

## **CAPITULO III**

### **PROPUESTA**

#### **3.1. TEMA**

**Análisis e Implementación de una Red Mesh basada en tecnologías licenciadas (IEEE 802.16) para la creación del backhaul en la Universidad Técnica de Cotopaxi**

#### **3.2. Presentación**

Internet se ha convertido en una herramienta indispensable en la actualidad. Cada vez se utiliza más y no sólo en el ámbito doméstico. Su uso se extiende a ritmo exponencial en lugares públicos: playas, parques, restaurantes, etc.

Para poder hacer uso de Internet es necesario desplegar redes que permitan el acceso de manera eficaz y a bajo coste. Hoy en día esto puede conseguirse de dos formas distintas, con redes cableadas o inalámbricas. El acceso de forma cableada impide la movilidad de los usuarios de la red y es más costoso, al tener que desplegar infraestructura en todos aquellos puntos en los que se desea tener acceso.

Entre otras, estas limitaciones están provocando el importante auge que está experimentando la utilización de la tecnología inalámbrica.

Para situar al lector en el contexto de las redes mesh, se va a realizar una introducción a las tecnologías inalámbricas actuales. El auge que está experimentando la utilización de tecnología inalámbrica Mesh en la actualidad está provocando el aumento de productos para el desarrollo de redes WMN. Por esto, los principales grupos de estandarización están trabajando en desarrollar estándares que mejoren la interoperabilidad entre las redes existentes y las ahora emergentes.

Una WMN está formada por un conjunto de nodos que pueden ser enrutadores o clientes.

Los enrutadores tienen movilidad mínima y forman la conexión troncal de la red, lo que se conoce como *backbone*. A parte de las funciones típicas de un router (puerta de enlace y repetidor), ofrece soporte para el funcionamiento de la red mesh. Están equipados con varias interfaces de red, con la misma o distinta tecnología inalámbrica, lo que permite la integración de redes inalámbricas de todo tipo. Tienen un menor consumo energético que los routers convencionales. A pesar de proporcionar el mismo nivel de cobertura, necesitan menos energía para transmitir gracias a la comunicación multisalto. Pueden ser construidos en sistemas dedicados o de propósito general, mediante adaptación del software.

Los clientes pueden ser estáticos o móviles. Tienen las funciones necesarias para trabajar en una red mesh y pueden trabajar como enrutadores, aunque sin las funciones de puente y puerta de enlace. Disponen de una única interface de red, por lo que el número de dispositivos que puede actuar de cliente en una red mesh es mayor que el de dispositivos que pueden actuar de routers mesh.

Se trata de redes con topología de infraestructura pero que permiten que dispositivos que se encuentran fuera del rango de cobertura de los puntos de acceso, puedan unirse a la red por encontrarse dentro del rango de cobertura de algún nodo móvil que sí se encuentra dentro del rango de cobertura de los puntos de acceso.

### **3.3. Justificación**

El Análisis e Implementación de una Red Mesh basada en tecnologías licenciadas (IEEE 802.16) para la creación del backhaul en la Universidad Técnica de Cotopaxi es de mucha importancia en el ambiente que se desenvuelve para poder brindar un mejor servicio de calidad a los usuarios, ya que sin una implementación de esta naturaleza no permite a los mismos tener acceso a información y recursos en tiempo real y confiable provocando la alteración de los mismos.

La necesidad e importancia de desarrollar este tema es porque, se propone dar solución a los problemas como detectar mal servicio, congestión, invasión, daños en la red, interferencias, deficiencia en el servicio de Internet y acceso a los recursos compartidos en forma ilegal, debido a que ésta por ser de carácter tecnológico debe estar en constante actualización; y al no contar con un plan estratégico ocasionara el incumplimiento de los objetivos y metas propuestas por la entidad; además porque cada área debe contar con seguridades en la red inalámbrica para un mejor desenvolvimiento de toda la institución.

El interés por investigar este tema es: El deseo de conocer los fenómenos, las causas y los efectos que están ocasionando problemas por la inexistencia de un diseño y construcción de una WLAN 802.16, perjudicando de esta manera a los usuarios que utilizan el Internet ya sea para realizar consultas así como la transferencia de datos que se realiza.

Análisis e Implementación de una Red Mesh basada en tecnologías licenciadas (IEEE 802.16) para la creación del backhaul en la Universidad Técnica de Cotopaxi, se realizara basándose en la realidad en que se encuentra la necesidad de obtener un mejor servicio; y servirá como guía no solo para una misma sino para las diversas instituciones que requieran actualizar su red a través de una adecuada planificación que permitirá brindar al usuario servicios de calidad,

estableciendo una mejor comunicación en cada una de las áreas y así como garantizar el verdadero flujo de la información, un eficiente ancho de banda, proporcionar los medios para controlar el acceso a las aplicaciones críticas de red inalámbrica, a los datos y a los servicios, con el objetivo que sólo los usuarios, administradores e información legitimada puedan utilizar la red de datos y evitar el ingreso de intrusos que podrían mermar los recursos de red con que cuenta la institución.

Los resultados obtenidos dentro de la investigación tendrán una significación práctica ya que a través del análisis e Implementación de una Red Mesh basada en tecnologías licenciadas (IEEE 802.16) para la creación del backhaul en la Universidad Técnica de Cotopaxi, que contarían los diferentes hogares, la misma que permitirá que la información fluya con mayor agilidad y a la vez determinara que no sean penetrados por acciones de intrusos que vulneren el normal desarrollo de la red que pueden causar averías dentro de la red.

Por estos aspectos he basado en instrumentos y teorías que nos permitirán la elaboración de la propuesta en donde tomamos en cuenta parámetros de seguridad reconocidos Internacionalmente; pero que tendrán que ser adaptados al equipo y a las necesidades que tienen las diferentes instituciones para prevenir los problemas y las acciones de los Hackers que quieren vulnerar la información.

En la novedad científica al no contar los hogares e instituciones con un sistema que evite ingresar indebidamente a información clasificada que puede ser utilizada para perjudicar, por lo que se hace necesario Analizar e Implementar una Red Mesh basada en tecnologías licenciadas (IEEE 802.16) para la creación del backhaul en la Universidad Técnica de Cotopaxi, basada en la tecnología de punta, para mantener el ancho de banda real que cuenta la misma, al implementar estándares Internacionales y conjugar con las necesidades de las instituciones y hogares.

### **3.4. Objetivos**

#### **3.4.1. Objetivo General**

Analizar e Implementar una Red Mesh basada en tecnologías licenciadas (IEEE 802.16) para la creación del backhaul en la Universidad Técnica de Cotopaxi

#### **3.4.2. Objetivos Específicos**

- ◆ Realizar un estudio de calidad para el desarrollo de una red WLAN 802.16, para brindar alternativas tecnológicas.
- ◆ Determinar las necesidades de implementación de una red WLAN.
- ◆ Implementar un sistema de calidad a base de estándares que permita administrar en una forma óptima los recursos de la red inalámbrica para mejorar la velocidad en el fluido y seguridad de la información

### **3.5. Análisis de la situación actual de las Redes Mesh en el Ecuador.**

Como cualquier tecnología, hay asuntos pendientes en las redes Mesh, la mayoría relacionados con restricciones de velocidad, escalabilidad y las dificultades de garantizar calidad de servicio. Es importante recordar que los requerimientos y expectativas pueden ser muy diferentes dependiendo de dónde se vaya a instalar y de las necesidades puntuales del usuario.

Por ejemplo, velocidades de acceso por debajo de los Mbit/s serían inaceptables en escenarios urbanos en países altamente desarrollados, pero unos cuantos kbit/s

serán un gran logro en ambientes rurales y en muchos países en desarrollo, todo dependerá de las expectativas y de las alternativas disponibles.

### **Ventajas:**

- **Menor costo:** cada nodo puede actuar como cliente y como repetidor de la red, lo que suprime la necesidad de infraestructuras de repetición o nodos centrales.

- **Robustez:** al ser una red mallada, si uno de los nodos pierde servicio, se reduce la posibilidad de que esto afecte al resto, ya que puede existir redundancia en el camino a este nodo.

- **Instalación:** La complejidad en tarea de instalación de un punto mesh queda reducida, al compararlo con una red cableada, ya que simplemente es necesario colocar el nodo con el software Mesh preinstalado. Al disponer de rutas dinámicas, cuando este nodo encuentre un nodo vecino, estaría dispuesto para entrar en servicio.

- **Alimentación:** Los nodos de la red Mesh, pueden ser construidos con requerimientos energéticos realmente bajos, por lo que pueden ser desplegados con unidades autónomas de energía alternativas

### **Desventajas:**

- **Latencia:** Este tipo de tecnología puede no ser siempre buena, debido al número de saltos que puede llegar a dar un paquete hasta su destino. Estos saltos se traducen en retardos en la red que no están permitidos en servicios que se requieren en tiempo real, como la telefonía IP.

- **Compartiendo el medio:** Debido al limitado número de frecuencias en que se mueven las redes WLAN actuales, pueden existir interferencias entre usuarios que compartan una misma área de cobertura física. Mientras que la asignación

automática vía DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) en rangos de IP privados no es problemática, las redes Mesh podrían en principio interactuar con redes vecinas en cualquier momento y el peligro de direcciones duplicadas y conflictos de red es obvio. IPv6 podría traer una solución a esto

**Seguridad:** Las redes ad-hoc necesitan hablar con sus clientes antes de autenticarlos. Esto constituye un reto en cuanto a su seguridad. Las redes Mesh son, del mismo modo, muy vulnerables a ataques DoS. Además, al igual que sucede con otras tecnologías, los datos pueden ser interceptados con programas gratuitos. Para solucionar esto, algunas empresas han desarrollado protocolos que utilizan técnicas de cifrado diferentes a las de WiFi y que no pueden ser interceptados con una tarjeta de red inalámbrica 802.11 común.

- **Rendimiento:** El tema de la disminución del rendimiento (throughput) existe en todas las redes multihop. El rendimiento disminuye con el número de saltos de acuerdo a  $1/n$  o  $1/n^2$  o  $1/n^{1/2}$ , dependiendo del modelo ("n" es el número de saltos) que se utilice.

Para redes inalámbricas basadas en 802.11 los límites de rendimiento están principalmente determinados por la naturaleza halfduplex de los radios. Sin embargo, la idea de Mesh se puede aplicar a otros estándares y se ha implementado exitosamente en equipos 802.11 con dos radios, uno en la banda de 2,4 y otro en la banda de 5 GHz. De esta manera el rendimiento no disminuye con el número de saltos porque el dispositivo puede recibir en una banda y transmitir simultáneamente en otra banda

#### **Soluciones:**

Para solventar el problema de la latencia se puede contar con un protocolo de enrutamiento que permita transferir la información hasta su destino con el mínimo número de saltos o un número de saltos suficientemente bueno como para no perder calidad en el servicio que se quiere prestar.

Además, la utilización de estándares como el 802.11a, que utilizan la banda de los 5 GHz, permite acceder a la red a más usuarios, gracias al mayor número de canales.

### **3.6. SISTEMAS MALLADOS DE PRIMERA, SEGUNDA Y TERCERA GENERACIÓN**

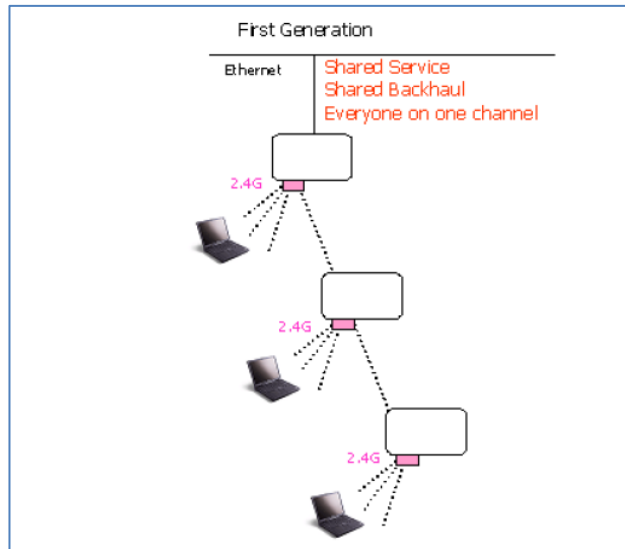
Gracias a grandes y medianas empresas que se dedican a desarrollar soluciones de enlance inalámbricos para la sociedad, los sistemas mallados tienen varias formas de dar servicio y transmitir datos entre nodos, unos sistemas lo realizan con una sola radio, otros utilizan dos y hasta tres radios. Esto ha provocado que los sistemas mallados se clasifiquen en cuatro grupos llamados generaciones. Aquí trataremos los 3 primeros grupos.

#### **Primera generación**

En esta generación el sistema mallado tiene un sólo radio para hacer la interconexión entre nodos y dar servicio; los datos se retransmiten de un nodo a otro de una manera **store-and-forward**, es decir, un nodo primero recibe los datos y luego lo retransmite.

Este sistema tiene desventajas con respecto a los otros, ya que no se puede transmitir y recibir datos simultáneamente por un sólo canal de radio porque provocaría interferencia, congestión y contención en cada nodo.





## Segunda generación

En esta generación se decidió combinar dos radios, uno para dar servicio con el estándar 802.11b/g y el otro para interconectar los nodos con el estándar 802.11a.

Con este sistema se logró eliminar la interferencia en los nodos ya que se trabaja con diversas bandas de frecuencia (entre 2.4GHz y 5.8GHz) para dar servicio a los usuarios e interconectar nodos. El problema surge cuando aumenta la demanda de servicio por parte del usuario, se presentan contenciones y congestiones significativas en la parte de la radio que se usa para interconectar los nodos, lo cual hace que este sistema tenga una ligera desventaja.

## Tercera generación

Los equipos de esta generación llevan una gran ventaja en comparación con las generaciones anteriores, son considerados equipos inteligentes por utilizar una tecnología moderna. En esta generación cada nodo puede enviar y recibir datos de sus vecinos. Además, los canales disponibles se pueden reutilizar, haciendo que el espectro disponible sea más amplio y que el funcionamiento de la red aumente 50 o más veces.

Las empresas fabricantes de los equipos de esta generación se basan en productos multi-radios que soportan múltiples configuraciones de red.

Un radio de los equipos de tercera generación se usa para crear un enlace hacia su nodo upstream (nodo más cerca al gateway) y otro radio se utiliza para un enlace downstream al nodo vecino siguiente. A diferencia de la generación anterior estos radios pueden hacer uso de diversos canales.

### **3.7. Protocolos de Enrutamiento Mesh.**

Las redes Mesh presentan una topología dinámica y auto-configurable, las rutas entre los dispositivos cambian dinámicamente. Esto hace necesario que exista un protocolo que garantice la transmisión de la información a un bajo coste, por ejemplo, encontrar la ruta con el menor número de saltos

#### **Elementos de un enrutamiento Mesh.**

Con el fin de encontrar las rutas más adecuadas, se presentan los siguientes elementos de enrutamiento:

- **Descubrimiento de nodo:** encontrar nodos en una topología cambiante. Exige una comprobación constante.
- **Descubrimiento de frontera:** encontrar los límites o bordes de una red, la frontera de la malla, generalmente donde se conecta a Internet.

**Mediciones de enlace:** medir la calidad de los enlaces de los nodos.

- **Cálculo de rutas:** encontrar la mejor ruta basada en la calidad de los enlaces
- **Manejo de direcciones IP:** Asignar y controlar direcciones IP

- **Manejo de la red troncal (UpLink/Backhaul):** manejo de conexiones a redes externas, porejemplo Internet

Dependiendo de la forma en la que un protocolo maneja los enlaces y sus estados, podemos distinguir dos tipos de protocolos: Reactivos y Proactivos.

### **Reactivos (Bajo demanda)**

Este tipo de protocolos no necesita que cada nodo de la red mantenga la información de enrutamiento siempre disponible. Esta información se actualiza en función de las necesidades.

Lo que se pretende con esto es que la red no tenga carga de señalización innecesaria. Es un tipo de protocolo muy útil cuando la información viaja frecuentemente por las mismas rutas o rutas muy parecidas.

El envío de los paquetes no comienza hasta que la ruta no se encuentra establecida, lo que provoca un retraso en el envío de los primeros paquetes. Una vez finalizado el envío, se guarda en la memoria caché la tabla de enrutamiento durante un tiempo determinado, transcurrido el cual la ruta se invalida.

Ejemplos: AODV (Ad- Hoc On-Demand Distance Vector)

### **Proactivos**

Al contrario que los reactivos, este tipo de protocolo intenta mantener la información de enrutamiento correcta en cada nodo de la red y en cada momento.

La principal ventaja de este tipo de protocolos es que permite saber en cada momento quién está dentro o fuera de la red, sin necesidad de esperar a que se establezcan rutas. La carga de la CPU y el alto tráfico de red que genera son algunas de sus desventajas.

Son muy complejos, pero proporcionan un alto rendimiento.

Ejemplos: MMRP, OSPF, OLSR, OLSR con ETX, HSLs, TBRPF,

### **Híbridos**

Se unen los dos tipos de protocolos mencionados anteriormente, es decir, las rutas se mantienen de manera proactiva pero no en todos los nodos de la red, sólo en unos pocos.

Ejemplos: HWMP.

## **3.8. Métricas**

Cuando un protocolo de enrutamiento se encuentra con dos rutas distintas para llegar al mismo destino, debe ser capaz de diferenciar cuál es la más conveniente. Una métrica es una forma de evaluar esta situación basándose en uno o varios parámetros. Cada protocolo de enrutamiento utiliza su propia métrica.

Tradicionalmente, la métrica más usada ha sido la del mínimo número de saltos hacia el nodo destino. Pero en redes inalámbricas, esta métrica puede no ser la más adecuada. El camino más corto no tiene por qué ser siempre ni el más rápido ni el más fiable para llegar a un destino, teniendo en cuenta que en las redes inalámbricas podemos encontrarnos con enlaces de diferente calidad. Una misma métrica no tiene por qué ser la mejor para todo tipo de entornos y aplicaciones.

### **3.8.1 Hop Counting (Conteo de saltos)**

Un “salto” se define como el trayecto entre dos enrutadores adyacentes. Esta métrica se basa en la distancia, medida en número de saltos, entre origen y destino escogiendo en cada momento el camino más corto, es decir, el que tiene un menor número de saltos para alcanzar el destino correctamente.

En una red cableada, los errores de transmisión son prácticamente nulos, y las pérdidas de paquetes son debidas principalmente a descartes en los enrutadores por congestión. En ellas es evidente que estos descartes aumentarán al aumentar el número de saltos.

En una red inalámbrica, la pérdida de paquetes en un tramo entre dos enrutadores puede ser muy elevada y es en general muy variable, dependiendo del presupuesto de potencia del enlace. En un enlace muy largo las pérdidas tienden a ser mayores por lo que a menudo un trayecto con varios radioenlaces cortos puede presentar menos pérdidas que un trayecto con un solo enlace largo.

Entre las principales ventajas de la métrica Hops se destaca la fácil implementación de ésta en cualquier protocolo de enrutamiento. Destacar que, a igualdad de calidades de enlace, esta métrica proporciona la ruta con menor retardo, menor número de roturas de camino y mayor tasa de entrega.

Sin embargo, la elección del camino más corto no necesariamente implica ser el mejor camino o el más rápido puesto que únicamente toma en cuenta el número de saltos obviando otros criterios importantes como la calidad del enlace. Por ello, podemos concluir que no se trata de una métrica adecuada para redes inalámbricas.

### **3.8.2 ETX (Expected Transmission Count)**

Una métrica que se presta mejor a las características de las redes en malla es la conocida como ETX (*Expected Transmission Count*), basada en el conteo de los errores de transmisión esperados en el tramo.

Esta técnica ha sido aplicada a diferentes protocolos de enrutamiento en redes malladas. Esto permite tomar en cuenta las características de transmisión de cada enlace que se expresan con un “peso” o ponderación que se le asigna. Un enlace con mayores pérdidas tendrá una ponderación mayor, que se utilizará para evaluar la métrica de la trayectoria total.

Si embargo, no toma en cuenta la posibilidad de que diferentes enlaces puedan tener anchos de banda distintos, por lo que el tiempo de transmisión de un paquete será menor en el enlace con mayor ancho de banda.

### **3.8.3 ETT (Expected Transmission Time)**

Se trata de una métrica surgida a partir de la conocida ETT, como consecuencia de que ésta no tiene en cuenta el ancho de banda de los enlaces entre nodos.

A partir de ETX y conociendo la capacidad estimada del enlace y la longitud de los paquetes, se estima el tiempo medio de transmisión de cada paquete de datos.

Esto puede tener un impacto significativo cuando los tramos considerados incluyan diferentes ISPs a Internet que pueden variar considerablemente en ancho de banda, o cuando se tengan tramos que utilizan 802.11 b mezclados con tramos que utilizan 802.11 a o g.

### **3.8.4 PDR**

Esta métrica intenta maximizar el path delivery ratio de la ruta. Para obtener este parámetro primero se ha de realizar una predicción del Link Delivery Ratio (LDR) en cada salto del camino.

La principal ventaja de esta métrica es que elige los caminos de mayor calidad para la comunicación, lo que conlleva a una mayor tasa de entrega y un menor número de cortes en dichos enlaces respecto a Hops.

### **3.9. Uso actual de las redes mesh**

Los inicios de las redes mesh son militares. Inicialmente se usaron para comunicarse con aquellas unidades de militares que aun estando lejos de las zonas de cobertura de sus mandos estaban lo suficientemente cerca entre sí como para formar una cadena a través de la cual se pudiesen ir pasando los mensajes hasta llegar a su destino.

Actualmente este tipo de redes está bastante extendido en toda clase de grupos.

Empresas privadas dedicadas a la comercialización de redes mesh, instituciones sociales o comunitarias, o incluso laboratorios y grupos de investigación dedicados al estudio estas redes y todo lo que las rodea.

#### **3.9.1 Redes mesh comunitarias**

Las redes mesh comunitarias están formadas por agrupaciones de usuarios, instituciones o empresas que deciden construir una red mesh, y de esta manera conectarse entre ellos con altas prestaciones y un bajo coste, además de servicios de valor añadido.

El objetivo de estas comunidades de usuarios no es solamente posibilitar el acceso a Internet. Se trata de crear otra red, pero gestionada por sus propios usuarios.

En caso de catástrofe y el consiguiente colapso de las redes de comunicación habituales, la red mesh sería una alternativa de comunicación al no depender de los canales y medios de transmisión habituales, permitiendo conectar a la red desde cualquier punto y en todo momento para servir de red de emergencia y atender a las necesidades de comunicación y transmisión de voz y datos que puedan surgir.

### **3.9.2 Redes mesh comerciales**

También hay algunas empresas que se dedican a desplegar redes inalámbricas a todo tipo de clientes, tanto particulares, como profesionales. Ofrecen soluciones de interconexión de redes de un modo más profesional que las redes comunitarias, llegando a ofrecer servicios como monitorización de la red, supervisión online o gestión de puntos de acceso desde los que el cliente puede cobrar por su utilización.

Los dispositivos que comercializan estas empresas tienen la peculiaridad de que son muy económicos, fáciles de instalar, e incorporan enrutamiento avanzado: cada nodo transmite automáticamente entre sí, formando redundancias automáticas a través de múltiples trayectorias, aumentando alcance y eficiencia.

Además se trata de una red self-healing, es decir, se arregla y se reconfigura por sí misma si algún nodo está fuera de servicio, lo que disminuye la necesidad de mantenimiento.

Para la implantación de redes inalámbricas malladas en exteriores se aprovecha el mobiliario urbano como soporte para su instalación (farolas, semáforos, etc.). Estas redes pueden soportar servicios esenciales como la comunicación con la policía, bomberos, servicios sanitarios o información de tráfico en áreas metropolitanas.

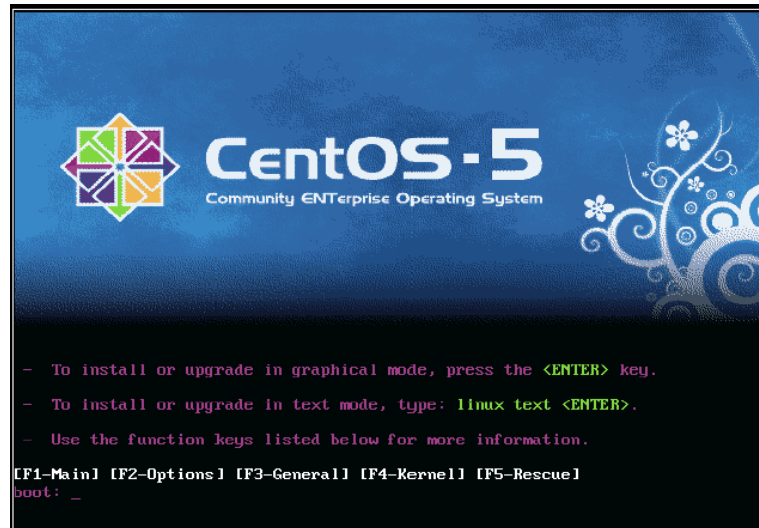
### **3.9.3 Redes mesh de laboratorio**

Se trata de redes experimentales que sirven para realizar proyectos de investigación. Un ejemplo a destacar es Roofnet, una red 802.11b/g que cuenta con 20 nodos activos distribuidos por la ciudad de Cambridge. De ella han surgido protocolos como BATMAN, desarrollado específicamente para este tipo de redes en las que las rutas son dinámicas y cambian constantemente.



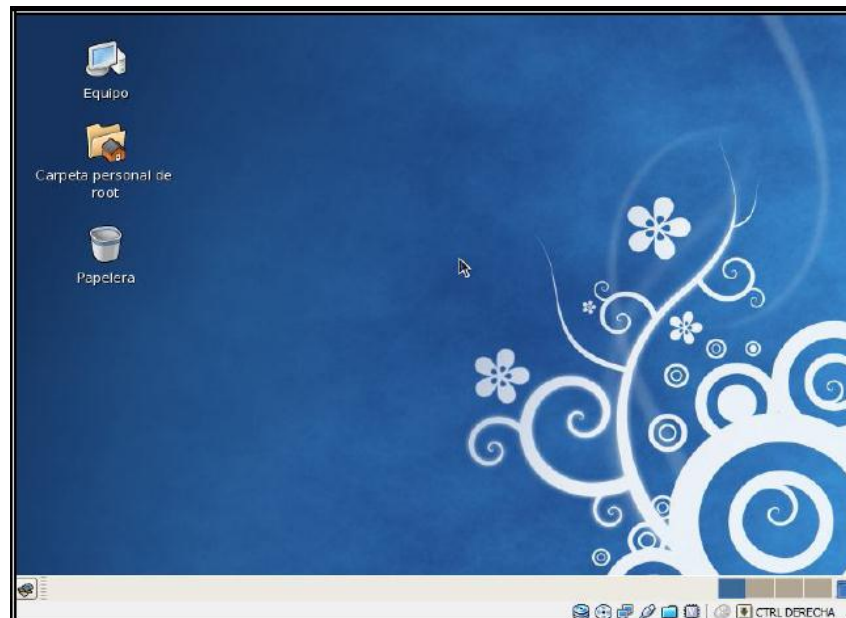
Para el funcionamiento de la red mesh se decidió enrutar en Linux Centos es parecida a la de Windows solo que esta presenta algunas nuevas prestaciones con respecto a los dispositivos físicos que garantiza una mejor seguridad al tener muchas más direcciones de ruteo.

**Figura 3.17:** Instalación de Linux Centos



**Fuente:** Grupo de Investigación

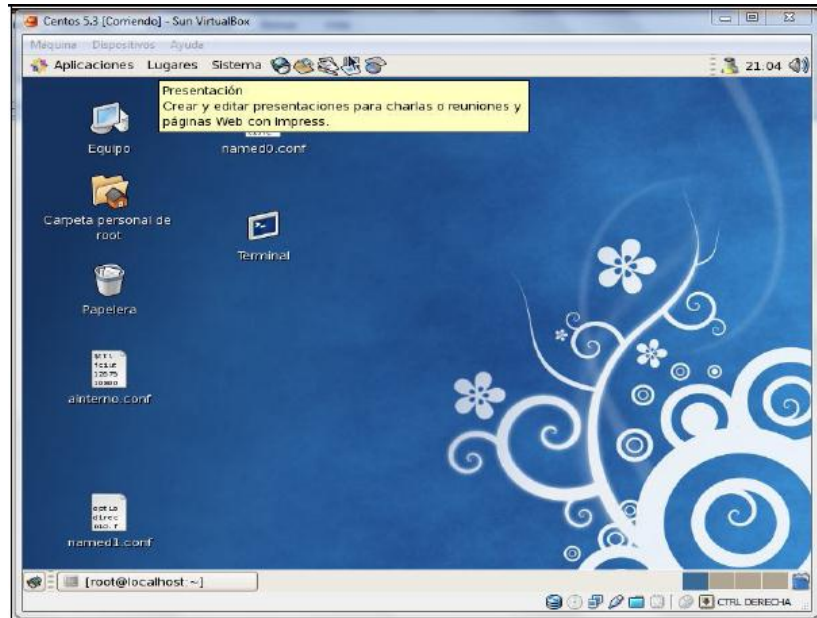
**Figura 3.18:** Instalación de Linux Centos



**Fuente:** Grupo de Investigación

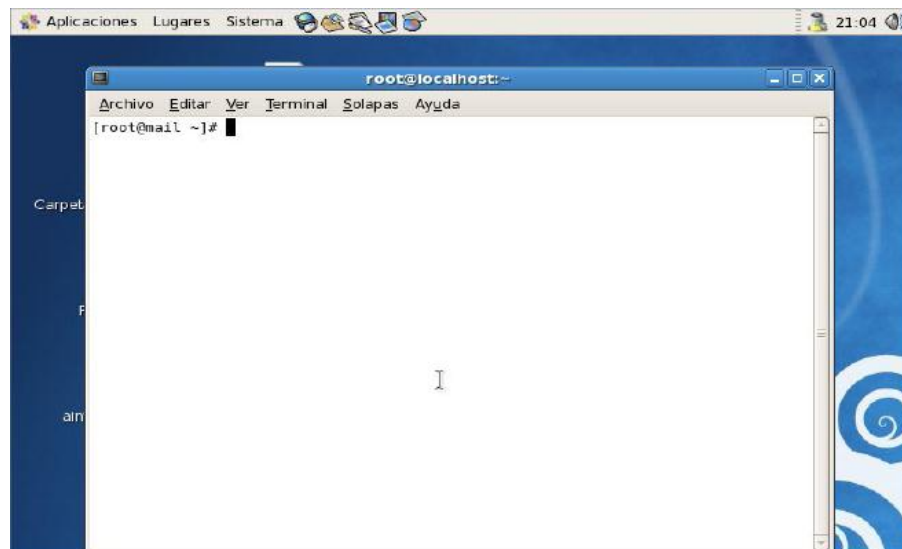
Este es el entorno gráfico de las presentaciones de Linux Centos en cualquiera de sus versiones, las mismas que están basadas en el GNU.

**Figura 3.19:** Instalación de Linux Centos



**Fuente:** Grupo de Investigación

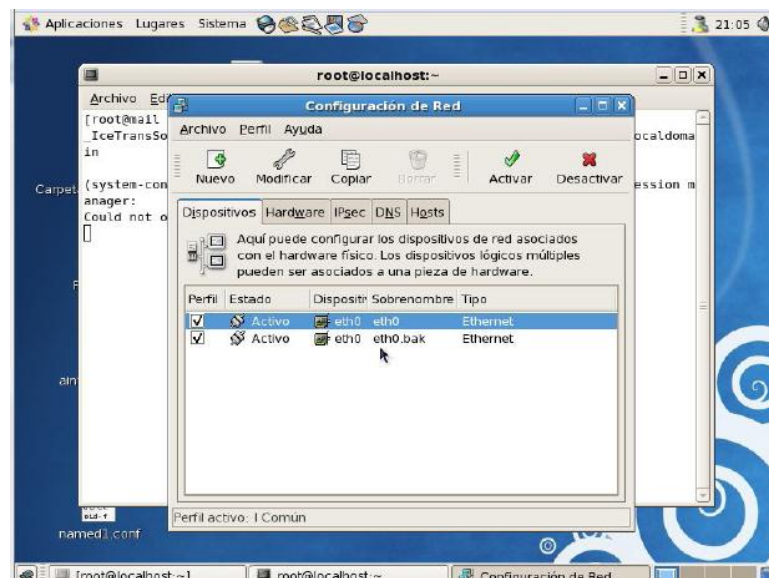
**Figura 3.20:** Terminal en Linux Centos



**Fuente:** Grupo de Investigación

Presentación del terminal de comandos que es la manera más adecuada de interactuar con el sistema operativo Linux, los comandos son básicamente de sus antecesores como el Minix y el muy conocido Unix.

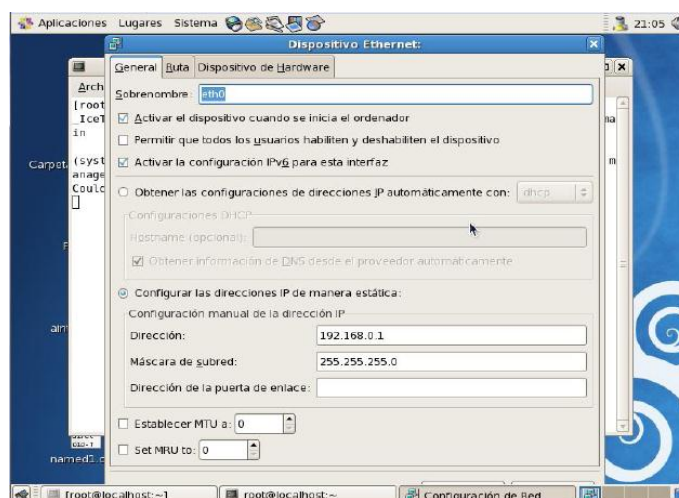
**Figura 3.21:** Configuración de la Red en Linux Centos



**Fuente:** Grupo de Investigación

Esta es la manera alternativa de configurar la red en Linux mediante una interfaz gráfica, aunque existen personas que prefieren hacerlo en base comandos también hay usuarios que dominan esta parte de la configuración.

**Figura 3.22:** Configuración de la red basada en IPv4

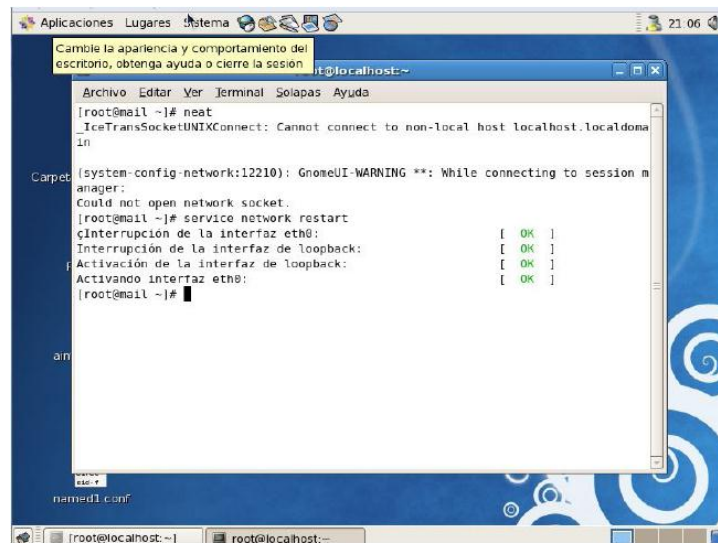


**Fuente:** Grupo de Investigación

Después de configurar los parámetros de red en Linux, se procede a reiniciar los servicios de red, por medio del comando: **servicenetworkrestart**.

Que hace que se apague el servicio luego vuelva a subir los servicios que se utilizan para que el controlador del dispositivo funcione adecuadamente.

**Figura 3.23:** Reiniciar Servicios

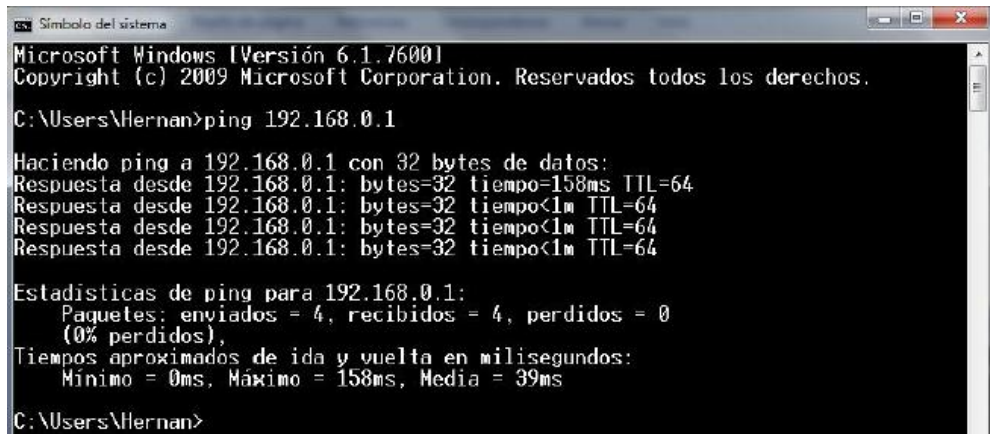


**Fuente:** Grupo de Investigación

Como se puede observar las comunicaciones a través de la tarjeta de red en eth0 funciona adecuadamente, todos los servicios que trabajan con la tarjeta de red funcionan adecuadamente.

Luego de esto, se prueba conexión TCP/IP con IPv4, al servidor

**Figura 3.24:** Configuración de la red basada en IPv4



```
Microsoft Windows [Versión 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\Hernan>ping 192.168.0.1

Haciendo ping a 192.168.0.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=158ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
            (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 158ms, Media = 39ms

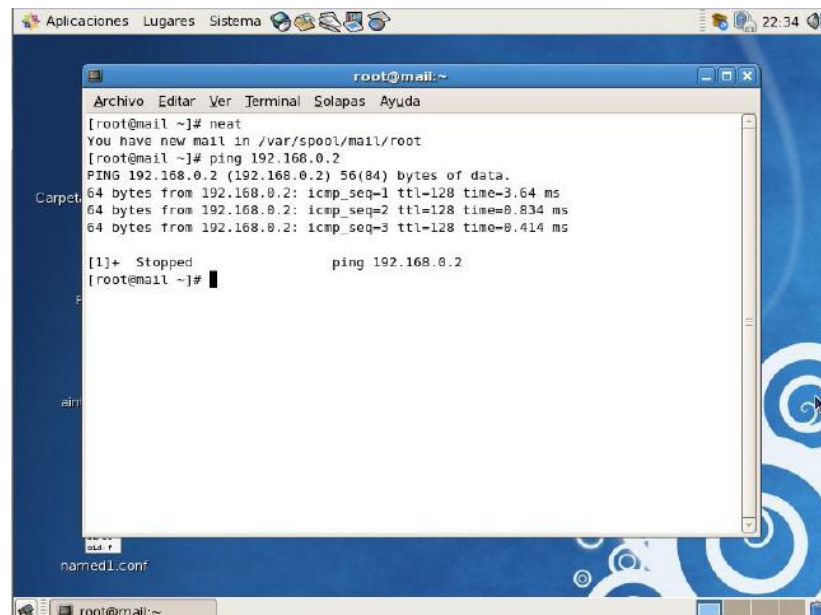
C:\Users\Hernan>
```

**Fuente:** Grupo de Investigación

Estas son las pruebas que se las realizan para que funcione adecuadamente mediante IPv4, que no es otra cosa que el ICMP se encuentren configurado

Desde el servidor al cliente:

**Figura 3.25:** Pruebas de la red basada en IPv4



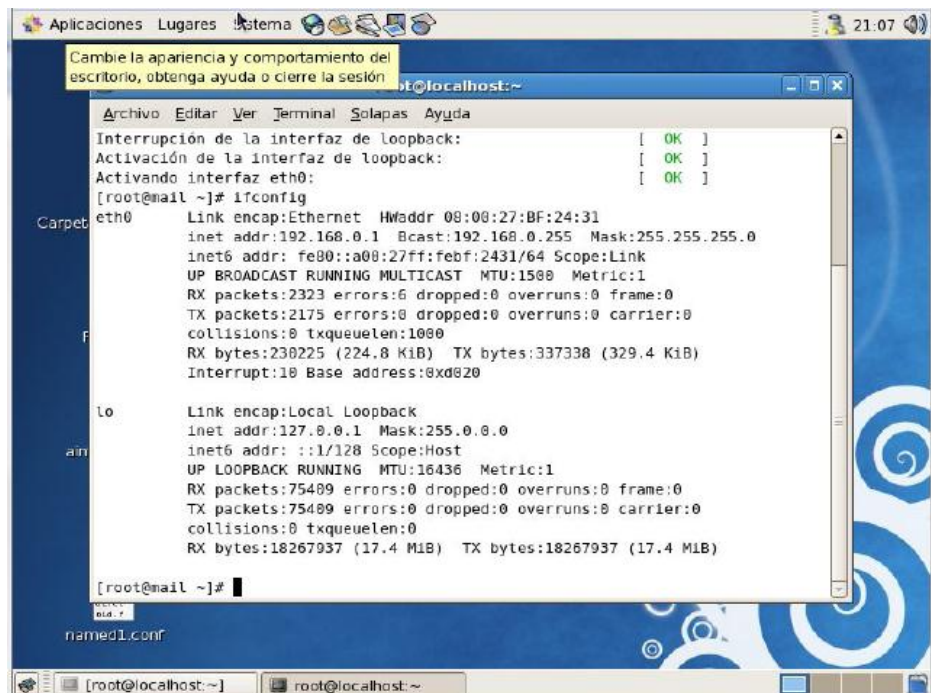
```
root@mail:~# neat
You have new mail in /var/spool/mail/root
root@mail:~# ping 192.168.0.2
PING 192.168.0.2 (192.168.0.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.0.2: icmp_seq=1 ttl=128 time=3.64 ms
64 bytes from 192.168.0.2: icmp_seq=2 ttl=128 time=0.834 ms
64 bytes from 192.168.0.2: icmp_seq=3 ttl=128 time=0.414 ms

[!]+ Stopped ping 192.168.0.2
root@mail:~#
```

**Fuente:** Grupo de Investigación

Por medio del comando **ifconfig**, se puede ver los parámetros de red en LINUX, este comando nos detalla las interfaces que están asignadas tanto en ipv4 como en ipv6, máscaras, direcciones MAC, etc.

**Figura 3.26:** Configuración de la red basada en IPv6



```
[root@mail ~]# ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 08:00:27:BF:24:31
          inet addr:192.168.0.1  Bcast:192.168.0.255  Mask:255.255.255.0
          inet6 addr: fe80::a00:27ff:febf:2431/64 Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:2323 errors:6 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:2175 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:230225 (224.8 KiB)  TX bytes:337338 (329.4 KiB)
          Interrupt:10  Base address:0xd020

lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          inet6 addr: ::1/128 Scope:Host
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:16436  Metric:1
          RX packets:75409 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:75409 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0
          RX bytes:18267937 (17.4 MiB)  TX bytes:18267937 (17.4 MiB)

[root@mail ~]#
```

**Fuente:** Grupo de Investigación

### 3.10. Implementaciones Libres

Se trata de distribuciones de Linux personalizadas, paquetes y colecciones de software de diferentes tipos que están destinados a su utilización en redes Mesh.

Son creados y mantenidos por personas que nada tienen que ver con los fabricantes de dispositivos. La mayoría de estos proyectos tienen como origen la serie Linksys WRT54G, cuyo código fuente fue liberado por el propio fabricante de este modelo de router.

A continuación se explican brevemente dos de los más utilizados.

## **FreifunkFirmware**

El Freifunk Firmware puede ser instalado en un enrutador inalámbrico para configurar un típico nodo OLSR rápida y fácilmente. El firmware corre en enrutadores tales como: Linksys WRT54G-V2.0, WRT54G-V2.2, WRT54GS-V2.0, WAP54G-V2.0 (4Mb Flash), WAP54G-V2.0 (2 Mb Flash).

Básicamente el Firmware de Freifunk es una versión pre configurada y estable del OpenWrt con una interface web.

## **Alemania: Freifunk OLSR Mesh, Berlín.**

Es una red mesh comunitaria basada en el protocolo OLSR que nació como una iniciativa para conectar ciertos sectores de Berlín que no estaban bien servidos. El crecimiento fue muy rápido y hoy en día cuenta con unos 600 nodos mantenidos por entusiastas voluntarios (no tiene ningún empleado ni publicidad de ninguna índole).

Cada usuario se compromete a dar servicio a otros mediante el contrato de “picopeering”.

Sus miembros han hecho importantes modificaciones al protocolo OLSR para hacerlo más estable y escalable. En particular, han desechado los nodos especiales MPR (Multi Point Relays) que son los únicos que participan en el enrutamiento en el protocolo original. En su lugar, la red es completamente plana lo que aumenta la redundancia del número de rutas disponibles. También han eliminado algunas de las causas que producían inestabilidades en las rutas.

El OLSRD (Optimizad Link StateRouterDaemon) se puede descargar de su sitio web en versiones en inglés y en español. Funciona en dispositivo tan sencillos como los Linksys WRT54GL, los FON y lo Meraki y también en cualquier computador dotado de una tarjeta inalámbrica. Está optimizado para Linux pero también hay versiones para Windows y otros sistemas operativos.

## **OpenMesh**

Egipto ha sentado el precedente histórico de censura total de internet. Los desastrosos resultados de este absurdo intento de control ya se han visto.

Sin llegar (aún) a tales extremos, en otros países se está intentando por todos los medios acotar la libertad en la red de redes y el temido botón del apagón de internet es ya una realidad.

Para escapar de eventuales intentos de control de internet, puede acudir a redes descentralizadas o redes "ad hoc" que no dependen de ningún nodo central susceptible de ser controlados por los gobiernos.

Openmesh es una iniciativa con el objetivo de garantizar a la sociedad civil las comunicaciones por internet.

La idea básica es crear una red paralela o "secundaria", donde los ciudadanos pueden conectarse entre sí y también –pero no necesariamente– a Internet de una manera que no sea controlable por gobiernos y empresas. Todo ello utilizando estándares abiertos (sin dueños de softwares ni patentes).

El protocolo utilizado en este proyecto es BATMAN, protocolo de enrutamiento ad-hoc multi-hop de redes malladas



### **3.11. Simulación**

#### **Introducción**

La simulación es la imitación del funcionamiento de un sistema real durante un intervalo de tiempo.

Esta simulación puede realizarse ya sea de forma manual o en forma computacional.

La simulación se basa en un modelo de la realidad que cuenta una historia y al observar el comportamiento de ésta, nos permite obtener conocimiento acerca del sistema real.

El comportamiento de la simulación está determinado por el modelo de simulación. Un modelo de simulación es un conjunto de supuestos concernientes al funcionamiento del sistema real.

Los cambios en un sistema real pueden ser simulados con el fin de predecir el impacto en el mismo. La simulación también puede ser usada como una estrategia en la etapa de diseño, antes de que el sistema sea construido, o puede ser usado en ambos casos a la vez, predecir el efecto de un cambio y diseñar variantes de un sistema actual.

#### **Ventajas y desventajas de realizar simulaciones**

##### **Ventajas de la simulación:**

- Intuitivamente, la simulación es una solución aceptable. Al imitar el comportamiento de un sistema nos permite observar mucho más fácilmente su comportamiento.

- Los datos de salida deberían corresponder con las salidas que da el sistema real, siempre que en el modelo de simulación no se utilicen suposiciones dudosas.
- Entre las ventajas de su utilización, se encuentran las siguientes:
  - Nuevas políticas, procedimientos, reglas y flujos de información pueden ser probados sin interrumpir las operaciones del sistema real.
  - Nuevos diseños de hardware, emplazamientos físicos, sistemas de transporte, etc., pueden ser testados sin comprometer los recursos para su adquisición.
  - Probar hipótesis acerca de *¿Qué?* y *¿Cómo?* de algún fenómeno.
  - El tiempo puede ser comprimido o expandido permitiendo un aumento o disminución de la velocidad de los fenómenos en investigación.
  - Análisis de los cuellos de botellas, indicando qué procesos, materiales, etc. están siendo retrasados en exceso.
  - Un estudio de simulación ayuda a entender cómo opera el sistema, no cómo se cree que opera.
  - El poder responder preguntas del tipo *¿Qué pasaría si?* es muy útil para el diseño de nuevos sistemas.

### **Desventajas de la simulación**

- La construcción de un modelo no es fácil ni cualquiera puede llegar a hacerlo, requiere una preparación especial. Se necesita tiempo y experiencia para aprenderlo. Y como cualquier trabajo creativo, no existen dos personas que desarrollen para el mismo sistema un mismo modelo.

- Los resultados de la simulación pueden ser difíciles de interpretar. Dado que las salidas son variables esencialmente aleatorias (y generalmente se basan en entradas aleatorias) es difícil saber si el resultado depende de la relación de las variables o sólo del azar del sistema.

- Hacer el modelo de simulación y de análisis puede ser muy caro tanto en tiempo como en dinero.

Ahorros excesivos pueden hacer que el modelo de simulación no sea suficiente para lo que se necesita.

### **Metodología para realizar un estudio de simulación**

Para realizar un estudio usando la simulación hay que tener o crear un modelo que represente el sistema, junto con las necesidades y objetivos a cumplir.

Se recomienda seguir los pasos que se muestran a continuación:

- **Formulación del problema.** Como en cualquier ámbito, para resolver un problema, hay que describirlo completamente.

- **Planteamiento de objetivos y plan de proyectos.** Los objetivos nos indican qué es lo que tiene que hacer la simulación, es decir, que respuestas nos va a entregar.

También es en esta etapa en la que se decide si la simulación es una herramienta apropiada para el problema, y si lo es, se debe organizar el proyecto, en temas como otras formas de obtener el resultado, las validaciones y cuanta gente y tiempo se va a emplear.

- **Conceptualización del modelo.** Para modelar se necesita sacar las características esenciales del sistema y, mediante suposiciones y correcciones, mejorar el modelo para que se aproxime al sistema. No es necesario que sea igual

al sistema, sino que sea una esencia del sistema real. La experiencia es la mejor guía en esta etapa.

- **Conjunto de datos.** Los datos requeridos dependen totalmente del modelo desarrollado. Mientras el modelo está siendo desarrollado, los conjuntos de datos requeridos también van sufriendo modificaciones. Los datos históricos sirven para validar el modelo.

- **Traducción del modelo.** Esta es la etapa en que se pasa el modelo al computador, ya sea por medio de un lenguaje de simulación o un software de simulación de propósito específico.

- **Verificación.** Se refiere a la verificación del programa en sí, ¿Está ejecutándose apropiadamente?. Se buscan y corrigen errores de programación y si la estructura lógica del modelo está correctamente representada.

- **Validación.** La validación se refiere a si el modelo es la representación exacta del sistema real.

Esto se logra mediante el proceso de comparar el modelo con el sistema y usar esas diferencias para ir ajustando el modelo.

- **Diseño del experimento.** Se refiere al diseño de lo que se va a simular, y las decisiones que conciernen a cada escenario de simulación, como el tiempo que va a durar, su complejidad, etc.

- **Ejecuciones de producción y análisis.** Ejecutar las simulaciones y el posterior análisis permite estimar medidas de desempeño para el sistema que está siendo simulado.

- **¿Más ejecuciones?** El analista debe determinar si son necesarias más simulaciones así como el diseño que éstas deben tener.

- **Documentación y reportes.** La documentación asociada aporta mayor confianza a su utilización, además de servir para posteriores usos y modificaciones. Con los reportes se refiere al progreso del trabajo de simulación. Cuentan el trabajo realizado y las decisiones tomadas.

También se sugiere la realización de entregables periódicos que no sean necesariamente grandes logros. Pretenden mantener informados al personal que no está trabajando directamente en él.

Estos documentos tienen que estar programados en el *Planteamiento de objetivos y plan de proyectos*.

- **Implementación.** Una vez obtenidos los análisis de las salidas de la simulación éstos deben ser llevados al sistema estudiado.

### **Herramientas de simulación**

A continuación se presenta el software de simulación orientado a redes más conocido.

#### **Network Simulator Tesbed (NEST)**

Simulador desarrollado por el departamento de Computer Science de la Columbia University.

Nest provee un ambiente de simulación para sistemas de redes distribuidas y protocolos básicos.

También tiene una interfaz gráfica que permite controlar la simulación.

Está basado en una arquitectura cliente/servidor, lo que permite que complejos escenarios de simulación sean ejecutados en servidores remotos con mayores capacidades de cálculo.

Fue implementado en C y permite a los usuarios ejecutar sus propios códigos escritos en este mismolenguaje.

### **Network Simulator**

**NS** es un simulador de redes basado en eventos discretos.

Se usa principalmente en ambientes educativos y de investigación. Permite simular tanto protocolos unicast como multicast y se utiliza intensamente en la investigación de redes móviles ad-hoc. Implementa una amplia gama de protocolos tanto de redes cableadas como de redes inalámbricas. La versión actual, ns-3, esta diseñada para soportar todo el flujo de trabajo de la simulación desde la configuración hasta la recolección y análisis de tramas.

Es software libre, se ofrece bajo la versión 2 de la GNU General Public License. Cuenta con dos versiones ns-2 y ns-3 que en general son incompatibles.

#### **ns-2**

ns-2 fue desarrollado en C++ y provee una interfaz de simulación a través de OTcl, una variante Orientada a Objetos de Tcl. El usuario describe una topología de red por medio de scripts OTcl, y luego el programa principal de ns-2 simula dicha topología utilizando los parámetros definidos. ns-2 está diseñado para sistemas operativos Linux, FreeBSD, Solaris, Mac OS X y puede ejecutarse bajo Windows utilizando Cygwin. Fue licenciado bajo GPL versión 2.

La última versión, 2.34, se presentó al público el 17 de junio de 2009. Además cuenta con un visualizador llamado Nam, que permite ver en forma más cómoda los resultados de la simulación.

#### **ns-3**

La variante ns-3 surge en el año 2005, a partir del impulso de Tom Hendersons que decidió realizar una nueva versión desde cero, utilizando el lenguaje de programación C++. La base de desarrollo fue el paquete yans (YetAnother Network Simulator).

El desarrollo de ns-3, fue patrocinado en sus inicios por [[NSF] y se proyectó para un periodo de tiempo de cuatro años. Principalmente fue desarrollado por investigadores de las instituciones: Universidad de Washington, Instituto Tecnológico de Georgia y el grupo de investigación Planète en INRIA. La primera liberación de ns-3.1 fue hecha en junio de 2008. En el año 2011 ns-3 llegó a la versión 3.11.

La infraestructura de ns-3 permite el desarrollo de modelos de simulación de alto desempeño, lo que habilita el uso de la herramienta como emulador. ns-3 soporta simulación de redes IP, no IP; así como redes inalámbricas tales como Wi-Fi, WiMAX, o LTE, además de un diferentes protocolos de ruteo entre los que se destacan OLSR y AODV.

### **OMNET++**

OMNeT++ es un simulador modular de eventos discretos de redes orientado a objetos, usado habitualmente para modelar el tráfico de redes de telecomunicaciones, protocolos, sistemas multiprocesadores y distribuidos, validación de arquitecturas hardware, evaluación del rendimiento de sistemas software y, en general, modelar cualquier sistema que pueda simularse con eventos discretos.

Esta herramienta está disponible tanto para sistemas operativos basados en UNIX como para Windows y se distribuye bajo la Licencia Pública Académica. Su versión comercial, denominada OMNEST es desarrollada actualmente por Simulcraft Inc.

### **Java Simulator (J-Sim)**

Simulador desarrollado con el apoyo de NSF, DARPA, CISCO y las Universidades de Illinois y Ohio.

J-Sim provee un ambiente de simulación compuesto basado en componentes. Está hecho sobre un modelo de programación de componentes autónomos.

La entidad básica en este simulador son los componentes y su comportamiento está definido en términos de contratos.

J-Sim está implementado completamente en Java, pero también provee una interfaz de script para la integración con diferentes lenguajes de script como Perl, Tcl o Python. La extensión para usar J-Sim con Tcl se llama Jacl.

Proporciona soporte para la gran mayoría de los protocolos usados en internet, así como multicast y QoS.

### **Wireless IP Simulator (WIPSIM)**

Se enfoca a la simulación de redes wireless en IPv6.

Tiene una estructura en la que es muy fácil escribir protocolos en las capas de transporte, red, enlace de datos y MAC, y tiene implementaciones para UDP, DiffServ, ISMA, CSMA y Blue Tooth.

Su uso principal es en investigación y estudio de mecanismos de control de congestión, escenarios móviles, protocolos y descubrimientos de rutas, entre otros. Se encuentra implementado en C++.

### **NCTUns 2.0 Network Simulator/Emulator**

NCTUns (National Chiao Tung University, Network Simulator) es un simulador y emulador de redes y sistemas de telecomunicaciones avanzado. NCTUns es software libre y se ejecuta sobre Linux; además utiliza una metodología de simulación que entra y modifica el Kernel de Linux, lo cual hace que el programa tenga ventajas únicas en comparación con otros simuladores y emuladores de redes de comunicaciones.



NCTUns ha recibido varios reconocimientos a nivel internacional, debido a las prestaciones que ofrece y al desarrollo del programa; algunos de estos reconocimientos son: MobiCom 2002 y 2003, Reporte.

Especial en el revista de la IEEE – Julio de 2003, IEEE MASCOTS 2004, IEEE vehicular technology society, IEEE INFOCOM 2005, etc. Esto evidencia el impacto que ha causado este programa en el ambiente de la simulación de redes de comunicaciones.

Este simulador permite desarrollar, evaluar y diagnosticar el desempeño de protocolos y aplicaciones en diferentes tipos de redes (LAN, MAN, WAN). Las simulaciones hechas con esta herramienta cuentan con características muy especiales, ya que NCTUns simula en tiempo real y con una interfaz similar a la de los sistemas reales, lo cual permite familiarizar más al usuario con el manejo del diseño, configuración e implementación de aplicaciones en redes de comunicaciones.

NCTUns utiliza una sintaxis sencilla pero muy efectiva para describir la topología, los parámetros y la configuración de una simulación, esta descripción se genera a partir de la interfaz gráfica del usuario.

NCTUns fue desarrollado basado en el simulador NS, de ahí su nombre, sólo que incluye una interfaz más amigable para la implementación de los modelos de red que se simulan.

Este programa permite la simulación de arquitecturas de redes sencillas, sin embargo, su mayor potencial está en la simulación de redes tan complejas como las redes GPRS, satelitales y ópticas.

El NCTUns también puede ser utilizado como emulador, especialmente para redes móviles e inalámbricas; para dichas aplicaciones provee recursos para manejo y

estudio de sistemas de radiofrecuencia y permite obtener mediciones para establecer niveles de calidad de servicio (QoS) de las señales irradiadas.

El hecho de que el simulador permita definir obstáculos, trayectorias de movimiento y que los terminales móviles (como celulares GPRS y portátiles) se puedan desplazar siguiendo dicha trayectoria, al mismo tiempo en que se hacen mediciones de atenuación, interferencia y de ancho de banda, dan cuenta de las sobresalientes características del NCTUns y justifican los diferentes reconocimientos que ha obtenido a nivel mundial.

Adicionalmente, permite simular redes ópticas y, como si fuera poco, puede usarse fácilmente como un emulador, cuando se deseen desarrollar funciones de desempeño de un host real y ver cómo se comportaría bajo diferentes tipos de condiciones de red sin modificar su protocolo interno. Esto quiere decir que NCTUns tiene la posibilidad de emular un dispositivo de red del mundo real en su entorno gráfico e interconectarlo con dispositivos simulados o virtuales, para intercambiar paquetes.

También posee una característica importante, la cual, sumado a lo anteriormente expuesto, hacen de NCTUns uno de los más poderosos simuladores de redes de telecomunicaciones. La arquitectura de sistema abierto, en la cual la GUI y el motor de simulación son elementos separados que utilizan un modelo cliente/servidor, permite ejecutar simulaciones remotas, paralelas, distribuidas y concurrentes. Esto permite, entre muchas otras cosas, correr simulaciones simultáneamente en diferentes nodos de una red y cuyos resultados individuales sirven para el análisis de un sistema único. Esto quiere decir, que un usuario, puede enviar su proyecto de simulación a un servidor remoto que esté ejecutando el motor de simulación, utilizando su propia GUI y además correr múltiples simulaciones concurrentes en diferentes hosts conectados a dicho servidor.

## OPNET IT GURÚ

OPNET IT Gurú proporciona un entorno virtual de red que modela el comportamiento de una red por completo, incluyendo sus pasarelas (*routers*), conmutadores (*switches*), protocolos, servidores y aplicaciones en red. Este entorno de trabajo es de gran utilidad para los responsables de informática e I+D, diseñadores de redes, operadores y personal de mantenimiento de red, etc. ya que permite diagnosticar problemas de una forma eficiente, validar cambios en la red antes de implementarlos y prever el comportamiento de la red ante futuros escenarios como crecimiento de tráfico, fallos de red, etc.

Como usuario se pueden analizar hipotéticos escenarios de red (denominados en OPNET “**escenarios**”) simplemente observando cómo varían determinadas métricas de prestaciones (retardos, productividad, etc.) ante distintas configuraciones del escenario de red (número de estaciones, tipos de conmutadores/routers, topología de interconexión, tráfico generado, etc.) de la red.

Para crear una simulación de red o proyecto (denominada en OPNET “**Project**”) es necesario especificar los nodos que forman la red bajo estudio (computadores, conmutadores, encaminadores, etc.), los enlaces que conectan los nodos (topología) y las aplicaciones que se ejecutarán en los nodos durante la simulación.

El módulo de OPNET “Aplicación para la Caracterización del Entorno” (*Application Characterization Environment, ACE*) permite a las empresas identificar de raíz problemas existentes en las prestaciones de las aplicaciones en red, y resolver estos problemas de manera eficiente y con bajo coste.

Además permite cuantificar el impacto de los cambios realizados.

## **PACKET TRACER™**

Es un simulador gráfico de redes desarrollado y utilizado por Cisco como herramienta de entrenamiento para obtener la certificación CCNA14. PacketTracer es un simulador de entorno de redes de comunicaciones de fidelidad media, que permite crear topologías de red mediante la selección de los dispositivos y su respectiva ubicación en un área de trabajo15, utilizando una interfaz gráfica.

PacketTracer es un simulador que permite realizar el diseño de topologías, la configuración de dispositivos de red, así como la detección y corrección de errores en sistemas de comunicaciones. Ofrece como ventaja adicional el análisis de cada proceso que se ejecuta en el programa de acuerdo a la capa de modelo OSI que interviene en dicho proceso; razón por la cual es una herramienta de gran ayuda en el estudio y aprendizaje del funcionamiento y configuración de redes de comunicaciones y aplicaciones telemáticas.

## **WIFI MESH SIMULATOR PRO**

Permite simular el tráfico y el enrutamiento entre teniendo en cuenta el movimiento de las estaciones espaciales en 2D.

Cada estación tiene las siguientes propiedades:

- Ubicación inicial
- Datos de programación de tráfico
- Vector de velocidad

Durante la simulación, cada estación se enfrenta al constante cambio de topología de red. La actualización de las tablas de enrutamiento dinámico y la búsqueda de una ruta de destino son tareas que se realizan de forma automática

El simulador permite analizar:

- Proporción del tráfico total.
- Proporción de tráfico eficaz.
- Colisiones.
- El caudal máximo / mínimo / promedio.

El simulador tiene muy extensa interfaz gráfica de usuario, lo que permite realizar una investigación más profunda, como por ejemplo:

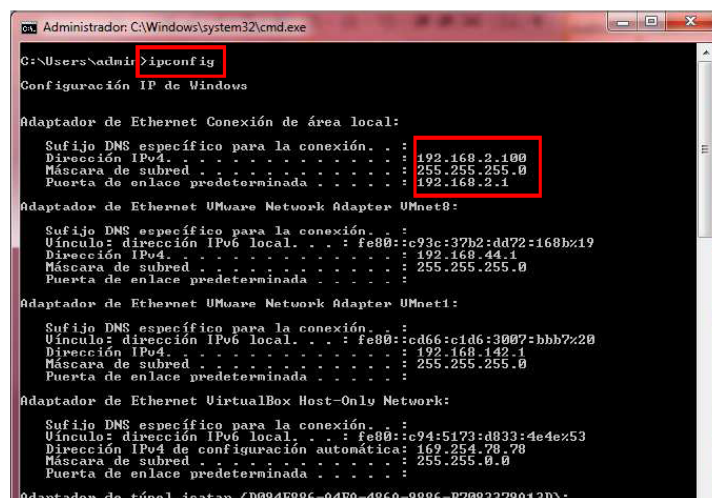
- Sniffing – (es posible filtrar por tipo de trama).
- Posición actual de la estación.
- Todas las transacciones de datos se muestran en el worldmap
- Cada estación puede ser investigada a través de la cola de paquetes y la tabla de enrutamiento.

### Actualización vía web

Es la forma más sencilla. El primer paso consiste en conectarse al router a través de un navegador.

Los pasos a realizar son los siguientes:

- Abrir una consola y ejecutar el comando **ipconfig** para conocer los parámetros actuales de la red.



En la gráfica anterior se puede observar las configuraciones del router de las direcciones que permitan enrutar desde una red hacia la otra red con diferentes VLANs.