúne la sociedad y el medio que ésta habita. El territorio se estudia tanto en sus relaciones verticales (entre sociedad y medio físico), como en sus características (organización económica, política, demográfica, espacio construido, medio físico en cuanto condiciona a la sociedad, etc) como en sus relaciones horizontales (entre los diversos subterritorios que lo conforman).

Por último hay que citar a la ordenación del territorio como disciplina técnica relacionada con la geografía. En la ordenación del territorio este último término suele conceptualizarse de dos maneras diferentes. Primero y más comúnmente como sinónimo de suelo. Aquí ordenar el territorio quiere decir regular los distintos aprovechamientos y usos que le dan al suelo diferentes agentes. Pero en otros casos también puede entenderse como sinónimo de sistema socioecológico con lo que se estudian los diversos subterritorios que lo forman (comarcas, municipios, sistema urbano) y las relaciones y flujos horizontales que los unen con el fin de lograr un desarrollo socioeconómico equilibrado y equitativo entre éstos.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Territorio>

#### **2.3.4.1.1 Posición de un vehículo en un área determinada**

Un vehículo puede ubicarse en cualquier área sea esta una zona rural o urbana independiente de la actividad del conductor; sin embargo para empresas sean públicas o privadas la ubicación de los vehículos es motivo de preocupación pues pueden ser utilizados de manera inadecuada y con esto acortar su vida útil.

En este proyecto la posición del vehículo será determinada por el sistema de monitoreo colocando el vehículo en una de las calles del interior de la Universidad Técnica de Ambato.

## **Plano**

### Cartografía y Dibujo

- En cartografía un **plano** es una representación cartográfica de una región suficientemente pequeña como para poder suponer que la superficie terrestre es plana.
- Plano urbano, que representa una ciudad.
- También se denomina plano a la representación de la **planta** de un edificio, así como a las representaciones y esquemas de los diseños industriales.
- son representados en escala de 1:50.000 o 1:25.000; son más detallados (que los mapas) y permiten distinguir ciudades emplazadas.
- O contienen información sobre asentamientos humanos y resalta lo mas importante del medio natural

<http://es.wikipedia.org/wiki/Plano>

## **2.4 Hipótesis**

La creación de un sistema de monitoreo mediante Access Point permitirá determinar la ubicación de un vehículo dentro de un área determinada.

## **2.5 Señalamiento de Variables de la Hipótesis**

### **2.5.1 Variable Independiente**

Sistema de monitoreo a través de la utilización de Access Point

### **2.5.2 Variable Dependiente**

Determinar la posición de un vehículo en un área determinada.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **3.1 Enfoque**

La presente investigación estuvo enmarcada dentro del paradigma crítico propositivo, tuvo un enfoque cuali-cuantitativo ya que se trabajó con sentido holístico y participativo considerando una realidad en constante transformación pero al mismo tiempo dió énfasis a los resultados ya que se orientó hacia dar una nueva alternativa en sistemas de monitoreo mediante el uso de Access Point.

#### **3.2 Modalidad Básica de la Investigación**

Para el desarrollo del proyecto el proceso con el que se investigó se requirió de información bibliográfica que permite detectar, ampliar, profundizar y sustentar la información es un proyecto factible porque desarrolló una alternativa viable para solucionar un problema, evaluarla, determinar el alcance y luego de ello se obtuvo los elementos de juicio necesarios para realizar la propuesta de la aplicación de un sistema de monitoreo utilizando Access Point para vehículos.

#### **3.3 Nivel o Tipo de Investigación**

En este proyecto el nivel de investigación abarcó el nivel exploratorio que permitió relacionarse con el problema objeto de la investigación, el nivel descriptivo que permitió describir y delimitar los diferentes elementos del problema de investigación y su interrelación. Fue también explicativo, porque permitió comprobar la hipótesis; también porque se reconocieron las variables que

comprenden el problema, las características de la realidad a investigar, el grado de relación que existe entre las variables, las causas y consecuencias del problema y se llegó a la comprensión de la hipótesis.

### **3.4 Población y Muestra**

Se realizó una encuesta a diversas personas, con y sin vehículos y a varios dueños de negocios, obteniéndose una idea clara sobre la necesidad de los posibles usuarios.

### **3.5 Recolección de Información**

Para la investigación bibliográfica se utilizaron fichas nemotécnicas y fichas bibliográficas.

Se realizó el análisis integral en base a juicios críticos desprendidos del marco teórico, objetivos y variables de la investigación.

A continuación se estructuró las conclusiones y recomendaciones que organizadas lógicamente (secuencialmente) permitió dar solución al problema planteado.

Finalmente como parte fundamental de la investigación crítica y prepositiva se estructuró una propuesta pertinente al tema de investigación enfocada al monitoreo de un vehículo mediante la utilización de Access Point.

### **3.6 Procesamiento y Análisis**

En cuanto a la información recopilada se ha puesto especial cuidado en que se lo haga de forma ordenada y sistemática lo que permitirá obtener un conocimiento completo de la realidad.

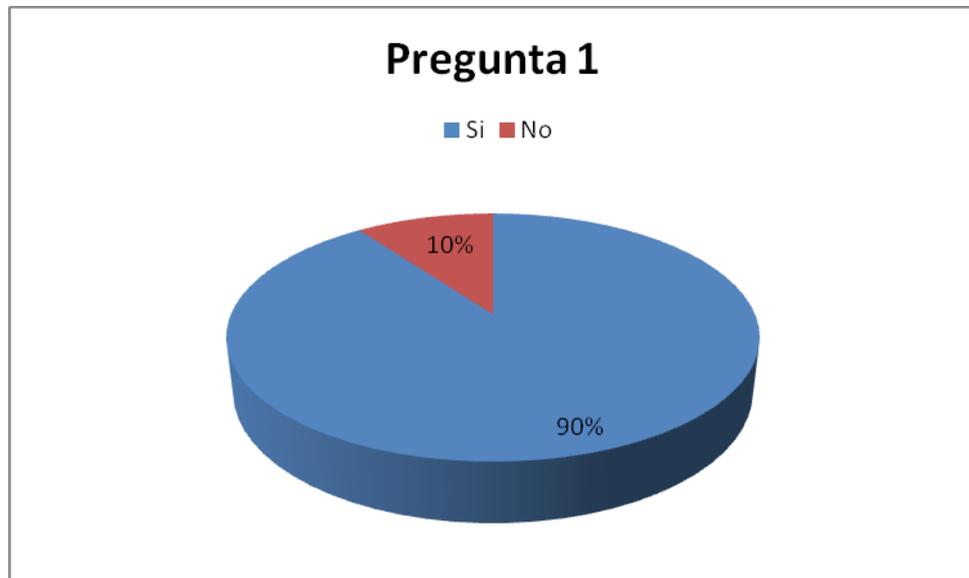
**CAPITULO IV**  
**ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

Preguntas realizadas a 60 personas de la ciudad de Ambato:

1. Le gustaría instalar un sistema de monitoreo en su vehículo?  
( ) Si ( ) No

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	54	90.00%
No	6	10.00%
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>100.00%</b>

**Tabla 1 Porcentajes de la encuesta**



**Fig. 8 Gráfico de pastel**

El 90% de los encuestados instalarían un sistema de monitoreo en su vehículo.

2. Si es que su respuesta es afirmativa, De que factor dependería su decisión?

( ) Costo

( ) Área de cobertura

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Costo	36	60.00%
Área de Cobertura	18	30.00%

**Tabla 2 Porcentajes de la encuesta**



**Fig. 9 Gráfico de pastel**



**Fig. 10 Gráfico de pastel**

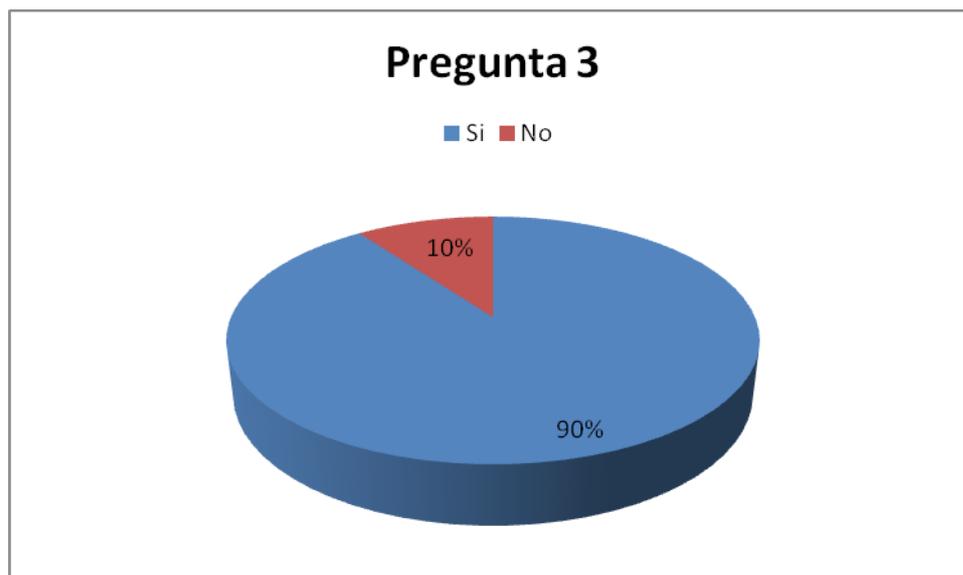
El 60% de los encuestados creen que el costo es el principal motivo para la instalación del sistema, y el 30% de los encuestados califica al área de cobertura como lo importante para decidir instalar el sistema.

3. Si usted tuviera una empresa que cuente con varios vehículos, le gustaría instalar un sistema de monitoreo en los vehículos?

( ) Si    ( ) No ( )

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	54	90.00%
No	6	10.00%
<b>Total</b>	60	100.00%

**Tabla 3 Porcentajes de la encuesta**



**Fig. 11 Gráfico de pastel**

Al 90% de los encuestados le gustaría instalar un sistema de monitoreo en caso de tener una empresa con varios vehículos.

4. Porque razón instalaría el sistema de monitoreo?

- ( ) Recuperarlo en caso de robo
- ( ) Verificar que se cumpla con una ruta
- ( ) Vigilar al conductor

<b>Alternativa</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Recuperarlo en caso de robo	48	80.00%
Verificar que se cumpla con una ruta	42	70.00%
Vigilar al conductor	18	30.00%

**Tabla 4 Porcentajes de la encuesta**



**Fig. 12 Gráfico de pastel**



**Fig. 13 Gráfico de pastel**



**Fig. 14 Gráfico de pastel**

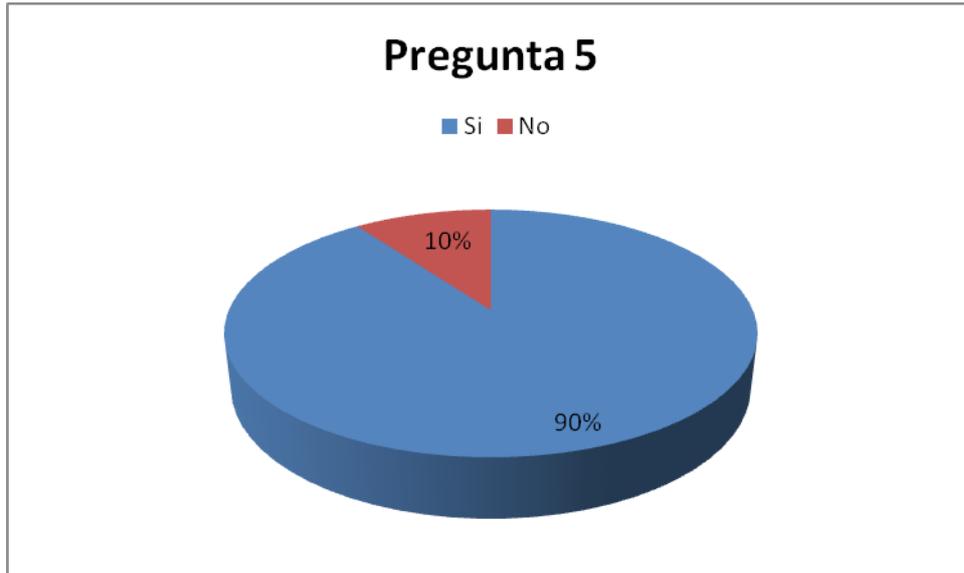
El 80% de los encuestados instalaría un sistema de monitoreo en su vehículo para recuperarlo en caso de robo, el 70% lo haría para verificar que se cumpla con una ruta determinada y el 30% lo haría también por vigilar que el conductor cumpla con su trabajo.

5. Cree usted que las empresas públicas y/o privadas deberían monitorear sus vehículos?

( ) Si    ( ) No

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	54	90.00%
No	6	10.00%
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>100.00%</b>

**Tabla 5 Porcentajes de la encuesta**



**Fig. 15 Gráfico de pastel**

El 90% de los encuestados cree que empresas públicas y/o privadas deben monitorear sus vehículos.

De acuerdo al análisis de la encuesta se determina que existe la necesidad de un sistema de monitoreo para vehículos por parte de los posibles usuarios; los propietarios de los vehículos desconocen su ubicación y el uso que terceras personas le proporcionan al vehículo.

La gran mayoría se interesaría por un sistema de monitoreo principalmente para recuperarlo en caso de robo. Para la adquisición del sistema de monitoreo el factor principal en la mayoría de personas es el costo del sistema de monitoreo seguido por el área de cobertura.

En las encuestas las personas manifestaron que las empresas tanto públicas como privadas deberían instalar sistemas de monitoreo en los vehículos.

Se puede crear un sistema de monitoreo debido a que existe el hardware y el software necesario para la implementación del proyecto.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

- Existe la necesidad de un sistema de monitoreo para vehículos ya que los propietarios de los mismos desconocen su ubicación y el uso que sus conductores les proporciona.
- La falta de sistemas de monitoreo para vehículos genera pérdida de recursos materiales y financieros.
- Para comunicar a un vehículo con un Access Point se necesita diseñar una tarjeta dotada con una antena, la misma que permitirá realizar dicha comunicación.
- La frecuencia de la antena debe ser igual a la frecuencia utilizada por un Access Point que es 2.4Gh.
- Por encontrarse los vehículos en un área expuesta a interferencias, el alcance de nuestro sistema de monitoreo será de unos pocos kilómetros.
- El estándar que se utilizará para este diseño será IEEE802.11b, con el cual definimos que se debe enviar la señal de acuse de recibo y así mismo recibirla para garantizar la comunicación.
- No se podrá monitorear el vehículo cuando este se encuentre fuera de la zona de alcance.

#### **5.2 Recomendaciones**

- Se debe implementar un sistema de monitoreo de vehículos para que sus propietarios puedan saber el uso que sus choferes les dan.

- Se debe implementar un sistema de monitoreo de vehículos para evitar pérdidas de recursos materiales y financieros.
- Cualquier dispositivo que sea insertado en un vehículo para su monitoreo debe contar con una antena para poder comunicarse con el Access Point el cual nos dará su posición.
- Se debe verificar que la antena este regulada a la frecuencia de 2.4GHz para que se pueda comunicar con el Access Point.
- Se debe colocar varios Access Point para asegurar el monitoreo debido a que las interferencias reducen en campo de cobertura a unos pocos kilómetros.
- Se debe tomar en cuenta el tiempo que se demora el dispositivo en enviar y recibir la señal de acuse de recibo para evitar datos erróneos.
- Se recomienda utilizar un equipo que trabaje en la frecuencia de 2.4Gh debido a que es una banda libre y muy utilizada, dado que puede existir organizaciones privadas que usen la banda de 5Gh con lo cual se deberá solicitar permisos o ser impedidos de utilizar dicha frecuencia.

## **CAPITULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1. Datos Informativos**

**Nombre del Proyecto:**

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE ACCESS POINT PARA DETERMINAR LA UBICACIÓN DE UN VEHÍCULO DENTRO DE UN ÁREA DETERMINADA”.

**Ubicación:**

Este proyecto se localizará en la ciudad de Ambato en la Universidad Técnica de Ambato en la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial.

**Tutor: Ing. John Ortega**

**Autor: Susana Salome Pérez Calahorrano.**

#### **6.2. Antecedentes de la Propuesta**

No se han encontrado trabajos relacionados al tema en la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.

#### **6.3. Justificación**

Debido a que no existe un sistema de monitoreo de vehículos de bajo costo, se ha escogido este tema en el cual se utilizó los Access Point para determinar la posición de un vehículo, los Access Point son muy utilizados y asequibles.

Para diseñar el sistema de monitoreo se analizó el aspecto técnico, en lo que se refiere a la frecuencia de operación, al tipo de tramas que manejan los Access Point, al alcance de la señal, al tipo de antena que se debe usar entre otros; luego se analizó el aspecto económico para saber que tan factible sería su creación.

## **6.4. Objetivos**

### **6.4.1. General**

Diseño de un sistema de monitoreo mediante la utilización de Access Point para determinar la ubicación de un vehículo dentro de un área determinada.

### **6.4.2. Específico**

- o Realizar un estudio sobre las comunicaciones inalámbricas.
- o Analizar los protocolos de comunicación.
- o Diseñar el sistema de monitoreo para vehículos utilizando Access Point.

## **6.5. Análisis de Factibilidad**

### **6.5.1 Factibilidad Operativa**

El presente trabajo es factible de realizar debido a que si no existen el hardware necesario para su implementación se lo podía importar, gracias al Internet que ha globalizado muchos servicios.

### **6.5.2 Factibilidad Técnica**

Técnicamente el proyecto es factible debido a que existe el hardware necesario para su implementación.

## **6.6 Fundamentación**

El objetivo principal de un sistema de comunicaciones, es transferir información de un lugar a otro. Por consiguiente, se puede decir que las comunicaciones electrónicas son la transmisión, recepción y procesamiento de la información entre dos o más lugares, mediante circuitos electrónicos. La fuente original de información puede estar en forma analógica (continua), como por ejemplo la voz humana o la música, o en forma digital (discreta), como por ejemplo los números codificados binariamente o los códigos alfanuméricos. Sin embargo, todas las formas de información se deben convertir a energía electromagnética antes de ser propagadas a través de un sistema electrónico de comunicaciones

### **Características propias del medio inalámbrico.**

Las redes inalámbricas locales en muchas ocasiones son planteadas como una red de computadores sin hilos sin más consideración y esto es sin duda un grave error puesto que las características del medio físico, al ser un medio no guiado, presenta unas notables diferencias con otros medios existentes. A pesar de que la teoría nos dice que las diferentes capas de la arquitectura TCP/IP son independientes, en realidad utilizar el aire como medio de transmisión afecta a muchos aspectos de las capas superiores haciendo obligatoria la reflexión sobre las ventajas e inconvenientes de este medio. A continuación mencionaremos, las características que hay que tener presentes al trabajar con este medio:

- **Es un medio no controlado** en el sentido de que al ser no guiado, el acceso al medio es mucho más difícil de controlar.
- **El rango de cobertura real es muy difícil de conocer.**
- **No se puede limitar voluntariamente la cobertura.** No es posible limitar la cobertura a la zona deseada puesto que las “zonas de sombra” o de “exceso de cobertura” no se pueden controlar al 100%

- **No es estable.** Cambios atmosféricos, del entorno, de aparejos electrónicos, etc, nos modifican dinámicamente la cobertura.
- **Las WLAN son más lentas.** En general se entiende una WLAN como una extensión de la LAN existente. La velocidad entre estas dos topologías puede ser muy diferente.
- **Las WLAN requieren configuración.** Debido a muchos de los puntos mencionados, y sobre todo por motivos de seguridad las redes inalámbricas requieren una configuración y gestión más cuidadosa que las LAN.

El funcionamiento y rendimiento de cualquier red inalámbrica viene condicionado por diversos factores:

- **Potencia de transmisión de las tarjetas**
- **Calidad de los conectores**
- **Ganancias y tipos de antenas**
- **Distancia entre antenas**
- **Zona de Fresnel**
- **Condiciones del entorno**

Es posible calcular el nivel de recepción de señal en función de todos los factores condicionantes, la siguiente fórmula muestra esta relación:

$$N_{rs} = Pt_a - Pco_a - Pca_a + Ga_a - Pp + Ga_b - Pca_b - Pco_b$$

Dónde:

$N_{rs}$  = Nivel de recepción de señal

$Pt_a$  = Potencia de transmisión a

$Pco_a$  = Pérdida de los conectores a

$Pca_a$  = Pérdida de los cables a

$Ga_a$  = Ganancia de la antena a

$Pp$  = Pérdida de propagación

$Ga_b$  = Ganancia de la antena b

$Pca_b$  = Pérdida de los cables b

$Pco_b$  = Pérdida de los conectores b.

Esta fórmula tiene sentido, cuando para un enlace óptimo, el  $N_{rs}$  es mayor que la sensibilidad más un margen de ruido que viene determinado por el entorno.

La llamada zona de Fresnel es una zona de despeje adicional que hay que tener en consideración además de haber una visibilidad directa entre las antenas. Este factor deriva de la teoría de ondas electromagnéticas respecto de la expansión de las mismas al viajar en el espacio libre. Esta expansión resulta en reflexiones y cambios de fase al pasar sobre un obstáculo. El resultado es un aumento o disminución del nivel de señal recibido.

### **Análisis de protocolos de transporte en redes inalámbricas**

Uno de los aspectos más afectados por el hecho de trabajar en este entorno inalámbrico es el funcionamiento de la pila de protocolos sobre la que se trabaja puesto que esta, en sus principios, fue diseñada para trabajar en redes cableadas.

### **Arquitectura de protocolos TCP/IP**

En términos muy generales, se puede decir que las comunicaciones involucran a tres agentes; aplicaciones, computadores y redes. Un ejemplo de aplicación podría ser la transferencia de ficheros. Los computadores se conectan a redes, y los datos que se intercambian se transfieren por la red de un computador a otro. Así, la transferencia de un fichero implica en primer lugar obtener el fichero y en segundo lugar hacerlo llegar a la aplicación del otro ordenador. Para afrontar esta transferencia es lógico dividir la tarea en tres capas independientes: capa de acceso a la red, capa de transporte y capa de aplicación.

De esta manera, cada una de las capas realiza su trabajo de forma independiente a las otras capas. Se puede decir que cada una de las capas ofrece un servicio a la capa superior de forma que la capa que solicita un servicio a la capa inferior no tiene que preocuparse por la problemática de ese nivel.

Siguiendo con el ejemplo del fichero y la arquitectura de tres capas, podríamos decir que la capa de acceso a la red trata el intercambio de datos entre el computador y la red a la que está conectado, esta capa no tiene conocimiento del tipo de datos con que está tratando y su única función es hacer llegar los datos que

le proporciona la capa superior al destino que se le indica, de forma que la red pueda encaminar estos datos.

Independientemente de la naturaleza de las aplicaciones que estén intercambiando datos, se desea que los datos se intercambien de una manera segura, es decir, que es deseable estar seguros de que todos los datos llegan a la aplicación destino y además llegan en el mismo orden en que fueron enviados. Los mecanismos que proporcionan dicha seguridad son independientes de la naturaleza de las aplicaciones. La capa que concentra todos estos procedimientos es la capa de transporte, siendo compartida por todas las aplicaciones.

Finalmente, la capa de aplicación contiene la lógica necesaria para admitir varias aplicaciones de usuario y para cada tipo distinto de aplicación, tal como la transferencia de un fichero, se necesita un módulo separado que será particular de cada una.

En el momento que la aplicación emisora genera un bloque de datos y se lo pasa a la capa de transporte, esta puede romper el bloque en unidades más pequeñas para hacerlas más manejables. A cada una de estas pequeñas unidades la capa de transporte añadirá una cabecera, que contendrá información de control según el protocolo. La unión de los datos generados por la capa superior junto con la información de control de la capa actual se denomina unidad de datos del protocolo (PDU, "Protocol Data Unit"); en este caso se referirá como unidad de datos del protocolo de transporte. La cabecera en cada PDU de transporte contiene información de control que se usará por el mismo protocolo de transporte en el computador B. La información de estas cabeceras podría ser, por ejemplo:

- **SAP (Service Access Point) destino.** La capa de transporte identificará el destino de los datos a partir de ese punto de acceso al servicio
- **Número de secuencia.** Puesto que el protocolo de transporte envía secuencias de PDU's, estas estarán numeradas.
- **Código de detección de error.** La entidad de transporte emisora incluye un código calculado en función del contenido del resto de la PDU y este código sirve, en la parte receptora para asegurar la integridad de la PDU.

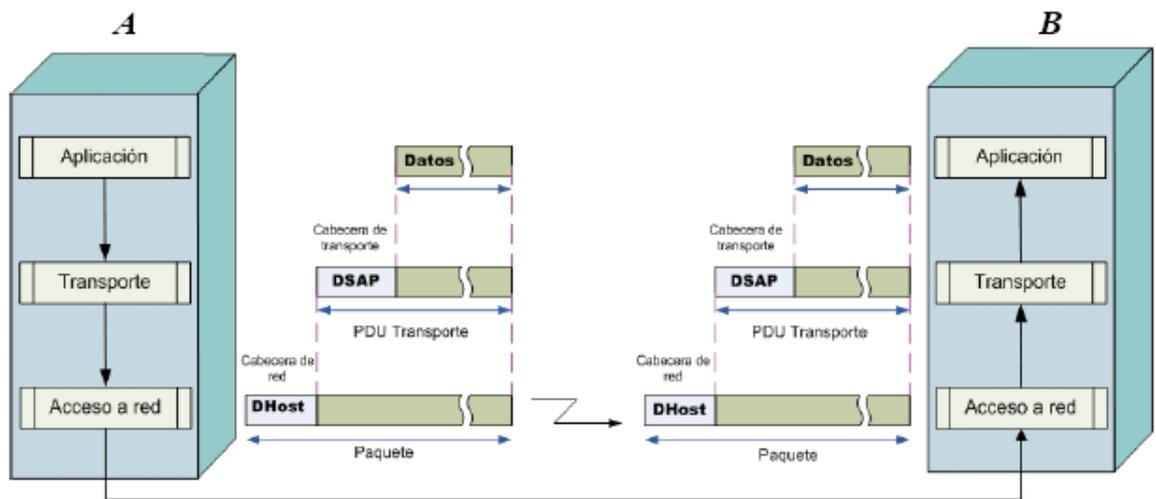
El siguiente paso en la capa de transporte es pasar cada una de las PDU's a la capa de red, con la instrucción de que sea transmitida al computador destino. Para

completar este requerimiento, el protocolo de acceso a red debe pasar los datos a la red con una petición de transmisión. Como anteriormente, esta operación requiere el uso de información de control. En este caso, el protocolo de acceso a la red añade la cabecera de acceso a la red a los datos provenientes de la capa de transporte, creando así la PDU de acceso a la red. Dicha cabecera podría contener, por ejemplo:

- **La dirección del computador destino**

- **Petición de facilidades.** El protocolo de acceso a la red podría pedir a la red que realiza algunas funciones, como por ejemplo dar prioridad.

En la fig. 8 se muestra gráficamente todos estos elementos comentados, mostrando la interacción entre los módulos para transferir un bloque de datos.

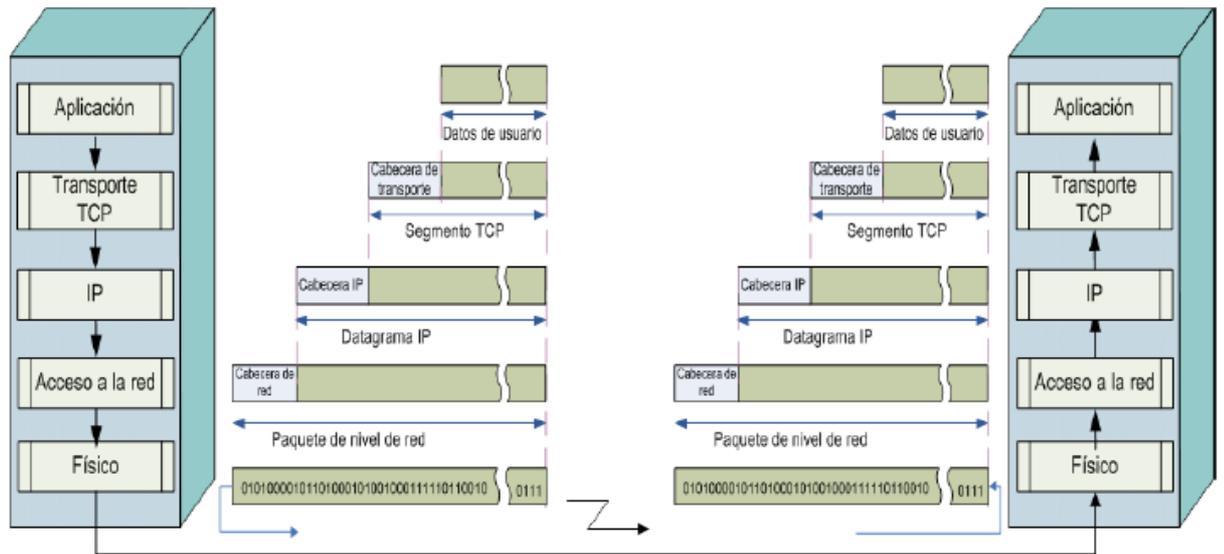


**Fig. 16 Transmisión de un bloque de datos**

Nótese que la cabecera de transporte no es “visible” al nivel de acceso a la red, en otras palabras, a dicho nivel no le concierne el contenido concreto de la PDU de transporte.

Hay dos arquitecturas que han sido determinantes y básicas en el desarrollo de los estándares de comunicación: el conjunto de protocolos TCP/IP y el modelo de referencia OSI. TCP/IP, al contrario que OSI no tiene un modelo oficial de referencia, sin embargo, basándose en los protocolos estándar que se han desarrollado, todas las tareas involucradas en la comunicación se pueden organizar en cinco capas relativamente independientes, de esta forma, por

similitud con el modelo simplificado de arquitectura de protocolos mostrado en la fig. 8, podemos dar como válido el modelo TCP/IP de la fig. 9.



**Fig. 17 Modelo de transmisión TCP**

- **La capa física** contempla la interfaz física entre el dispositivo de transmisión de datos junto con el medio de transmisión o red. Esta capa está relacionada con la especificación de las características del medio de transmisión, la naturaleza de las señales, la velocidad de datos y cuestiones afines.

- **La capa de acceso a la red** es responsable del intercambio de datos entre el sistema final y la red a la cual se está conectado. El software en particular que se use en esta capa dependerá del tipo de red que se disponga; se han desarrollado diversos estándares para conmutación de circuitos, conmutación de paquetes, redes de área local, entre otros. El software de comunicaciones situado por encima de la capa de acceso a la red no tendrá que preocuparse sobre las particularidades de la red por la que se va a transmitir. Este mismo software deberá funcionar apropiadamente con independencia de la red a la que el computador particular se conecte.

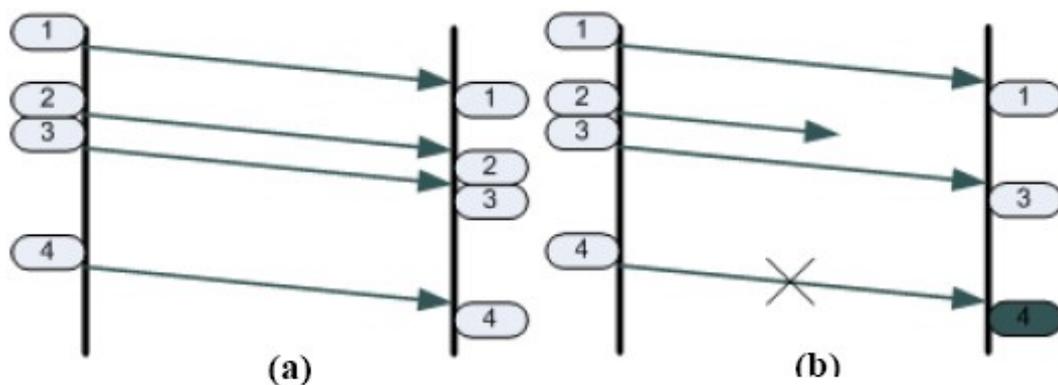
- En situaciones en las que los dos dispositivos que se desean comunicar estén conectados a través de redes diferentes, se necesitarán una serie de procedimientos para permitir que los datos atraviesen las diferentes redes interconectadas. Esta es la función de la **capa internet**. El protocolo Internet (IP “Internet Protocol”) se utiliza en esta capa para ofrecer el servicio de encaminamiento a través de varias redes.

- Independientemente de la naturaleza de las aplicaciones que están intercambiando datos, es usual requerir que los datos se intercambien de forma segura, se puede decir que, sería deseable asegurar que todos los datos llegaran a la aplicación destino y en el mismo orden en el que fueron enviados. Como se verá más adelante, los mecanismos necesarios para ofrecer la seguridad requerida son esenciales, independientemente de la naturaleza de la aplicación. La capa encargada de esta labor es la **capa de transporte**, en TCP/IP existen dos protocolos comunes de la capa de transporte: el orientado a conexión TCP (“Transmission Control Protocol”) y el no orientado a conexión UDP (“User Datagram Protocol”)
- Finalmente la **capa de aplicación** contiene toda la lógica necesaria para llevar a cabo las aplicaciones de usuario. Para cada tipo específico de aplicación, como es por ejemplo la transferencia de un fichero, se necesitará un módulo particular dentro de esa capa.

### **Control de flujo**

El control de flujo es una técnica utilizada para asegurar que la entidad de transmisión no sobrecargue la entidad receptora con una excesiva cantidad de datos. Cuando en la entidad receptora se reciben datos, el receptor debe realizar algún tipo de procesamiento antes de pasar los datos al software de los niveles superiores. Si no hubiera procedimientos para el control de flujo, la memoria temporal del receptor podría llenarse y eventualmente desbordarse mientras se procesan los anteriores.

El modelo de la fig. 10 muestra un diagrama donde, en el eje vertical se representa el tiempo y cada fila representa una única trama. Los datos se envían usando una secuencia de tramas, donde cada trama contiene un campo de datos más información de control. En este primer diagrama (10 a) supondremos que todas las tramas que se transmiten se reciben con éxito, ninguna se pierde, ni ninguna llega con errores, incluso supondremos que las tramas llegan en el mismo orden en que fueron transmitidas. Sin embargo, cada trama sufre un retardo arbitrario y variable antes de ser recibida. En la figura de la derecha (10 b) vemos el comportamiento en caso de error sin aplicar ningún control de flujo.



**Fig. 18 Control de flujo (a) Trama recibida sin errores (b) comportamiento en caso de error sin aplicar control de flujo**

### **Control de flujo mediante parada y espera**

Este es el procedimiento más sencillo para controlar el flujo y actúa de la siguiente manera; una entidad transmite una trama. Tras la recepción, la entidad destino indica su deseo de aceptar otra trama enviando confirmación de la trama que acaba de recibir. La fuente, antes de enviar la siguiente trama debe esperar hasta que se reciba la confirmación. Este procedimiento funciona bien, y de hecho, es difícil mejorar su rendimiento cuando el mensaje se envía usando un reducido número de tramas de gran tamaño, aunque por otra parte, cuanto más larga sea la transmisión, más alta será la posibilidad de que haya errores. Si las tramas se rompen en bloques de datos más pequeños, estos errores se detectarán antes y menor será la cantidad de datos que se deba retransmitir. Así pues ya podemos concluir que un tamaño de trama adecuado determina las prestaciones de una técnica de control de flujo.

En situaciones donde la longitud del enlace sea mayor que la longitud de la trama aparecen ineficiencias importantes.

### **Control de flujo de ventana deslizante**

El problema comentado anteriormente es debido a que sólo puede haber una trama en tránsito. Las situaciones en las que la longitud del enlace en bits ( $e$ ) es mayor que la longitud de la trama ( $\tau$ ), dan lugar a problemas de ineficiencia. Si se permitiesen transitar varias tramas al mismo tiempo en el enlace, la eficiencia se puede mejorar significativamente.

Examinemos con más detenimiento como este procedimiento actuaría para dos estaciones A y B. La estación B reserva memoria temporal suficiente para almacenar n tramas. Por tanto B puede aceptar n tramas, y a A se le permite enviar n tramas sin tener que esperar ninguna confirmación. Para mantener conocimiento de qué tramas se han confirmado, cada una de ellas se etiqueta con un número de secuencia. B confirma una trama enviando una confirmación que incluye el número de secuencia de la siguiente trama que se espera recibir, esta confirmación, implícitamente también indica que B está preparado para recibir las n tramas siguientes, a partir de la especificada. Este esquema también se puede utilizar para confirmar varias tramas simultáneamente. Por ejemplo, B podría recibir las tramas 2, 3 y 4 pero retener la confirmación hasta que la trama 4 llegue. Al devolver la confirmación con número de secuencia 5, B confirmará las tramas 2, 3 y 4 simultáneamente, A mantiene una lista de los números de secuencia que está esperando recibir. Cada una de estas listas se puede considerar como una ventana de tramas.

### **Control de errores**

El control de errores hace referencia a los mecanismos necesarios para la detección y la corrección de errores que aparecen en la transmisión de tramas. Al igual que el caso anterior, partimos de la idea que los datos llegan en el mismo orden en el que fueron enviados, y cada trama sufre un retardo variable antes de recibirse. Se contempla sin embargo dos tipos de errores:

- **Tramas perdidas:** Por ejemplo, una ráfaga de ruido puede dañar una trama de forma que el receptor no se de cuenta que se ha recibido tal trama.
- **Tramas dañadas:** Esta misma ráfaga de ruido podría afectar a una trama de forma que no dañe por completo todo su contenido, dañando únicamente algunos bits.

Las técnicas más utilizadas para el control de errores se basan en alguna de las siguientes aproximaciones:

- **Detección de errores.** Esta sencilla técnica, que consiste básicamente en añadir redundancia a los datos para detectar posibles errores sufridos en parte o la totalidad de la trama.

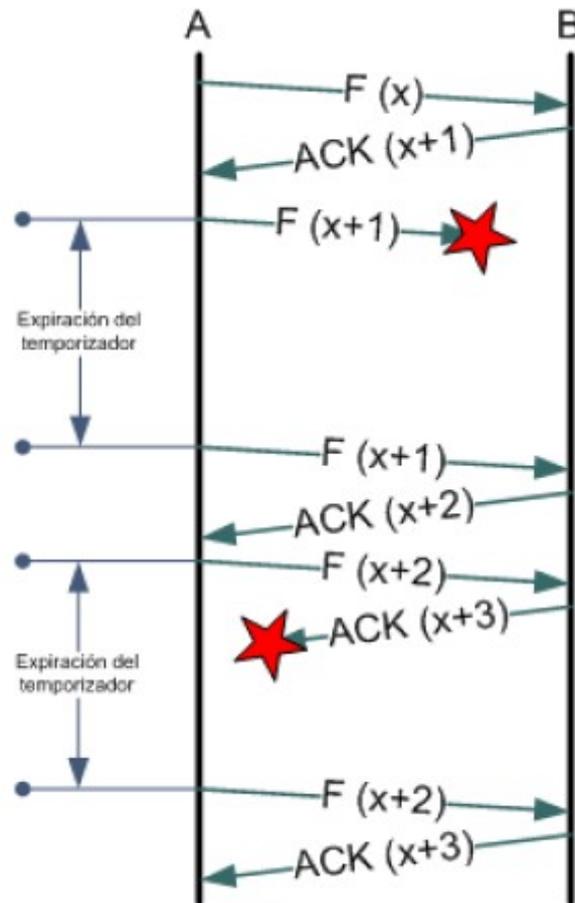
- **Confirmaciones positivas:** el destino devuelve una confirmación positiva por cada trama recibida con éxito y libre de errores.
- **Retransmisión después de la expiración de un intervalo de tiempo:** la fuente retransmite las tramas que no se han confirmado después de un período determinado.
- **Confirmación negativa y retransmisión:** el destino devuelve una confirmación negativa al detectar errores en las tramas recibidas. La fuente retransmitirá de nuevo esas tramas.

Todos estos mecanismos se denominan genéricamente solicitud de repetición automática ARQ (“automatic repeat request”); el objetivo de ARQ es convertir un enlace de datos no fiable en seguro. Hay tres variantes del ARQ que se han normalizado: ARQ con parada y espera, ARQ con adelante atrás N y ARQ con rechazo selectivo.

#### **ARQ con parada y espera**

La estación origen transmite una única trama y entonces, debe esperar la recepción de una confirmación (ACK). No se podrá enviar ninguna otra trama hasta que la respuesta de la estación destino vuelva al emisor.

Pueden ocurrir dos tipos de error; el primero consistirá en que la trama llegue al destino dañada y el segundo consistirá en que la confirmación se deteriore de camino al emisor de la trama. Si observamos la fig. 11 veremos como el “ARQ stop and wait” soluciona cada uno de estos problemas.



**Fig. 19 ARQ con parada y espera (“Stop & Wait”)**

La ventaja principal de ARQ Stop & Wait es su sencillez y como inconveniente tenemos la ineficiencia en situaciones en las que el enlace es mayor que el tamaño de la trama.

### **ARQ con adelante atrás N**

Es la técnica de control de errores más frecuente. Está basada en el procedimiento de control de flujo mediante ventanas deslizantes. Una estación puede enviar una serie de tramas numeradas secuencialmente módulo algún valor predeterminado. El número de tramas pendientes de confirmar se determina mediante el tamaño de la ventana. Mientras no aparezcan errores el destino confirmará (RR “Receive Ready”) si existen errores, enviará una confirmación negativa (REJ “Reject”) para esa trama. La estación destino descartará esa trama y todas las que se reciban en el futuro hasta que la trama errónea se reciba correctamente. Esta es la característica propia de esta técnica, el hecho de que cuando la estación fuente reciba un REJ,

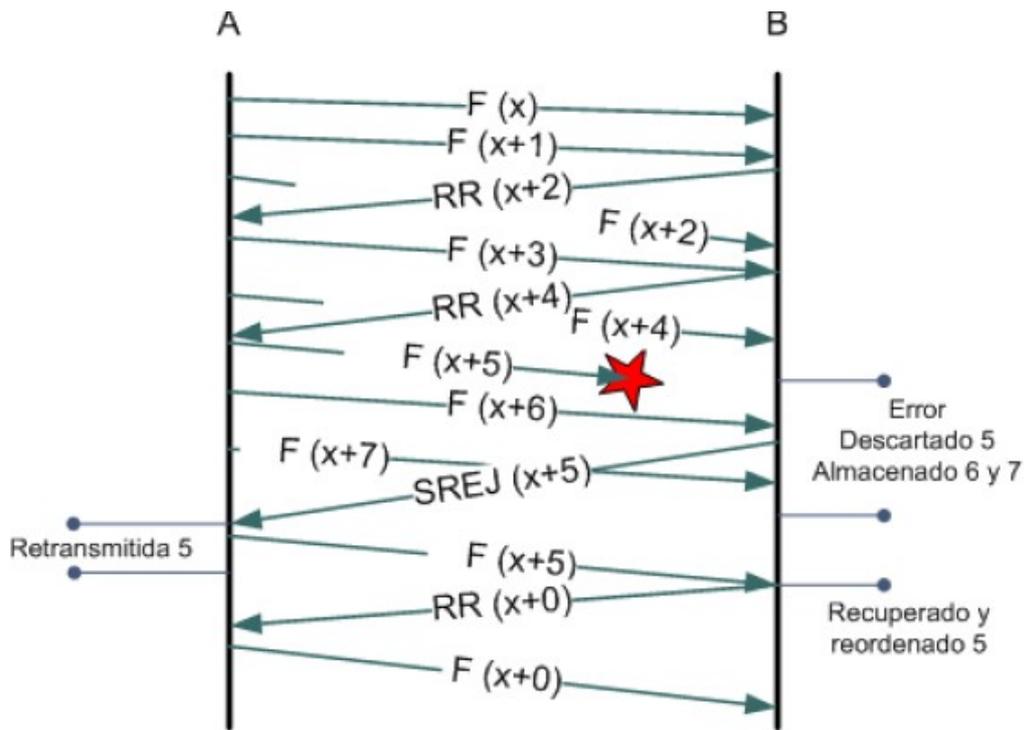
deberá retransmitir la trama errónea más las “N” tramas posteriores que hayan sido retransmitidas mientras tanto.

El protocolo es bastante más complejo, por ejemplo, el caso en que se pierde o deteriora un mensaje RR, en este caso, el emisor reacciona enviando una petición de confirmación RR (orden RR (P bit)) que espera como respuesta el RR con el último número de secuencia del mensaje que espera recibir el receptor. Como esta situación, nos podemos imaginar otras posibilidades como por ejemplo que sucedería si se perdiese esta orden RR(P bit) o la respuesta a esta.

Hay que destacar, de entre otros posibles errores en la transmisión lo siguiente; supóngase que una estación envía la trama 0 y recibe de vuelta una RR1, posteriormente envía las tramas 1,2,3,4,5,6,7,0 y recibe otra RR1. Esto podría significar que todas las 8 tramas se recibieron correctamente y que la RR1 es una confirmación acumulativa. También se puede interpretar como que las 8 tramas se han deteriorado o incluso perdido por el camino. Esta posible ambigüedad se evita si el tamaño máximo de la ventana se fija a 7 (es decir, de forma general  $2k-1$ ).

### **ARQ con rechazo selectivo**

En ARQ con rechazo selectivo, las únicas tramas que se transmiten son aquellas para las que se recibe una confirmación negativa, denominada SREJ (“Selective Reject”), o aquellas para las que el temporizador correspondiente expira. Esto parece más efectivo que el “Go Back N”, debido a que se reduce el número retransmisiones. Por otra parte, el receptor deberá reservar zona de memoria lo suficientemente grande para almacenar las tramas tras una SREJ, hasta que la trama se transmita, y además debe tener lógica adicional para reinsertar la trama reenviada en la posición correspondiente. Vemos como soluciona ARQ con rechazo selectivo (“Selective Reject”) (fig. 12) la misma situación que la planteada con Stop & Wait.



**Fig. 20 ARQ con rechazo selectivo (“Selective Reject”)**

Por lógica, es fácil comprobar que la particular de esta técnica aumenta en complejidad y no es difícil imaginar problemas que los protocolos que implementen este control de errores deberán solucionar. Entre ellos podemos destacar las restricciones en cuanto al número de secuencia y de ventana que supone este proceso. Consideremos el caso en que A envía las  $2k - 1$  tramas numeradas y la estación las recibe y envía un RR 7, debido a una ráfaga de ruido RR 7 se pierde y A retransmite la trama 0 debido a la expiración del temporizador, B ha desplazado su ventana de recepción indicando que acepta las tramas 7,0,1,2,3,4, y 5. Al recibir la trama 0 anterior supone que la trama 7 se ha perdido y que se trata de una trama 0 diferente y por tanto la acepta.

Este es un problema que se soluciona haciendo que la ventana no sea nunca mayor a la mitad del rango de los números de secuencia. En general, para un campo de números de secuencia de  $k$  bits, es decir, para un rango de  $2k$ , el tamaño máximo de la ventana se fija en  $2(k-1)$ .

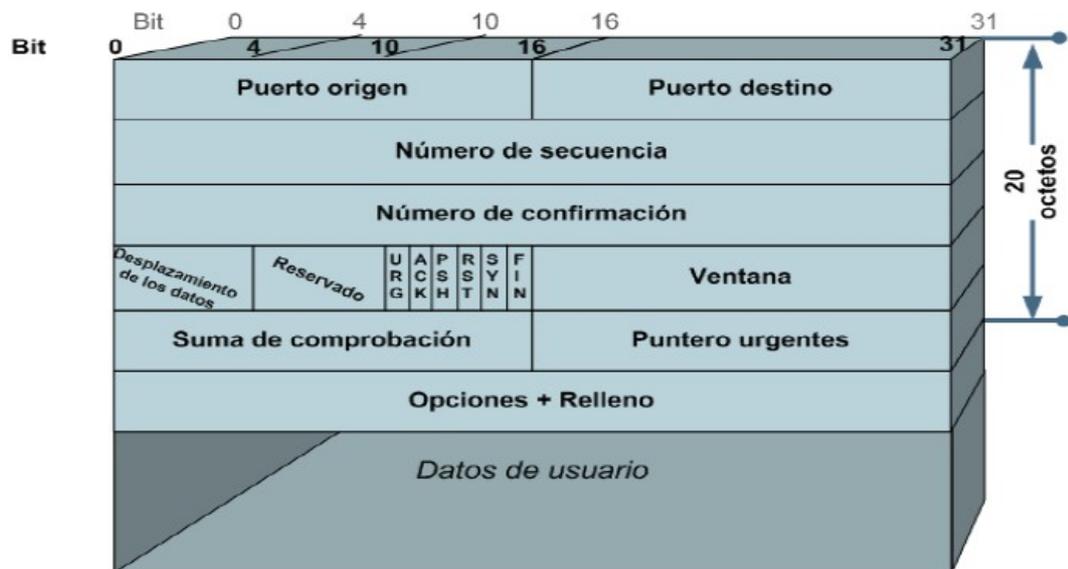
### **El nivel de transporte**

La misión de los protocolos definidos en el nivel de transporte es ofrecer a sus usuarios un sistema transparente de transferencia de mensajes, y por tanto independiente de la tecnología de red utilizada en niveles inferiores.

### El nivel TCP (Transmisión Control Protocol)

Este nivel ofrece un flujo de octetos orientado a la conexión. TCP pretende ofrecer un servicio de transporte fiable (sin errores, pérdidas, duplicidades, desorden de tramas, etc.) y extremo a extremo, sobre las redes de conmutación de paquetes. Por esto TCP se usa en aplicaciones de red que necesitan liberación garantizada y que no desean o pueden incorporar mecanismos propios de fiabilidad en estas aplicaciones. Los beneficios del uso de TCP tienen un costo, respecto a otros protocolos de transporte más simples: requieren más CPU y ancho de banda de red.

El formato de un segmento TCP es el siguiente:



**Fig. 21 Formato de cabecera TCP**

El objetivo de TCP es ofrecer conexiones fiables, para lograr esto sobre un sistema de comunicaciones no fiable como IP, se tienen que añadir diversas funcionalidades:

- a) Transferencia básica de dato.
- b) Fiabilidad.
- c) Control de flujo.

- d) Multiplexación.
- e) Conexiones.
- f) Prioridad y seguridad.

### UDP (User Datagram Protocol)

Este es el otro protocolo principal que trabaja sobre IP, es la alternativa a TCP. El servicio que ofrece a las aplicaciones de red no es más que una interfaz IP, por esto el núcleo de UDP es mucho más sencillo que el módulo TCP.

UDP es un servicio de datagramas no orientado a conexión que no garantiza liberación. UDP no mantiene una conexión extremo a extremo con el módulo UDP remoto. Únicamente coloca el datagrama sobre la red. No realiza fragmentación ni seguimiento de los datagramas enviados

El formato de la cabecera UDP es el siguiente:



**Fig. 22 Formato de Cabecera UDP**

El objetivo de UDP es simplemente permitir el intercambio de datos entre aplicaciones de red sin la sobrecarga de TCP.

### Aplicaciones

Las aplicaciones sobre TCP se ajustan mejor cuando se necesita

- a) Un servicio de liberación de flujo de datos fiable y/o
- b) Eficiencia sobre circuitos de largo recorrido.

UDP, por su parte será mejor cuando se requiera:

- a) Un servicio de datagramas y/o
- a) Eficiencia sobre redes rápidas con latencias pequeñas.

## Caracterización de los protocolos TCP y UDP sobre plataformas inalámbricas

TCP está diseñado para proporcionar una comunicación segura entre procesos (usuarios TCP) paritarios a través de una gran variedad de redes seguras e inseguras así como un conjunto de redes interconectadas. Sin embargo, este diseño tan general tiene sus dificultades cuando se enfrenta a entornos tan concretos como son las redes inalámbricas. A modo de introducción, mostramos la tabla 6, que representa las tasas de error por bit (BER “Bit Error Rate”) en redes cableadas de diferentes medios físicos comparadas con la tasa en redes inalámbricas.

Aunque TCP es capaz de funcionar en diferentes medios, en principio no fue diseñado para soportar específicamente una tasa de error por bit como la que presentan los medios inalámbricos, muestra de esto es la utilización, en capa de enlace, de técnicas de detección de error en vez de técnicas de detección y corrección, que no sólo detectan sino que corrigen estos errores. Esta técnica, conocida como Corrección de Error de Encaminamiento (FER, “Forward Error Correction”), muestra un comportamiento, en entornos inalámbricos, que mejora esta tasa de error de bit llegando a tasas comparables con los medios cableados.

<i>Medio de transmisión</i>	<i>BER</i>
<b>Medios cableados</b>	
Cable de cobre	$10^{-6}$ a $10^{-7}$
Fibra óptica	$10^{-12}$ a $10^{-14}$
<b>Medios inalámbricos</b>	
Aire sin FEC	Mayor a $10^{-1}$

**Tabla 6 Comparación tasa de error por bit**

El problema es que las versiones de TCP corrientes interpretan un segmento ausente como congestión en la red, lo que significa que el remitente debe reducir la velocidad de transmisión. Esta interpretación es a menudo correcta para las redes cableadas. Desafortunadamente, si también encontramos vínculos

inalámbricos en la ruta de comunicación, esta suposición podría ser errónea. En estos casos, la interpretación del TCP es incorrecta y lleva a un mal comportamiento del nivel de transporte, perjudicando seriamente la comunicación.

Otra característica propia de TCP, y muy relevante en nuestro caso particular, es el uso ineficiente de energía. Las implementaciones corrientes de TCP no se preocupan de si el protocolo hace un uso eficiente de energía; todos los anfitriones tienen acceso ilimitado a energía. Como ejemplo, algunos protocolos de la capa de enlace de datos implementan un esquema ARQ y al mismo tiempo TCP también provee una transmisión fiable extremo a extremo, se ha demostrado que esta redundancia lleva a un peor comportamiento del enlace.

Una de las propuestas de mejora analizadas consiste en utilizar el modelo indirecto de conexión, esto es, partir la conexión TCP en dos partes, de manera que cada una sea gestionada independientemente y que un elemento situado entre ambas partes las coordine. Cada una de estas partes representará a cada uno de los mundos que forman el tipo de situaciones que se desean estudiar; el mundo inalámbrico y el cableado.

La siguiente tabla (Tabla 7) nos presenta los diferentes enfoques que los investigadores han perseguido para poder resolver los posibles problemas mencionados anteriormente. Algunos de estos estudios se centran en la capa de datos, sugiriendo que esta sea la encargada de este control de errores. Otros favorecen una solución a nivel de la capa de transporte.

<b>Aplicación</b>	Anfitriones desean acceso a servicios como WWW, e-mail, FTP, mensajes, etc.
<b>Transporte</b>	TCP, variantes, UDP, protocolos experimentales
<b>Red</b>	Todos los anfitriones deben soportar IP (IPv6 e IP mobile)
<b>Enlace de red</b>	TCP- no alerta, TCP alerta (Snoop) <sup>3</sup>
<b>Física</b>	FEC

**Tabla 7 Diferentes propuestas para la arquitectura de red cableada-inalámbrica**

Existen numerosos estudios que analizan este aspecto de la tecnología TCP/IP, los cuales básicamente se centran en la influencia del número de terminales que acceden al medio y en como afecta su presencia al rendimiento del sistema. Otros, sin embargo estudian los niveles propios de la arquitectura TCP/IP independientemente de los niveles de aplicación.

Varios conceptos que nos llevarán a tomar varias decisiones en cuanto al software de comunicaciones, son:

a) El uso de TCP para aplicaciones que trabajen sobre redes inalámbricas es inadecuado puesto que:

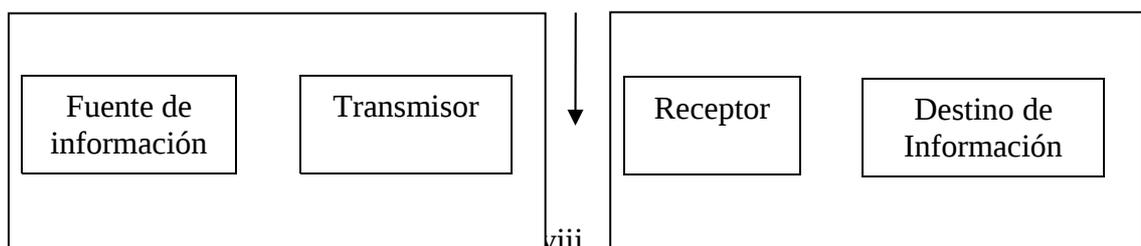
- o El control de congestión implementado por TCP reduce la eficacia del enlace
- o El uso ineficiente de la energía que realiza este protocolo.
- o El *overhead* introducido por las cabeceras TCP supone un mal uso del ancho de banda, que aunque no es excesivamente crítico para algunas aplicaciones, este ancho de banda es ya de por sí considerablemente menor que en redes cableadas.
- o Las retransmisiones se hacen excesivas en caso de ruido en el enlace.
- o El tiempo de inactividad TCP en la entidad transmisora es elevado en caso de ruido.
- o Comportamiento temporal impredecible y variable debido al diseño del protocolo.

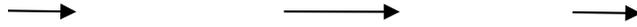
b) El uso de UDP es adecuado para aplicaciones que requieren tiempo real siempre que la relación señal ruido sea menor que 10 dB.

c) El control de congestión que implementa TCP, que ya de por sí supone un problema en redes inalámbricas, supone una sobrecarga innecesaria en nuestro caso. Esto es así puesto que nuestra red inalámbrica no es una red de tránsito.

### Sistemas Electrónicos de Comunicaciones

Medio de transmisión





**Fig. 23 Diagrama de bloques de de un sistema de comunicación inalámbrico.**

La figura muestra un diagrama de bloques simplificado de un sistema electrónica de comunicaciones, que comprende un transmisor, un medio de transmisión y un receptor.

**Transmisor:** es un conjunto de uno o más dispositivos o circuitos electrónicos que convierte la información de la fuente original en una señal que se presta más a su transmisión a través de determinado medio de transmisión.

**Medio de transmisión:** transporta las señales desde el transmisor hasta el receptor, y puede ser tan sencillo como un par de conductores de cobre que propaguen las señales en forma de flujo de corriente eléctrica. También se puede convertir la información a ondas electromagnéticas luminosas, propagarlas a través de cables de fibra óptica hechas de vidrio o de plástico, o bien se puede usar el espacio libre para transmitir ondas electromagnéticas de radio, a grandes distancias o sobre terreno donde sea difícil o costoso instalar un cable físico.

**Receptor:** Un receptor es un conjunto de dispositivos y circuitos electrónicos que acepta del medio de transmisión las señales transmitidas y las reconvierte a su forma original.

**Propagación:** Es la forma en la cual “van saliendo” las señales al aire. Aquí es donde verdaderamente se aplican las técnicas de DHSS y FHSS. SS (Spread Spectrum) es la técnica de emplear muchas subportadoras de muy baja potencia con lo cual se “expande” el espectro útil. En cuanto a DH y FH El ejemplo típico que se emplea para estas técnicas es la analogía con una terminal de trenes, en la cual existen varios andenes. Para DH, los trenes estarían saliendo, primero el andén 1, luego el 2, a continuación el 3, 4, 5... y así sucesivamente, respetando siempre este orden. Para FH, la salida de los trenes no respeta el orden y puede ser aleatoria o acorde a un patrón determinado (WiFi hace un muy buen uso de esto,

pues en las subportadoras que recibe mucha interferencia no las usa o emplea menos cantidad de bits en las mismas).

## 6.7 Modelo Operativo

### 6.7.1 Diseño del prototipo

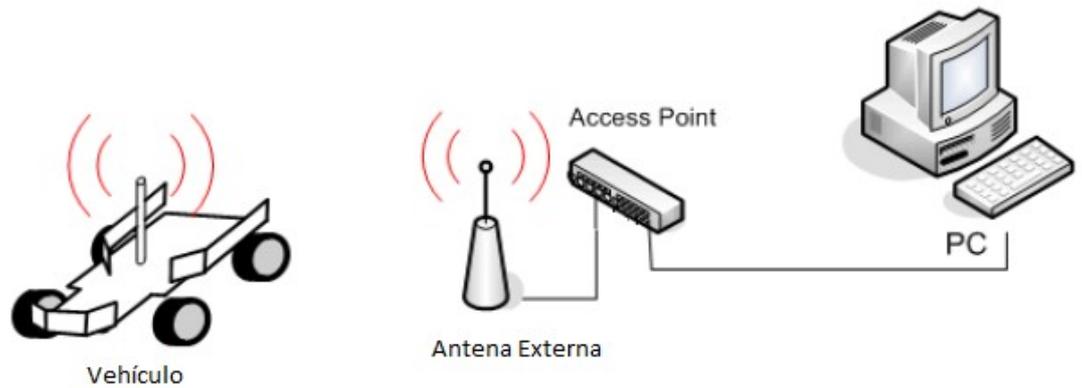


Fig. 24 Esquema del sistema de monitoreo

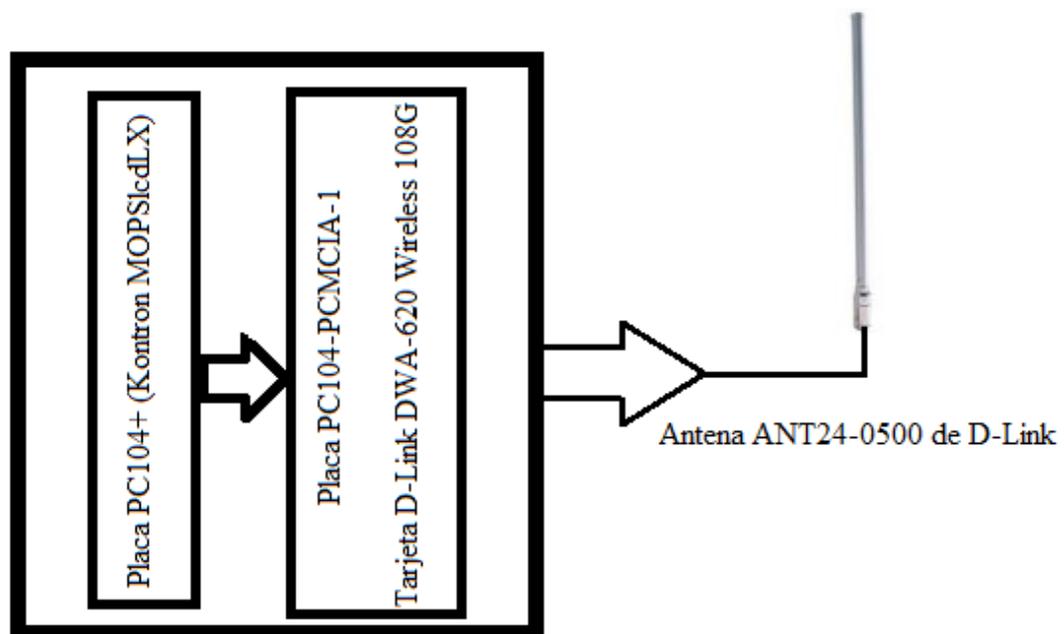


Fig. 25 Unidad de Control en Vehículo

Placa PC104+



**Fig. 26 Placa PC104+ (Kontron MOPSlcdLX)**

La PC104+ es una placa madre de PC. El fabricante del modelo empleado es *Kontron* y su nombre comercial es *MOPSlcdLX* (figura 3.2). Algunas de estas características son:

- Tamaño muy reducido. Dimensiones: 96 x 90 mm(3,8 x 3,6”).
- Microprocesador AMD Geode LX800 a 266MHz
- 254 MB de memoria compartida Arquitectura (SMA)
- Consumo muy bajo.
- ROM del sistema (BIOS)
- Hasta 1 GB DDR-SDRAM de apoyo
- Acceso directo a memoria (DMA) de los controladores
- Contadores
- Interrupción de los controladores
- Teclado / ratón controladores
- Altavoz de interfaz
- Disquetera de interfaz
- (IDE)-el disco duro de interfaz
- Los puertos serie (COM1 y COM2)
- Puerto paralelo (LPT1)
- Reloj en tiempo real

- Reloj de vigilancia
- Universal Serial Bus (USB)
- Ethernet 10/100 Base-TX
- Bus ISA
- Bus PCI

## **Especificaciones funcionales**

### **Procesador**

AMD Geode LX800 procesador integrado

### **Interior de autobuses**

33 MHz de bus PCI

Hasta 266 MHz bus de memoria

### **Chipset**

AMD chipset de CS5536

### **Fuente de alimentación**

5V de suministro de energía a bordo de la tecnología de baja tensión

### **Super I / O**

Winbond W83627

### **Cache**

On-die de segundo nivel con 128 kB

### **Memoria**

Una SODIMM interfaz de 200 a correr con DDR200 DDR266 sin búfer  
DDR-2.5V

SDRAM, up to 1GB SDRAM, de hasta 1GB

### **Universal Serial Bus (USB)**

Dos puertos USB 2.0 (OHCI / EHCI)

Teclado USB legado de apoyo

Soporte USB disco de arranque

### **Ethernet**

Intel 82551ER 10/100 Mbps PCI Fast Ethernet Controlador

### **Bus PCI Externo**

33 MHz PCI reloj

Sólo una tarjeta PCI 3.3V

Según los datos del fabricante para conectar nuestra tarjeta a una batería deberemos conectarla al pin tres los 5V, con una corriente máxima de 1A.

### **Placa PC104-PCMCIA-1**

Este hardware es esencial para proporcionar comunicación inalámbrica mediante el estándar IEEE 802.11b a la placa PC104+ ya que proporciona la interfaz que, mediante los buses de salida de la pc104+, hace posible la inserción de la tarjeta PCMCIA. Este dispositivo sigue el estándar PC104 y por tanto tiene un tamaño igual a la PC104+. La figura 3.4 muestra este dispositivo.



**Fig. 27 Placa PC 104 PCMCIA-1**

Entre sus características técnicas destacamos:

- Formato PC104 (16 bit).
- Dimensiones 96 x 90 mm (3,8 x 3,6”) sin exceder conectores periféricos.
- Controlador VADEM 469 para 2 PCMCIAs tipo I, II o una PCMCIA tipo III.
- Interfaz de bus tipo Bus PC104
- Dual-Slot-Drive (Soporte para dos PCMCIAs simultáneamente).
- Una doble ranura de toma de corriente con mecanismo de expulsión
- Altura: 23,5 mm como máximo (incluyendo los pines del conector PC/104)
- Peso: 96 g (sin dispositivos PCMCIA)

### **Tarjeta D-Link DWA-620 Wireless 108G**

En cuanto a los detalles de la tarjeta PCMCIA se refiere podemos destacar la utilización de 64-bits de encriptación WEP, D-Link DWA-620 con 128 bits de encriptación WEP.

D-Link DWA-620 cuenta con encriptación WPA, o Wi-Fi Protected Access, es un estándar de Wi-Fi que fue diseñado para mejorar las características de seguridad de WEP (Wired Equivalent Privacy). Equivalent Privacy).



**Fig. 28 Tarjeta D-Link DWA-620 Wireless 108G**

Otras características que destacamos son:

#### **Normas**

- IEEE 802.11b
- IEEE 802.11g

#### **Bus Type**

- 32-bit Cardbus

#### **Consumo de energía**

- Modo Ahorro de energía = 28mA
- Modo Inactivo= 4.66mA
- Modo de transmisión= 248mA

#### **Seguridad**

- WPA / WPA2-Acceso Protegido Wi-Fi (TKIP, MIC, IV Expansión, autenticación de clave compartida)
- 802.1x
- 64/128-bit WEP

#### **Control de Acceso**

- CSMA / CA con ACK

#### **Gama de frecuencias Gama de Frecuencias**

- De 2,4 GHz a 2,4 GHz 2.462GHz

#### **Alcance inalámbrico de señal \***

- En interiores: hasta 328 pies (100 metros)
- En el exterior: hasta 1.312 pies (400 metros)

\* La velocidad máxima de la señal inalámbrica del estándar IEEE 802.11g. El rendimiento real puede variar. Condiciones de la red y factores ambientales, como el volumen de tráfico de la red, materiales de construcción y construcción, y sobrecarga de la red, disminuir la velocidad real de transmisión de datos. Los factores ambientales afectarán negativamente el alcance de la señal inalámbrica.

#### **Antena ANT24-0500 de D-Link**

ANT24-0500 Antena Omnidireccional 5dBi/ 360deg de Interior, montaje en Techo



**Fig. 29 Antena ANT24-0500 de D-Link**

#### **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

- Frecuencia: 2.4 ~ 2.5 GHz
- Ganancia: 5 dBi, VSWR : 2:1 máx.
- Polarización: Lineal vertical
- HPBW: horizontal 360°, vertical 32°
- Impedancia: 50 Ohm nominales
- Conector estándar: N female

Descripción: La antena ANT24-0500 de D-Link con sus 5 dBi de ganancia permite extender la señal de cobertura inalámbrica de una red WLAN. Esta antena está equipada con un cable de conversión que permite la conexión directa cualquier Access Point o Router capaz de soportar antenas externas.

#### FICHA TECNICA

- Frequency range • 2.4 a 2.5 GHz
- Gain: 5 dBi
- VSWR: 2:1 Max
- Polarization: Linear, vertical
- HPBW / horizontal: 360°
- HPBW / vertical: 32°
- Downtilt: 40°
- Power handling: 20 W (cw)
- Impedance: 50 Ohms
- Connector: N female
- Cable: (conector N-macho a RP-SMA) - 0,5 metros - 0.83db perdió por metro
- Temperatura: - 40°C a 80°C
- Humedad: 100% @ 25°C
- Protección contra rayos: Toma de tierra DC
- Radom color: Gris-blanco
- Radom material: de fibra de vidrio •
- Peso: 0,8 kg
- Dimensiones: 330 x 19 mm
- Velocidad del viento Survival 180 km / h

#### **DAP-1150 WIRELESS G ACCESS POINT** Access Point Indoor 802.11g



**Fig. 30 ACCESS POINT DAP-1150 WIRELESS G**

### **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

- Estándar Wireless 802.11g
- Antena interna Omni-Direccional
- Múltiples modos de operación: Access Point, Wireless Cliente, AP Repeater
- Seguridad avanzada: WEP, WPA/WPA2, WPA-PSK/AES, Filtro MAC

### **Interfaces:**

- 01 Puerto LAN (10/100M Base-TX)
- 01 Entrada de antena con conector SMA inverso
- 01 Botón de cambio de modo (AP / Repeater / Wireless client)
- 01 Botón de WPS

### **Puerto de 10/100 Base-T:**

- IEEE 802.3
- IEEE 802.3u
- Soporta operación de Full/Half Duplex
- IEEE 802.3x soporta control del flujo

### **Wireless:**

- Estándar: IEEE 802.11b
- IEEE 802.11g
- Frecuencia de operación: 2.4 to 2.4835 GHz
- Canal de operación:

- FCC: 11
- ETSI: 13
- Modulación: 802.11b: DQPSK, DBPSK, DSSS y CCK
- 802.11g y n: BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, OFDM
- Modos de Operación:
  - Access point
  - Wireless Client
  - Wireless Repeater

**Antena:** antena omni-direccional desmontable con ganancia de 2dBi y conector de RP-SMA.

Sensibilidad de recepción:

802.11b, Error Rate = 8%:

- 11Mbps: -80dBm
- 5.5Mbps: -84dBm
- 2Mbps: -87dBm
- 1Mbps: -88dBm

802.11g, Error Rate = 10%:

- 54Mbps: -65dBm
- 48Mbps: -66dBm
- 36Mbps: -70dBm
- 24Mbps: -74dBm
- 18Mbps: -77dBm
- 12Mbps: -79dBm
- 9Mbps: -81dBm
- 6Mbps: -82dBm

Potencia de transmisión

- 802.11b:16dBm (típica)
- 802.11g:14dBm (típica)

Seguridad:

- 64/128-bit WEP
- WPA-PSK, WPA2-PSK
- WPA-EAP , WPA2-EAP

- TKIP , AES
  - Wi-Fi Protected Access (WPA-PSK, WPA2-PSK)®
  - Wi-Fi Protected Setup™(WPS PIN/PBC)
  - Filtro de dirección MAC
  - Función de deshabilitar SSID broadcast
- Quality Of Service (QoS): Wi-Fi Multimedia (WMM)

### **Antena Externa**

La zona principal a cubrir se define como la mayor zona exterior al edificio donde se decida colocar un punto de acceso. Para lograr esta cobertura se ha seleccionado una antena omnidireccional de ángulo de cobertura ancho que, colocada en el exterior del edificio, dará cobertura a la mayor distancia posible y con la mejor relación señal ruido posible.

Llegados a este punto, la selección de la antena dependerá de las características de los otros elementos de la red inalámbrica, distancias, etc. Utilizando la fórmula que relaciona el nivel de señal con todos los factores condicionantes calcularemos aproximadamente la ganancia necesaria de nuestra antena.

Esos son los datos para nuestros cálculos:

- **Distancia a cubrir (entre antenas):** como primera aproximación podemos suponer 5km aproximadamente (siendo este nuestro máximo exagerado para asumir posibles pérdidas debidas a condiciones atmosféricas)
- **Longitud del cable A:** El cable que conecta el access point con la antena externa mide aproximadamente 20,4 metros.
- **Longitud del cable B:** El cable que conecta la antena (range extender antenna ) con la tarjeta de la estación móvil mide aproximadamente 1,5 metros.
- **Potencia tarjeta:** Entendemos tarjeta como el punto de acceso ya que éste no es más que una tarjeta que se ubica en el vehículo. La potencia nominal es 15 dBm.
- **Pérdida de conectores A:** Consideramos de forma conjunta los 50 cm del pigtail16, los conectores tipo N y los empalmes desde el access point a la antena. Estos suman un total aproximado de 4,2dBm (2 dBm de pérdida cada conector más la pérdida de los 50 cm de pigtail)

- **Pérdida de conectores B:** No se tienen en cuenta pérdidas en el conector de la estación móvil puesto que no existen empalmes y la pérdida en el conector de la PCMCA a la antena es mínima.

- **Ganancia de antena A:** *Valor a calcular*

- **Ganancia de antena B:** 5 dBi

Ahora necesitaremos otros datos como son; la sensibilidad, el margen de ruido, la pérdida de señal por propagación y las pérdidas producidas por el tipo de cable.

- Para un enlace correcto, la sensibilidad debe ser:

- Para 11Mbit: -80dBm
- Para 5,5Mbit: -87dBm
- Para 2Mbit: -91dBm
- Para 1Mbit: -94dBm

- El margen ha de ser:

- Mínimo: 15dB
- Enlaces expuestos a interferencias (ciudad): 18dB
- Enlaces con condiciones climáticas adversas: 22dB

- La pérdida de señal por propagación entre antenas se puede calcular:

$$Pp = 40 + 20 \log (d)$$

Dónde Pp es la pérdida por propagación en dB y d es la distancia entre antenas en kilómetros.

- La siguiente tabla muestra la relación entre modelos de cable y la pérdida de señal / metro a una frecuencia de 2,4GHz:

Cable	Pérdida en dB/100m
RG-216	136
RG-58	81
LMR-200	54,2

**Tabla 8 Relación entre modelos de cable y pérdida de señal**

Por tanto, aplicando esto a nuestro caso particular tenemos:

Nivel de recepción de señal mínimo para nuestro enlace de 11 Mbit: -80 dBm, que podemos situar con un margen intermedio entre el mínimo y las interferencias que pueden crear los edificios colindantes en 20dB de margen, quedando:

$$Nrs > -80 + 20$$

$$Nrs > -60 \text{ dBm}$$

Calculamos ahora la pérdida por propagación en esos 5 km:

$$Pp = 40 + 20 \log(5) = 53,97 \text{ dB}$$

El último dato que nos hace falta será la pérdida de los cables, utilizando la tabla y sabiendo que los cables son del tipo RG-216 y LMR-200:

$$\text{Pérdida del cable A: } 20,4 \text{ m} * 1,36 \text{ dB/m} = 27,744 \text{ dB}$$

$$\text{Pérdida del cable B: } 1,5 \text{ m} * 0,542 \text{ dB/m} = 0,81 \text{ dB}$$

Aplicando todo esto a la fórmula que recordamos a continuación, quedará:

$$Nrs = Pt_a - Pcoa - Pca_a + Ga_a - Pp + Ga_b - Pca_b - Pco_b$$

Entonces, el Nrs calculado deberá ser mayor a nuestro nivel de señal de recepción mínimo, quedando;

$$(15 - 4,2 - 27,744 + Gaa - 53,97 + 5 - 0,81) > -60$$

Simplificando;

$$(20 + Gaa) > (86,724 - 60)$$

Por lo tanto;

$$Gaa > 6.724 \text{ dB}$$

Nuestra antena, deberá por lo tanto, tener una ganancia mínima mayor de **6.724 dBi**. Teniendo estos cálculos en consideración y sin olvidar que las suposiciones sobre el margen son variables, se selecciona una antena apropiada para nuestros requerimientos. Puesto que los requerimientos sobre tiempo real son muy deseables seleccionaremos una antena que cumpla con creces esta ganancia para asegurar una señal de ruido siempre menor a los 10 dB que hemos comentado que son mínimos para un buen desempeño de UDP en tareas de tiempo real.

De entre las posibilidades del mercado se ha seleccionado la antena omnidireccional SMB Antenna de 8dBi.

**Antena SMB Omni-Direccional 8dBi de exterior ANT24-0800**



**Fig. 31 Antena SMB Omni-Direccional 8dBi de exterior ANT24-0800**

### **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

- Antena Omni-direccional 8dBi de ganancia de exterior
- Compatible con la frecuencia 2,4 GHz ISM
- Para uso exterior con dispositivos inalámbricos 802.11b/g
- Extiende y amplía el rango de cobertura de red inalámbrica en 360 grados, en espacios abiertos y entornos de oficina
- Modelo perfecto y ángulo ajustable para el mejor resultado de rendimiento
- Diseño a prueba de las duras condiciones climáticas
- Kit de montaje incluido

### **FICHA TECNICA**

- Tipo Antena Omni-Direccional
- Tipo de Polarización Lineal, Vertical
- Rango de Frecuencia 2400 – 2500Mhz
- Tipo de Aplicacion Interior/Exterior
- Ganancia 8.0dBi
- Rangos aprox. A 1/11/54mbps trabajando con AP de exterior  
2km/1km/400m
- HPBW / horizontal 360°
- HPBW / vertical 15°
- Potencia 50 W
- Impedancia 50 Ohms
- Tipo de Conector de la Antena Tipo N(hembra)
- Protector para Exteriores Incluido
- Cable de extensión incluido 50cm

- Montaje por defecto PosteC
- Kit de Cable Opcional ANT24-CB series
- Lightning protection DC ground
- Velocidad de Viento Soportada 180 km/h
- Temperatura de Operación -40°C a 80°C
- Humedad de Operación 100% @ 25°C
- Dimensión Antena 550x 21mm
- Peso 360g

**Descripción:**

D-Link introduce la Antena ANT24-0800 2.4GHz Omni-Direccional, diseñada para proporcionar una mayor cobertura para las actuales redes 802.11b ó 802.11g.

La ANT24-0800 dispone de 360° de expansión de cobertura, mejora de manera efectiva el envío de datos en distancias más lejanas.

La antena D-Link también ayuda a mejorar la calidad de la señal, lo que reduce los puntos muertos en su cobertura inalámbrica.

La antena Omni-direccional de D-Link 2.4Ghz de exterior le da mayor rango de señal inalámbrica en todas las direcciones, lo que es ideal para aplicaciones de tipo Sistema de Distribución Inalámbrico (WDS). Su potente diseño omni-direccional puede redistribuir de manera eficaz una señal inalámbrica a múltiples locaciones remotas.

La ANT24-0800 incluye una base sólida para la instalación de pared y un diseño a prueba de agua para resistir las duras condiciones climáticas. El paquete también incluye un protector contra sobretensiones y cinta impermeable para el montaje al aire libre para ayudar a garantizar la durabilidad total.

La antena D-Link 2.4GHz Omni-Direccional es una solución robusta para ampliar su cobertura inalámbrica. Al reducir los puntos ciegos en la cobertura inalámbrica y mejora de la calidad de la señal, la antena D-Link 2.4GHz Omni-Direccional Antena (ANT24-0800) proporciona una gran cobertura a las redes 802.11b y 802.11g existentes.

## Fuente

Tomaremos a la batería del vehículo; se regulará el voltaje a 5 Voltios, la corriente máxima necesaria es 1A por lo que se trabajará con un circuito sencillo.

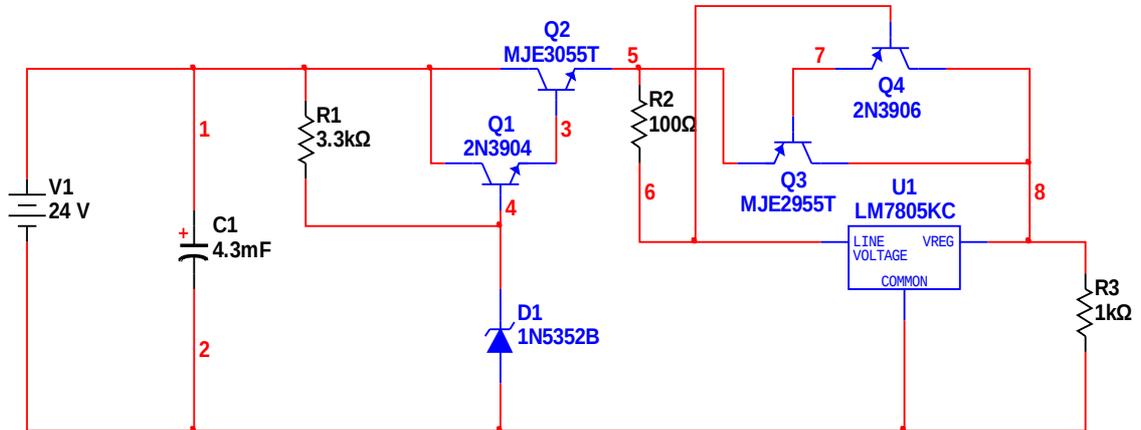


Fig. 32 Diseño de la fuente de alimentación del sistema

$$\beta_1 = 100$$

$$\beta_2 = 40$$

$$C_1 = 4000\mu F, 25V$$

$$V_{ZENER} = 14.9V$$

$$I_{E1} = I_{B2}$$

$$I_{E1} = \beta_1 I_{B1}$$

$$I_{E2} = \beta_2 I_{B2}$$

$$I_{E2} = \beta_1 \beta_2 I_{B1}$$

$$I_{E2MAX} = 3.5A$$

$$3.5A = (100)(40)I_{B1}$$

$$I_{B1} = \frac{3.5A}{4000}$$

$$I_{B1} = 0.875mA$$

$$I_{CE1} = 0.875mA * \beta_1$$

$$I_{CE1} = 0.875mA * 100$$

$$I_{CE1} = 87.5mA$$

$$V_{CE2} = 24V - V_O$$

$$V_{CE2} = 24V - 16.3V$$

$$V_{CE2} = 7.7V$$

$$V_{CE1} = V_{CE2} - 0.7V$$

$$V_{CE1} = 7V$$

$$R = \frac{V_R}{I_R}$$

$$R = \frac{(24V - 14.9V)}{2.75mA}$$

$$R = \frac{9.1V}{2.75mA}$$

$$R = 3.3K\Omega$$

$$P_R = (9.1V)(2.75mA)$$

$$P_R = 25mW$$

El circuito de la figura puede tener una entrada de 24V y nos da como salida de 5V con una corriente máxima de 1A.

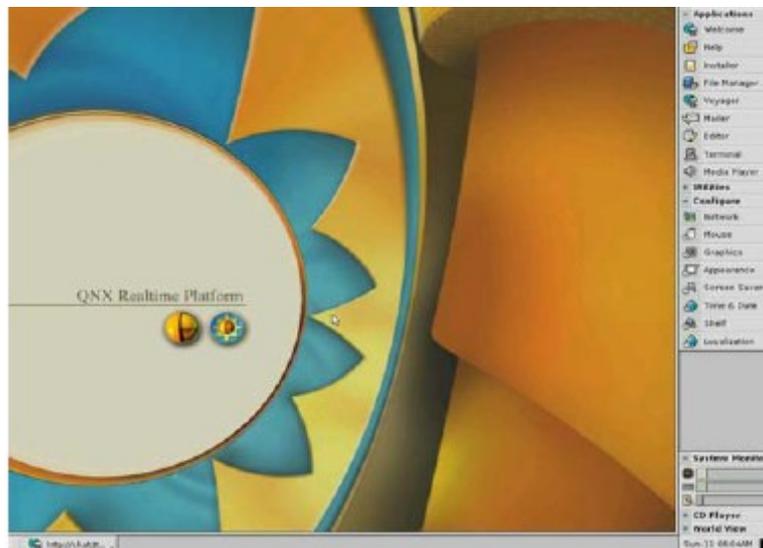
## 6.8 Desarrollo del software

En cuanto a las modificaciones y configuraciones que debe realizarse antes de utilizar los equipos hay que señalar que solo se pueden realizar después de obtener los mismos ya que cada uno de estos viene con su propio software.

### **Sistema operativo de la unidad de control del vehículo: QNX**

La principal responsabilidad de todo sistema operativo es administrar los recursos de un computador. Todas las actividades en el sistema, como son manejar programas de aplicación, escribir ficheros en un disco, enviar datos a través de la red, etc. tienen que funcionar conjuntamente de la forma más compacta y transparente posible. Algunos contextos requieren una mayor rigurosidad en la administración y configuración de los recursos, comparado con otros. Las aplicaciones en tiempo real, por ejemplo, dependen del sistema operativo para manejar múltiples eventos en unos límites de tiempos fijos y críticos.

El sistema operativo QNX está muy orientado a aplicaciones en tiempo real. Tiene la capacidad de proporcionar multitarea, y una rápida conmutación de contexto, entre otros, siendo todos ellos ingredientes esenciales para un sistema de tiempo real.



**Fig. 33 Interfaz gráfica de QNX**

QNX permite además una gran flexibilidad. El programador puede personalizar el sistema para satisfacer las necesidades de su aplicación. Desde una configuración en *bare-bone* del *kernel* con una pequeña cantidad de módulos pequeños hasta un sistema de red amplia equipada para servir a cientos de usuarios, QNX nos

permite configurar nuestro sistema para usar sólo aquellos recursos que requiramos con el fin de poder abordar nuestra tarea.

QNX es capaz de alcanzar un alto grado de eficiencia, modularidad y simplicidad gracias a dos principios fundamentales:

- Arquitectura de micro *kernel*
- Comunicación entre procesos basada en paso de mensajes.

Respecto a la interfaz con el usuario, cabe decir que este sistema operativo dispone de dos tipos de interfaces, como viene siendo habitual en muchos otros sistemas: Una interfaz en modo texto, sencilla, que permite interactuar con el sistema mediante comandos de sistema operativo que siguen el formato UNIX y una interfaz en modo gráfico llamada *Photon* (figura 33) que se activa como un programa independiente.

Otra de las ventajas importantes de este sistema operativo es que está muy orientado a la programación en el lenguaje C/C++.

### **Comunicación entre el vehículo y el Access Point**

Para que todos los elementos anteriormente mencionados se comuniquen se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros que aseguran la comunicación entre el vehículo y el Access Point:

- Se asigna una IP y máscara dentro de un rango de la subred elegido. Si se tiene una red cableada a la que se conectaran los equipos no es necesario añadir la puerta de enlace puesto que en esta configuración el dominio de *broadcast* es el mismo para la red cableada e inalámbrica; caso contrario deberá añadirse la puerta de enlace.
- Se asigna el nombre de red inalámbrica (SSID). Este nombre de red, es independiente del nombre de grupo o nombre de dominio de la red cableada. Ningún elemento de red inalámbrica que no conozca este nombre de red será admitido por nuestro *access point*.
- Se elige un canal de frecuencias para evitar la interferencia con otras redes. La banda de 2.4GHz se divide en 14 canales espaciados 5 MHz de separación (con la excepción de un espaciamiento de 12 MHz, antes Canal

- 14). Dado que el protocolo requiere de 25 MHz de separación de canales, los canales adyacentes se superponen y se interfieren entre sí.
- Activación de la seguridad de acceso mediante encriptación WEP.
  - Puesto que la tarjeta de red inalámbrica utiliza 64 bits, se usa una clave de 4 letras y se configura el punto de acceso para denegar cualquier dato sin encriptación.
  - La seguridad en redes inalámbricas es un punto muy relevante. El hecho de utilizar encriptación WEP no es suficiente así que se recomienda añadir un último nivel de control de acceso; la autenticación por dirección MAC, de forma que el único elemento de red al que el punto de acceso le da permiso para la comunicación con la red es la PCMCIA.

### **Propuesta de solución de software**

Los requisitos que debe cumplir el software de comunicación en nuestro proyecto son los siguientes:

- **Fiabilidad.** Se requiere un servicio que garantice la transferencia de mensajes extremo a extremo.
- **Mínima sobrecarga.** Tanto en lo referente al hardware de las estaciones móviles (memoria y CPU) como al ancho de banda del enlace inalámbrico.
- **Tiempo real** dentro de las posibilidades que ofrece el enlace.

Como vemos estos tres requisitos nos sitúan en un compromiso a la hora de descartar el protocolo de transporte TCP puesto que la fiabilidad ofrecida por éste es el principal argumento para utilizarlo. No obstante, los requisitos de tiempo real y mínima sobrecarga son, claramente, características propias de UDP. Así que se usa una especie de unión entre los dos a este protocolo se lo conoce como STCP.

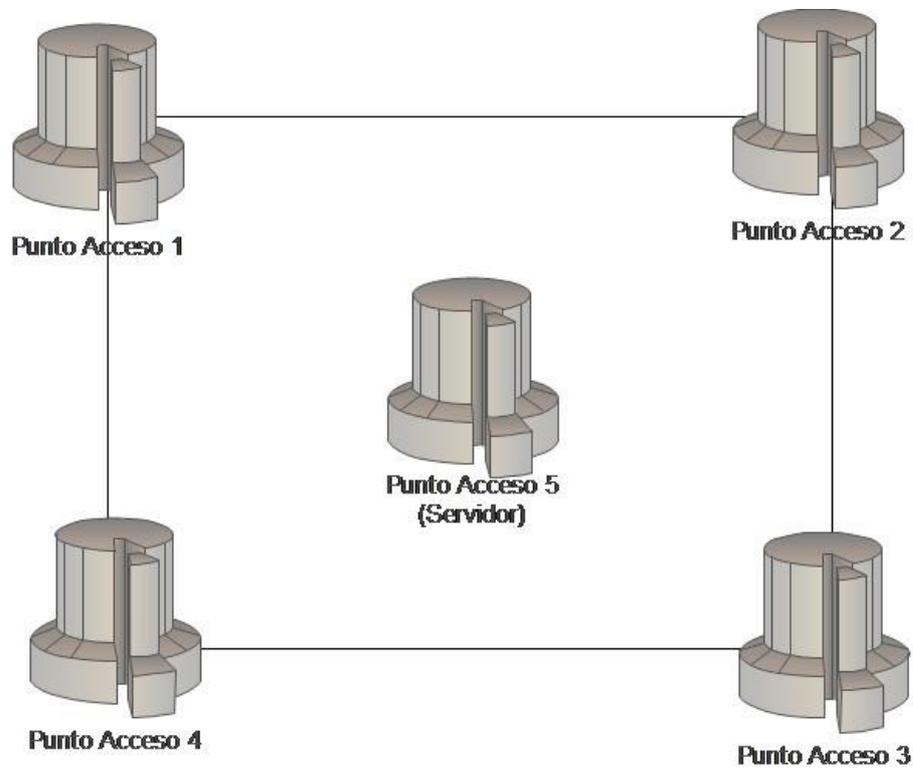
### **Cálculo aproximado de la posición del vehículo**

Para saber la posición aproximada del vehículo nos basamos en los sistemas TDOA, en los cuales el encargado de calcular la posición del dispositivo es el proveedor del servicio, en este caso uno de los puntos de acceso de los que se

tiene. Además el sistema va hacer uso de un controlador difuso para el cálculo de la región en la cual se encuentre el dispositivo. Una de las características de nuestro sistema es que posiciona por regiones, delimitadas por el número de puntos de acceso usados, y no de un posicionamiento basado en coordenadas.

Aunque en entornos cerrados será más eficiente es un buen método para alcanzar el objetivo mencionado al inicio del capítulo 6. Se ubica los Access Point lo más cercano posible y formando cuadrados, un Access Point que esté ubicado en el centro de los cuadrados hace las veces de servidor. El servidor es el encargado de calcular la posición.

La ubicación Grafica será la siguiente:



**Fig. 34 Cuadrado para posicionamiento por regiones**

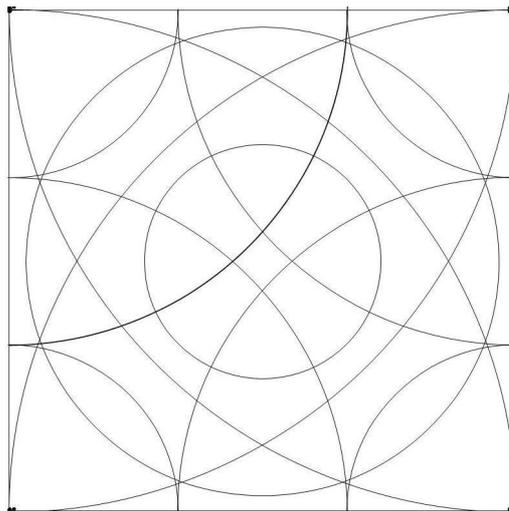
Como la posición de los puntos de acceso es fija y conocida, cada punto de acceso informa al sistema de la intensidad de la señal recibida de cada uno de los otros puntos de acceso. Con dicha información el sistema puede estimar la degradación que sufre la señal de cada punto de acceso en cualquier punto de un determinado lugar en el cual se instalan los Access Point, lo cual permite estimar la posición del vehículo dentro del cuadrado.

Esta simplificación, implica que el sistema no es tan preciso como si se usase el entrenamiento del sistema, pero por otro lado el sistema es más adaptable a cambios que se producen en el entorno.

Una de las ventajas del diseño del sistema, es que la posición del dispositivo cliente la calcula el servidor, con lo cual logramos que se pueda implementar una funcionalidad de valor añadido al sistema de posicionamiento como es la detección de presencia.

Por dicha funcionalidad se le puede preguntar al servidor en todo momento si un determinado vehículo se encuentra situado dentro del recinto.

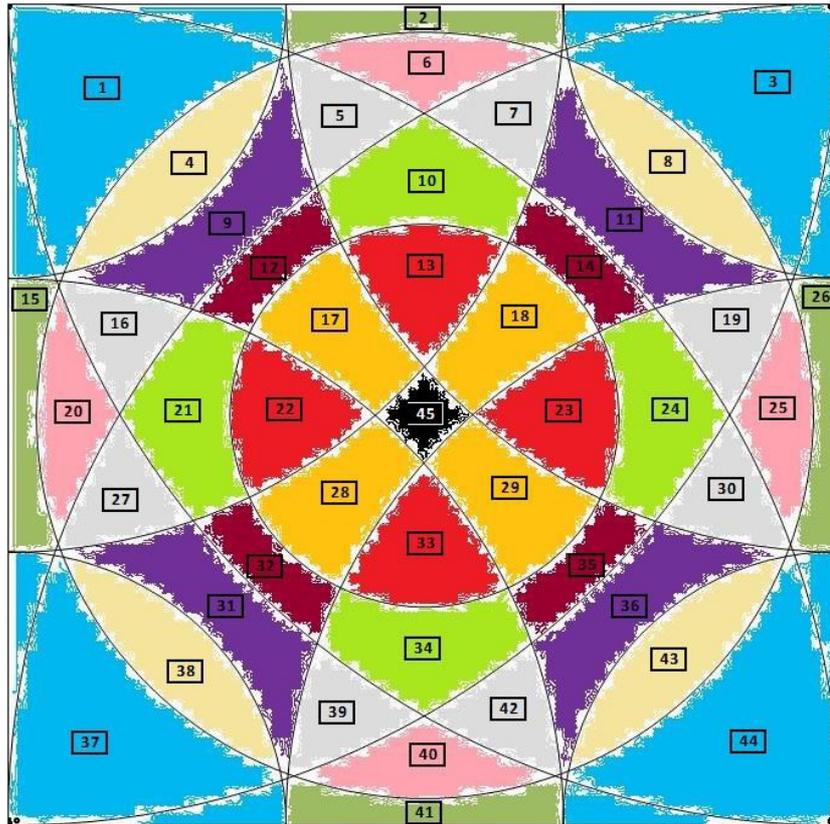
La definición de las regiones se establece a partir de las regiones definidas por los rangos de cada punto de acceso, dicho rango se divide en tres, para cada punto de acceso, dando un mapa como el siguiente:



**Fig. 35 Regiones definidas por los Puntos de acceso**

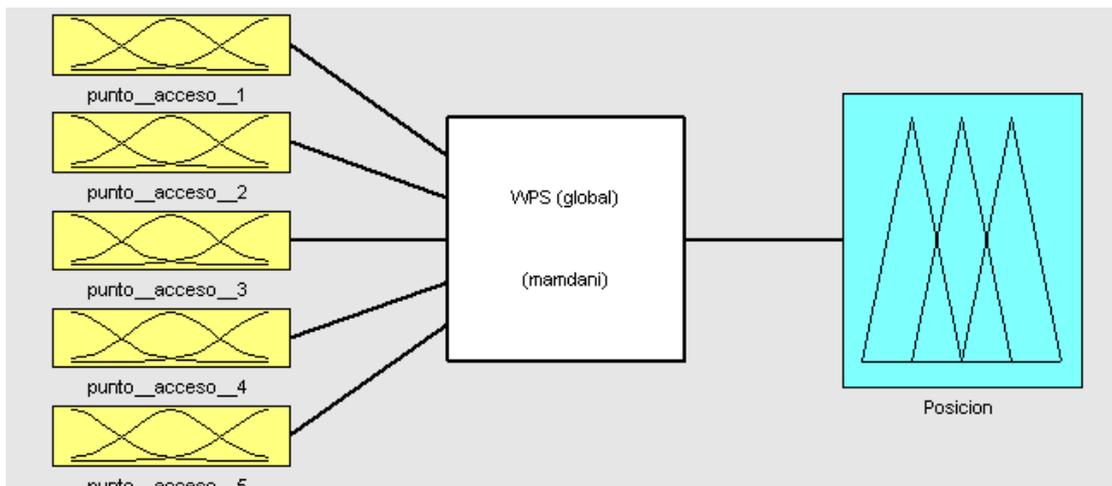
Dado que el número de regiones obtenidas es muy elevado, agrupamos las regiones dependiendo de la capacidad de definición de las distintas regiones dependiendo de las divisiones establecidas.

De esta forma obtenemos el siguiente mapa de regiones:



**Fig. 36 Mapa de regiones**

El sistema se basa en la implementación de un controlador difuso que tiene la siguiente estructura:

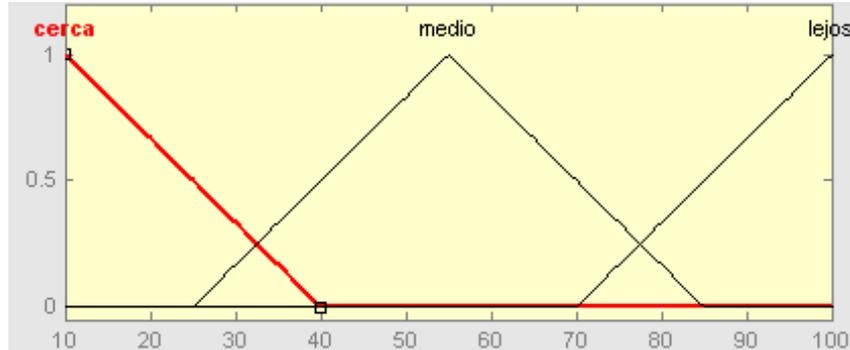


**Fig. 37 Controlador difuso**

Cada uno de los puntos de acceso tiene tres variables definidas: Cerca, Medio y Lejos.

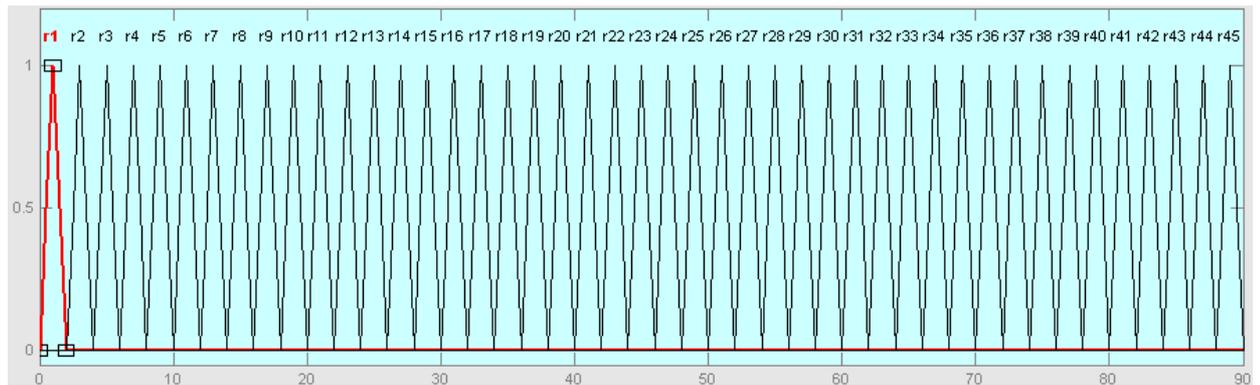
Que corresponden con el grado de proximidad del dispositivo al punto de acceso.  
 Los puntos de acceso tienen la siguiente estructura:

Puntos de Acceso:



**Fig. 38 Puntos de Acceso**

Y la estructura de Salida:



**Fig. 39 Estructura de salida del controlador difuso**

La salida es cada una de las posibles regiones en las que se puede encontrar el dispositivo, las cuales, estarán definidas por una lógica difusa dependiente de las variables de entrada.

En MatLab se crea un programa con las siguientes funciones:

***Funciones .m***

Se disponen de cuatro funciones para controlar el sistema:

1. **Evaluar.** Esta función tiene como entrada los valores de señal recibidos de cada punto de acceso y devuelve la posición del receptor.

```
function out=evaluar(params)
```

```
x=readfis('WPS.fis');  
out=evalfis(params,x);
```

2. **ModificarPA.** Esta función se aplica a cada variable de entrada del controlador difuso, que representa a cada uno de los puntos de acceso, y ajusta los conceptos cerca, medio y lejos según la intensidad de señal entre puntos de acceso.

```
function modificarPA(imf,params)  
x=readfis('WPS.fis');  
x.input(1).mf(imf).params=params;  
x.input(2).mf(imf).params=params;  
x.input(3).mf(imf).params=params;  
x.input(4).mf(imf).params=params;  
writefis(x,'WPS.fis');
```

3. **ModificarS.** Esta función se aplica a la variable de entrada del controlador difuso que representa al servidor, y ajusta los conceptos cerca, medio y lejos de este, según la intensidad de señal recibida de los puntos de acceso.

```
function modificarS(imf,params)  
x=readfis('WPS.fis');  
x.input(5).mf(imf).params=params;  
writefis(x,'WPS.fis');
```

4. **Modificar rango.** Esta función permite especificar el rango de cada variable de entrada del controlador difuso.

```
function modificar_rango(ivar,rango)  
x=readfis('WPS.fis');  
x.input(ivar).range=rango;  
writefis(x,'WPS.fis');
```

Se aplica la función de aproximacion() para realizar el ajuste de regiones.

Después de realizar los ajustes en el sistema, tanto del rango de las variables como de las variables con:

```
modificarRangos ('1',[10,47])
```

```
modificarRangos ('2',[10,47])
```

modificarRangos ('3',[10,47])  
modificarRangos ('4',[10,47])  
modificarRangos ('5',[10,27])  
modificarPA ('1',[9,10,19])  
modificarPA ('2',[19,28,38])  
modificarPA ('3',[38,47,48])  
modificarS ('1',[9,10,14])  
modificarS ('2',[14,18,23])  
modificarS ('3',[23,27,28])

Se calcula la posición con:

evaluar ([ , , , , ])

### **Ajuste del sistema**

Cada uno de los puntos de acceso recibe la señal del resto, y se lo envía al servidor, el cual calcula la degradación de la señal en cada trayecto y elabora una estimación de la degradación que sufrirá cada señal en cada punto. Esto es posible ya que la posición de los puntos de acceso es conocida. La estimación de la degradación de la señal entre dos puntos no será muy precisa, dado que se sabe que se degrada la señal, pero no se sabe en que punto exacto esta el agente que degrada la señal.

Al realizar este ajuste respecto a un mínimo de 4 puntos, se espera que la estimación sea lo mas acertada posible.

El ajuste del sistema requiere de los siguientes pasos:

- Recepción de la señal de cada punto de acceso del resto de puntos de acceso.
- Envío al servidor por parte de cada punto de acceso, de su identificador y de su intensidad de la señal del resto de puntos de acceso.
- Calculo de la degradación que sufre cada señal en el trayecto que realiza entre dos servidores.

Esta tarea necesita que la infraestructura este correctamente montada y que las distancias entre los puntos de acceso sean conocidas. Se requiere la recogida de la información por parte de cada punto de acceso y el envío de esta al servidor

Dado al poco tiempo que tarda esta tarea en realizarse (segundos), se puede realizar cada hora la recolección de información, de esta forma el sistema se ajustaría a cualquier variación del entorno imprevista.

### **Envío de la intensidad de la señal por el cliente.**

El conjunto de intensidades de las señales recibidas se envían al servidor para su procesamiento.

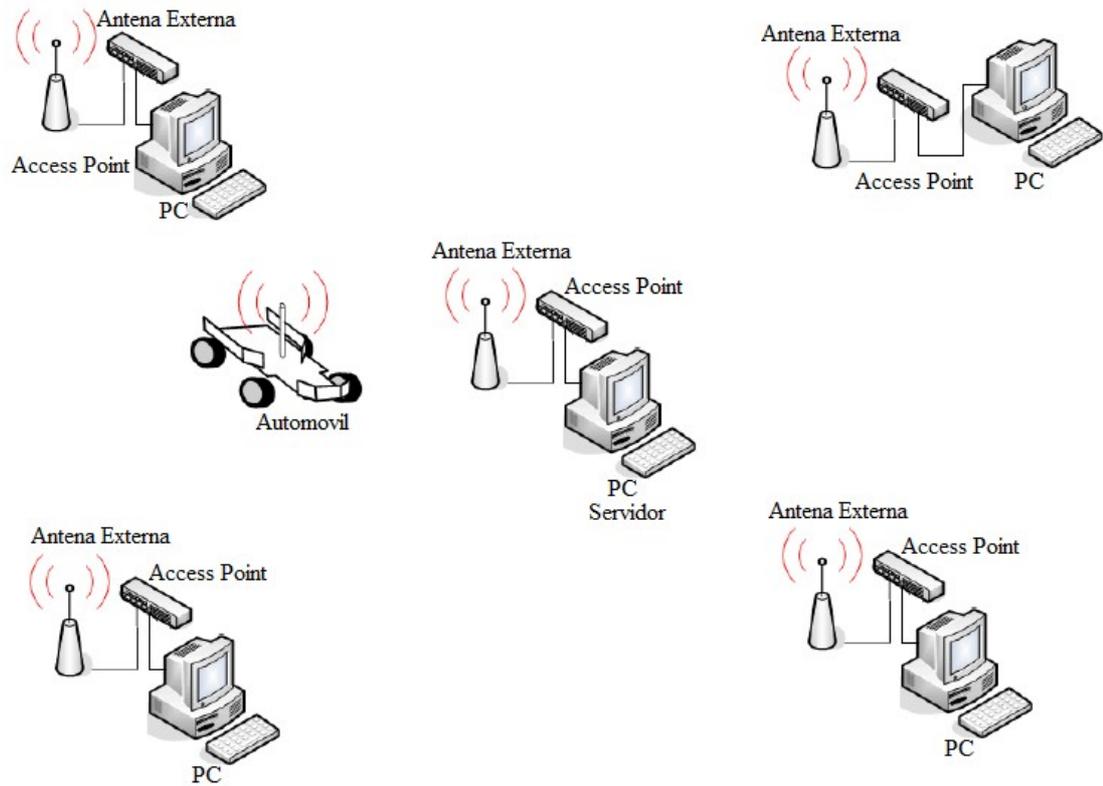
El paso que debe realizarse es:

- Envío de la tupla (identificador del punto de acceso, intensidad de la señal) de cada punto de acceso al servidor.

Esta tarea requiere que los puntos de acceso y el servidor estén operativos.

Como la tarea tarda poco tiempo en ejecutarse y dado que el vehículo esta en movimiento, la tarea deberá ejecutarse cada muy poco tiempo (cada segundo).

Para obtener una mayor precisión en el calculo de la posición; se necesita un mapa del sitio donde se realiza el monitoreo, ya que sin el solo se puede dar una posición relativa respecto a los puntos de acceso.



**Fig. 40 Grafico del sistema de monitoreo usando el controlador difuso**

## 6.9 Administración(económico)

### Presupuesto de la Fuente

Bateria Dewalt.24V 3A= 247.410USD

Transistor 2N3904= 0.10 USD

Transistor 2N3906= 0.10USD

Transistor NTE184= 0.55USD

Transistor NTE185= 0.85USD

Resistencia 3.3KΩ= 0.05USD

Resistencia 100Ω= 0.05USD

Resistencia 1KΩ= 0.05USD

Diodo Zener 15V= 0.20USD

Capacitor 4300μF= 1USD

Regulador LM7805= 0.75USD

Total costo de fuente= 251.11USD

### **Análisis Económico**

Tarjeta MOPSlcdLX = 298.125 USD

Tarjeta PC104-PCMCIA-1= 177.00 USD

Tarjeta Pcmcia Wireless D-link Dwa-620= 34 USD

Antena ANT24-0500 de D-Link= 70.3385 USD

DAP-1150 WIRELESS G ACCESS POINT= 645 USD

Antena SMB Omni-Direccional 8dBi de exterior ANT24-0800= 71.474 USD

Fuente= 251.11 USD

Carcasa= 20 USD

El costo total del proyecto es de=1567.048 USD

El costo total podrá sufrir variaciones dependiendo de la fecha de la compra, de los proveedores y de los costos de envío.

### **6.10 Factibilidad Económica**

Se ha encontrado otros sistemas de monitoreo cuyos costos oscilan en los 700 dólares anuales, por lo tanto es factible la creación del sistema de monitoreo para vehículos utilizando Access Point ya que invertiríamos alrededor de 1600 dólares por vehículo, y el sistema puede ser utilizado por varios años.

### **6.11 Previsión de la evaluación**

Se sugiere realizar una evaluación cada día hasta verificar que se hayan depurado los errores del sistema; luego se evaluará el sistema cada semana, y obviamente cada **vez** que surja un inconveniente.

### **6.12 Bibliografía**

Proyecto Comunicación Inalámbrica para Robots Universidad de les Illes Balears  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Punto\\_de\\_acceso](http://es.wikipedia.org/wiki/Punto_de_acceso)

[http://dns.bdat.net/seguridad\\_en\\_redes\\_inalambricas/x187.html](http://dns.bdat.net/seguridad_en_redes_inalambricas/x187.html)  
<http://www.monografias.com/trabajos6/ante/ante.zip>  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Espacio\\_geogr%C3%A1fico](http://es.wikipedia.org/wiki/Espacio_geogr%C3%A1fico)  
[http://www.dpie.com/manuals/pc104/kontron/M\\_MOPSlcdLX\\_PLX8M210.pdf](http://www.dpie.com/manuals/pc104/kontron/M_MOPSlcdLX_PLX8M210.pdf)  
[http://www.tri-m.com/products/kontron/files/manual/pcmcia1\\_man.pdf](http://www.tri-m.com/products/kontron/files/manual/pcmcia1_man.pdf)  
<http://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20070419063100AA8vxqc>  
<http://www.dlinkla.com/home/productos/producto.jsp?idp=1061>  
<http://www.dlinkla.com/home/productos/producto.jsp?idp=5>  
<http://www.dlinkla.com/home/productos/producto.jsp?idp=5>  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa\\_de\\_autom%C3%B3vil](http://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_de_autom%C3%B3vil)  
[http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/150/44435\\_DS.pdf](http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/150/44435_DS.pdf)  
<http://www.dewalt.es/attachments/productdetails/catno/DE0241/>  
[http://www.tri-m.com/products/kontron/files/manual/pcmcia1\\_man.pdf](http://www.tri-m.com/products/kontron/files/manual/pcmcia1_man.pdf)  
[http://www.dpie.com/manuals/pc104/kontron/M\\_MOPSlcdLX\\_PLX8M210.pdf](http://www.dpie.com/manuals/pc104/kontron/M_MOPSlcdLX_PLX8M210.pdf)  
<http://www.dlinkla.com/home/productos/producto.jsp?idp=1061>  
<http://www.dlinkla.com/home/productos/producto.jsp?idp=5>  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa\\_de\\_autom%C3%B3vil](http://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_de_autom%C3%B3vil)  
[http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/150/44435\\_DS.pdf](http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/150/44435_DS.pdf)