

DIMENSIONAMIENTO DE UN SERVIDOR PARA UNA RED BASADA EN LA INFRAESTRUCTURA LTSP (LINUX TERMINAL SERVER PROJECT) CON CLIENTES LIGEROS. APLICACIÓN: USO DE NTICS EN EDUCACIÓN GENERAL BÁSICA Y BACHILLERATO

Carrera Izurieta Iván Marcelo, Rivadeneira Fuentes Marco David

Director: Ing. Mayrita Valle, MBA.

**Escuela Politécnica Nacional
Isabel la Católica E202 y Mena Caamaño
Quito – Ecuador**

RESUMEN

Este artículo comprende el Dimensionamiento de un servidor para una red basada en la infraestructura LTSP Linux Terminal Server Project y su aplicación dentro del uso de NTICs en la Educación General Básica y el Bachillerato, determinando las características mínimas que debe tener el servidor para satisfacer los requerimientos establecidos.

Se realiza además el cálculo del costo total de implementar y mantener una red con infraestructura LTSP, y se lo compara con una red educativa tradicional; mediante el análisis de costos se determina que la red LTSP tiene un menor costo, dada su naturaleza y rendimiento.

1. INTRODUCCIÓN

LTSP (Linux Terminal Server Project) es un grupo de aplicaciones conformado por varios servicios, incluidos en la mayoría de los sistemas operativos GNU/Linux y permite a clientes ligeros tener acceso al sistema operativo desde un único servidor.

Este conjunto de servicios hace posible que computadores de bajas prestaciones como

terminales ligeros, o computadores antiguos, puedan ser utilizados como computadores de escritorio en ambientes educativos y empresariales.

Para ambientes educativos, una implementación de LTSP reduce costos de implementación al utilizar hardware antiguo o de bajas prestaciones como clientes ligeros, y además reduce costos de administración porque requiere solamente instalar y dar mantenimiento al software en el servidor.

En la actualidad, en el país se está mejorando la educación con modernas modalidades apoyadas en las NTICs como la educación combinada o blended – learning, y se puede considerar que la implementación de una red LTSP en centros educativos permitirá a más estudiantes tener acceso a una educación apoyada en las NTICs a un menor costo.

1.1. Historia

El proyecto LTSP empezó en 1999 en base al desarrollo de un mecanismo para arranque por red basado en *netboot*. Desde entonces LTSP se ha ido convirtiendo en una popular solución para la implementación de redes en ambientes educativos y empresariales.

1.2. Funcionamiento

LTSP es un paquete de aplicaciones que convierten a un computador con GNU/Linux en un servidor de terminales.

Aunque existen versiones de distribuciones GNU/Linux especializadas en LTSP, se pueden agregar los programas necesarios para configurar un servidor LTSP sobre una distribución GNU/Linux de escritorio.

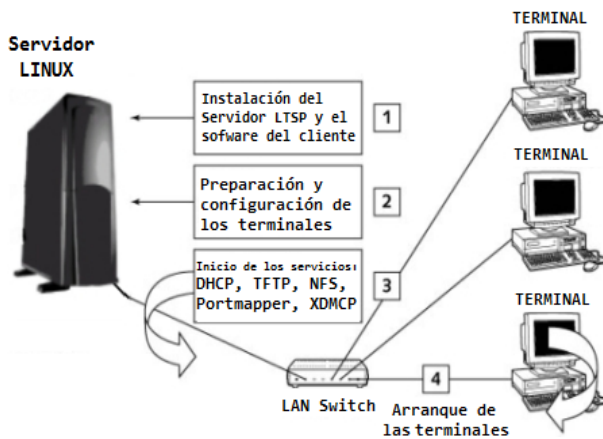


Figura 1: Configuración básica de LTSP

Cuando el servidor LTSP está en funcionamiento y un cliente se inicia ocurre el siguiente procedimiento:

- El cliente arranca mediante el protocolo PXE, que le permite iniciar desde la tarjeta de red como dispositivo de arranque.
- El cliente hace un requerimiento para una dirección IP mediante el protocolo DHCP.
- El servidor DHCP incluido dentro del servidor LTSP responde al requerimiento y le envía su configuración de direccionamiento IP, junto con un parámetro que le indica dónde se encuentra la imagen del sistema operativo dentro del servidor TFTP.
- El cliente hace una petición hacia el servidor TFTP para obtener la imagen del sistema operativo para iniciar la carga del sistema.

- El cliente recibe la imagen e inicia el sistema operativo GNU/Linux, detecta el hardware, los dispositivos de almacenamiento y se conecta con el servidor X Window.

Aquí concluye el procesamiento en el lado del cliente, el resto de operaciones son realizadas remotamente en el servidor.

El acceso se realiza mediante el protocolo SSH, y en el lado del cliente se recibe mediante el protocolo X11 únicamente la imagen de la pantalla hacia el monitor.

1.3. Componentes

1.3.1. Servidor

En LTSP el servidor cumple el papel más importante dentro de la red, es el computador principal, en el que se instala el sistema operativo y las aplicaciones para configurarlo. Dentro del servidor LTSP deben estar configuradas las cuentas de usuarios para que cada uno de ellos pueda ingresar y tener acceso a sus archivos personales y a sus aplicaciones. El servidor es el único computador donde el disco duro es utilizado.

El servidor LTSP agrupa varios servicios necesarios para poder iniciar y correr un cliente ligero.

Los servicios principales que componen a un servidor LTSP son: DHCP, TFTP, NFS, XWindow y SSH.

1.3.2. Clientes Ligeros

Un cliente ligero es un computador o un software que depende del servidor para el procesamiento y se orienta en manejar la entrada y salida con cada usuario.¹

¹ Cliente Liviano. Wikipedia, la enciclopedia libre. http://es.wikipedia.org/wiki/Cliente_liviano

En LTSP los clientes ligeros son los computadores que utilizan los usuarios de la red para acceder al servidor, los clientes no necesitan tener disco duro porque todas las aplicaciones se encuentran en el servidor y van a correr sobre éste, y tampoco necesitan tener gran capacidad de cómputo.

Los clientes ligeros pueden ser equipos o *appliances* específicamente construidos con este fin, es decir, estaciones de trabajo de bajo consumo eléctrico y bajo costo comparado con computadores de escritorio típicos.

Entre los beneficios más importantes relativos al uso de clientes livianos que ofrece LTSP en la educación son:

- **Bajo costo de mantenimiento.** No es necesario que exista un mantenimiento regular como en ambientes de computadores de escritorio, especialmente en el software. El único mantenimiento al que se puede referir en un cliente ligero es el de hardware, en casos en los que el funcionamiento físico llegara a fallar.

- **Mayor seguridad para los usuarios.** Un cliente ligero puede ser robado, pero al no almacenar datos no representa un problema desde el punto de vista de pérdida de información, ni se requiere de ninguna migración de datos o configuración en el nuevo equipo.

- **Escalabilidad.** Para instalar nuevos terminales clientes simplemente se debe configurar en el servidor una cuenta de usuario, conectar el cliente ligero a la red y encenderlo, y se tendrá acceso a todas las aplicaciones disponibles en el servidor.

- **Fácil Administración.** Con una infraestructura centralizada, la administración de los archivos, las aplicaciones y demás características deben ser configuradas en el servidor, evitando efectuar tareas repetitivas de configuración sobre los clientes.

Adicionalmente, es necesario analizar las desventajas que presenta LTSP como cualquier sistema centralizado:

- **Aumento de la vulnerabilidad del sistema.** Si el servidor llega a tener un problema, se daña o es hurtado, toda la información de los usuarios se vería comprometida, y es indispensable tomar medidas de seguridad preventiva para evitar este problema.

- **Fallos heredados.** En caso de que llegue a existir una falla en el funcionamiento del servidor, ocasionaría que todos los clientes se vean afectados.

Y en el caso de LTSP, las limitaciones que presenta son principalmente que el número de usuarios está limitado por el hardware del servidor porque cada cliente va a utilizar los recursos del servidor para su funcionamiento.

2. DIMENSIONAMIENTO DEL SERVIDOR LTSP

Para dimensionar al servidor se debe tener en cuenta principalmente el número de usuarios, y también se deben considerar parámetros adicionales como las aplicaciones utilizadas por los usuarios, los procesos del sistema y el requerimiento de almacenamiento en disco duro por cada usuario.

2.1. Metodología

El dimensionamiento del servidor LTSP comienza con el establecimiento de los requerimientos de los usuarios y del sistema, la definición de métricas para evaluar los parámetros a ser dimensionados en el servidor, y finaliza con la configuración de los equipos de prueba.

2.1.1. Requisitos

Los requisitos que debe cumplir el servidor para el presente proyecto son:

- Servir a 30 usuarios simultáneamente.
- Cada usuario debe tener conexión a internet.
- Cada usuario debe manejar por separado sus: procesos, programas, archivos y disposición de almacenamiento.

2.1.2. Métricas

Los parámetros a ser considerados se basan en los siguientes criterios:

- Desde el punto de vista del usuario se deben tomar en cuenta los tiempos de respuesta de las aplicaciones, programas y del acceso a sus archivos y carpetas.

- Desde el punto de vista del servidor se debe evaluar parámetros de utilización del CPU, el número de procesos en cola de ejecución, la cantidad de memoria libre, la utilización de memoria virtual y la utilización de los discos duros. Es decir los parámetros que nos permitan determinar el consumo de recursos y los posibles cuellos de botella que pudieran ocurrir.

- De acuerdo a la carga específica hay que relacionar los puntos de vista del usuario y del servidor, debido a la relación que existe entre ellos. La actividad de carga específica que existe en el servidor depende de la actividad de los usuarios y el uso y disponibilidad de recursos.

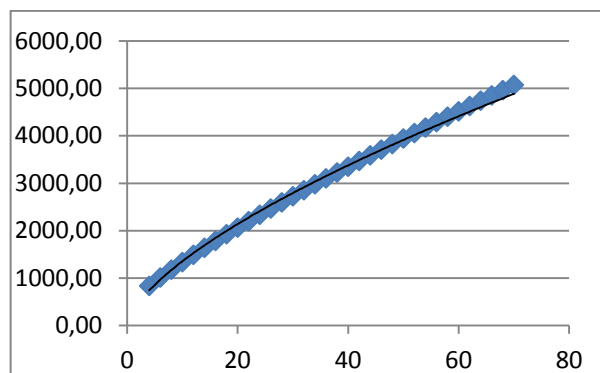
2.2. Pruebas preliminares

Para las pruebas preliminares se necesita configurar un servidor LTSP, y crear desde otro computador varias máquinas virtuales que hagan las veces de clientes ligeros.

Cuando se tienen las máquinas virtuales accediendo al servidor se deben tomar los datos estadísticos de uso de CPU, memoria RAM y SWAP, que utilizan los procesos y aplicaciones del servidor, y así establecer las proyecciones para el dimensionamiento del servidor.

Se determinó que la carga de cada usuario sobre el servidor varía siguiendo una progresión potencial, así por ejemplo:

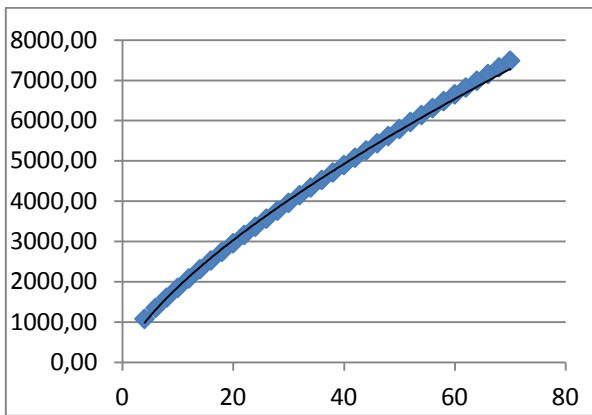
Para el caso en que los usuarios hayan iniciado sesión, se tiene el uso de memoria en el servidor indicado en la Figura 2, y para el caso en el que los usuarios utilicen el procesador de texto se tiene el uso de memoria expresado en la Figura 3



$$y = 296,73x^{0,6594}$$

Figura 2: Consumo de memoria en el servidor en función del número de usuarios al momento de iniciar sesión

Donde x es el número de clientes, e y el valor de la memoria RAM (en MB) en el servidor al momento de iniciar sesión.



$$y = 374,36x^{0,6987}$$

Figura 3: Consumo de memoria en el servidor en función del número de usuarios que usan el procesador de palabras

Donde x es el número de clientes, e y el valor de la memoria RAM (en MB) utilizada en el servidor cuando los usuarios están utilizando el procesador de texto.

De manera similar se realizaron mediciones de la carga promedio aplicada al procesador, y se estableció un valor de referencia mínimo bajo el cual el servidor debe operar. La herramienta utilizada para medir la carga promedio de CPU es el comando *uptime*.

Tabla 1: Carga Promedio por número de usuarios

Número de Usuarios	Carga Promedio
5	0,08
10	7,38
15	11,70

Se toma como referencia el valor de carga promedio de 11,7 obtenido con 15 usuarios virtuales conectados al servidor y con un procesador de 2 núcleos y 2,1 GHz de velocidad;

para realizar el dimensionamiento del procesador cumpliendo los requisitos previstos y tener una carga promedio con un valor cercano a 11,7 con 30 usuarios simultáneos es necesario disponer de un procesador con una capacidad equivalente al doble de la utilizada, es decir, con una velocidad 2,1 GHz y 4 núcleos o una velocidad de 4,2 GHz y 2 núcleos.

La elección del procesador para implementar un servidor LTSP varía dependiendo de los modelos disponibles en el mercado.

2.2.1. Dimensionamiento del servidor LTSP

En cuanto al disco duro, se determinó tener particiones separadas y repartidas en todo el disco duro.

Para el dimensionamiento de la memoria RAM y de la velocidad del procesador, se debe partir de los resultados de las pruebas preliminares.

Respecto a la memoria SWAP, para el dimensionamiento del servidor de prestaciones mínimas se establece un tamaño de memoria SWAP igual al de la memoria RAM.

Para obtener el dimensionamiento de la tarjeta de Red, se analizó el tráfico y las estadísticas de la red, para realizar el cálculo del porcentaje de ancho de banda usado por los clientes. En el caso del servidor se necesita que estén instaladas dos tarjetas de red, una de 100 Mbps para la red interna LTSP y otra de 1000 Mbps para la conexión a internet.

2.3. Características del servidor LTSP

En base a los resultados del dimensionamiento del servidor LTSP para cumplir los requisitos previstos, se determina que el servidor LTSP, debe tener las características mínimas indicadas

en la Tabla 2 para trabajar con 30 usuarios y además en la Tabla 3 se especifica las características del servidor de pruebas para trabajar con 15 usuarios:

Tabla 2: Servidor LTSP de características mínimas para 30 usuarios

SERVIDOR LTSP	
Nombre	Valor
Procesador	2,1 GHz x 4 núcleos ó 4,2 GHz x 2 núcleos
Memoria RAM	8 GB
Memoria SWAP	8 GB
Sistema Operativo	Fedora Core 10 de 32 bits
Tarjeta de Red para LTSP	10/100 Mbps
Tarjeta de Red para acceso a Internet	10/100/1000 Mbps
Disco Duro	320GB

Para realizar las pruebas de stress y carga se determinó configurar un servidor de pruebas que sea capaz de servir a 15 usuarios, con las siguientes características:

Tabla 3: Características del Servidor LTSP de Pruebas

SERVIDOR DE PRUEBAS LTSP		
Nombre	Valor	Modelo
Procesador	2,2 Ghz	INTEL CORE 2 DUO
Memoria RAM	4 GB	MARKV DDR2 2GB PC800 x 2

Memoria SWAP	4GB	
Tarjeta de Red Integrada	10/100/1000 Mbps	REALTEK RTL8111-GR
Tarjeta de Red	10/100/1000 Mbps	ADVANTEK PCI GIGA
Unidad Óptica	22x	DVD/RW SATA
Disco Duro	320GB	Samsung SERIAL ATA 7200RPM
PLACA BASE		MBO Intel DG31PR

3. ANÁLISIS DE COSTOS

Es importante poder determinar la reducción en los costos de una red educativa, cuando se utiliza una infraestructura LTSP.

3.1. Total Cost of Ownership

El modelo TCO Total Cost of Ownership ofrece una ayuda significativa en el mundo de las Tecnologías de Información desde 1987, cuando Hill Kirwin de Gartner Group Inc., desarrolló el modelo para los PC o equipos de escritorio; y, desde aquella época el modelo se ha extendido a prácticamente todas las NTICs.

Este modelo permite evaluar todos los costos que involucra un proyecto, a lo largo del tiempo de ejecución del mismo. El principio de TCO radica en que los precios de un bien no solo tienen que ver con su valor inicial, que incluyen los costos iniciales de hardware y software o los costos recurrentes, sino que incluyen componentes adicionales que son necesarios para su correcto funcionamiento, como son los costos de personal, los de soporte técnico y mantenimiento.

3.2. Estimación del costo de la Solución LTSP

Los costos para una red educativa que implementa la infraestructura LTSP se pueden generalizar así:

- Costo Inicial
 - Hardware.- Servidor, terminales, monitores, mueblería, cableado estructurado.
 - Software.- Sistema Operativo, software para LTSP, software de aplicaciones.
 - Instalación.- instalación del cableado estructurado.
 - Configuración.- configuración e instalación de los equipos.
- Costos de Administración
 - Costo por profesionales de planta para administración de la solución.
- Costos de Operación
 - Costos por solución de incidentes, realizado por profesionales de planta.
- Costos de Soporte
 - Costos por soporte técnico, solución de incidentes.

Los costos considerados se detallan a continuación:

Tabla 4: Costos iniciales del proyecto con LTSP

Tabla de costos iniciales del proyecto con LTSP	
Costos del Hardware	\$ 5.862,58
Costos del Software	\$ 154,00
Costos de Instalación	\$ 92,21
Costos de Configuración	\$ 1.500,00
Total costos iniciales	\$ 7.608,79

Tabla 5: Costos de Administración con LTSP

Costos de Administración con LTSP	
Costo promedio anual de un ingeniero	\$ 12.362,40
Número de Ingenieros	1
Porcentaje del tiempo dedicado a la administración de la solución	75%
Costo Promedio Por Año	\$ 9.271,80
Número de años de la solución	4
Costo estimado en el tiempo de vida de la solución	\$ 37.087,20

Tabla 6: Costos de Operación con LTSP

Costos de Operación con LTSP	
Costo promedio por hora de un ingeniero de planta	\$ 5,85
Número de incidentes promedio al año	50
Tiempo aproximado para resolver la falla (en horas)	2,00
Costo Promedio Por Año	\$ 585,34
Número de años de la solución	4
Costo estimado en el tiempo de vida de la solución	\$ 2.341,36

Tabla 7: Costos de Soporte Técnico con LTSP

Costos de Soporte Técnico con LTSP	
Costo promedio por hora de un ingeniero de soporte	\$ 56,00
Número de incidentes promedio al año	10
Tiempo aproximado para dar soporte técnico por incidente (en horas)	2
Costo Promedio Por Año	\$ 1.120,00
Número de años de la solución	4
Costo estimado en el tiempo de vida de la solución	\$ 4.480,00

Tabla 8: Supuestos utilizados en diversas categorías con LTSP

Tabla de Supuestos utilizados en diversas categorías con LTSP	
Costo promedio anual de un ingeniero de planta	\$ 12.362,40
Costo promedio por hora de un ingeniero de planta	\$ 5,85
Costo promedio por hora de un ingeniero de soporte ⁸⁸	\$ 56,00
Número de años estimados de funcionamiento de la solución	4

Tabla 9: Resumen de Costos de la Solución LTSP

Resumen de Costos de la Solución con LTSP	
Costo Inicial de la Solución	\$ 7.608,79
Costo de Administración	\$ 37.087,20
Costo de Operación	\$ 2.341,36
Costo de Soporte	\$ 4.480,00
Total de la Solución	\$ 51.517,35

3.3. Estimación del costo de la Solución sin LTSP

Para estimar los costos de una solución que cumpla con los requerimientos indicados en el apartado 2.1.1, pero sin implementar LTSP, se sigue la misma metodología TCO, a fin de mostrar las diferencias entre una red para educación básica y media que implemente LTSP y una tradicional.

Los costos considerados son los siguientes:

Tabla 10: Costos Iniciales del proyecto sin LTSP

Costos Iniciales del proyecto sin LTSP	
Costos del Hardware	\$ 18.331,62
Costos del Software	\$ 14.190,00
Costos de Instalación	\$ 92,21
Costos de Configuración	\$ 1.500,00
Total costos iniciales	\$ 34.113,83

Tabla 11: Costos de Administración sin LTSP

Costos de Administración sin LTSP	
Costo promedio anual de un ingeniero	\$ 9.300,00
Número de Ingenieros	1
Porcentaje del tiempo dedicado a la administración de la solución	75%
Costo Promedio Por Año	\$ 6.975,00
Número de años de la solución	4
Costo estimado en el tiempo de vida de la solución	\$ 27.900,00

Tabla 12: Costos de Operación sin LTSP

Costos de Operación sin LTSP	
Costo promedio por hora de un ingeniero de planta	\$ 4,40
Número de incidentes promedio al año	750
Tiempo aproximado para resolver la falla (en horas)	2,00
Costo Promedio Por Año	\$ 6.605,11
Número de años de la solución	4
Costo estimado en el tiempo de vida de la solución	\$ 26.420,45

Tabla 13: Costos de Soporte Técnico sin LTSP

Costos de Soporte Técnico sin LTSP	
Costo promedio por hora de un ingeniero de soporte	\$ 28,00
Número de incidentes promedio al año	45
Tiempo aproximado para dar soporte técnico por incidente (en horas)	2
Costo Promedio Por Año	\$ 2.520,00
Número de años de la solución	4
Costo estimado en el tiempo de vida de la solución	\$ 10.080,00

Tabla 14: Supuestos utilizados en diversas categorías con LTSP

Tabla de Supuestos utilizados en diversas categorías sin LTSP	
Costo promedio anual de un ingeniero de planta	\$ 9.300,00
Costo promedio por hora de un ingeniero de planta	\$ 4,40
Costo promedio por hora de un ingeniero de soporte	\$ 28,00
Número de años estimados de funcionamiento de la solución	4

Tabla 15: Resumen de Costos de la Solución LTSP

Resumen de Costos de la Solución sin LTSP	
Costo Inicial de la Solución	\$ 34.113,83
Costo de Administración	\$ 27.900,00
Costo de Operación	\$ 26.420,45
Costo de Soporte	\$ 10.080,00
Total de la Solución	\$ 98.514,28

3.4. Análisis Comparativo

Partiendo de los resúmenes de costos de soluciones para redes educativas, enunciados en la Tabla 10 y 15 podemos hacer el siguiente análisis:

- Se puede ver que la solución que implementa la infraestructura LTSP tiene un costo total más bajo que una solución tradicional.

Al analizar, cuál es el ahorro y el costo relativo entre soluciones, se tendrá:

Es decir, que el costo total de una solución LTSP equivale al 52% del costo total de una solución que no implemente LTSP.

- Se aprecia un ahorro en los costos iniciales, esto se debe a que los terminales utilizados por los usuarios son generalmente más económicos que utilizar computadoras personales PC por cada usuario.

El costo referencial de un PC para una red educativa tradicional es de: \$543,76, mientras que el costo de un terminal para LTSP es de: \$165,00. Es decir que un terminal cuesta el 30% de un PC.

- Los costos administrativos son mayores para una solución que implementa LTSP porque el personal requerido para administrar una red que utiliza GNU/Linux puede recibir una remuneración más alta.
- Los costos operativos y de soporte son notablemente más bajos en una solución LTSP porque los terminales no son puntos de falla de la red y no deben tener un mantenimiento tan frecuente como un conjunto de PCs. En una solución LTSP, el mantenimiento y el soporte se deben hacer al cableado estructurado y al servidor, lo que, como se puede observar, resulta más económico.

Podemos entonces concluir que, una red para fines educativos, que implemente la infraestructura LTSP ofrece un servicio similar al de una red educativa tradicional, pero se plantea como una alternativa más económica.

4. PRUEBAS

4.1. Procedimiento para pruebas

En el presente proyecto se aplicará, el siguiente procedimiento para las pruebas:

- Determinar el objetivo de cada una de las pruebas.
- Definir las necesidades ambientales.
- Aplicar las pruebas.
- Elaborar una lista con los resultados de las pruebas.
- Indicar las conclusiones obtenidas después de las pruebas.

4.2. Implementación del ambiente de pruebas.

Para cualquier sistema en desarrollo, es necesario implementar un ambiente de pruebas antes de pasar a un entorno de producción; el ambiente de pruebas debe poseer los mismos objetivos, requisitos, características y condiciones del entorno de producción.

El ambiente de pruebas de este proyecto, se ubicó en la asociación de estudiantes de Ingeniería Química y en el Laboratorio de Redes 2 de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional.

4.3. Instalación de LTSP

- *yum install ltsp-server*

Instala todos los paquetes que requiere un servidor LTSP y sus dependencias.

- *yum install ltsp-vmclient (opcional)*

Instala en el servidor un emulador de máquina virtual que sirve para verificar el correcto funcionamiento del servidor. Se debe eliminar el comentario de la línea `option_cache_value` en el archivo `/etc/ltsp/ltsp-built-client.conf` para

utilizar este cliente virtual. Para comprobar el correcto funcionamiento del cliente virtual no es necesario que la red se encuentre configurada, únicamente se lo puede realizar luego de haber instalado todos los paquetes necesarios, digitando el comando `ltsp-vmclient`.

- *echo "/opt/ltsp
*(ro,async,no_root_squash)" >>
/etc/exports*

Escribe `"/opt/ltsp *(ro,async,no_root_squash)"` en el archivo `/etc/exports`

- *ifup ltspbr0*

Activa la interfaz para LTSP. Para este punto de la instalación es necesario configurar la red para que pueda existir un puente, o bridge entre la interfaz `ltspbr0` y una interfaz física del servidor.

Es necesario que el servicio `iptables` se encuentre detenido en este punto, o que se lo configure para que permita el paso de los paquetes necesarios para el funcionamiento de LTSP.

- *for service in xinetd ltsp-dhcpd rpc bind
nfs sshd; do chkconfig \$service on;
service \$service restart; done*
- *for server in ldminfod nbdrootd nbdswapt
tftp; do chkconfig \$server on; done*

Estos comandos definen los servicios que van a ser activados automáticamente cuando se encienda el servidor.

- *ltsp-build-client*

Este comando crea las imágenes de los clientes. Por defecto se encuentra configurado para crear una imagen para un cliente de 32 bits; si se quiere definir una arquitectura diferente únicamente debemos editar en el archivo `/etc/ltsp/ltsp-build-client` con la arquitectura que deseemos, o especificando la opción de arquitectura en el comando.

4.4. Aplicaciones y programas utilizados en el servidor LTSP

- Wine. El objetivo de instalar WINE es poder utilizar el software Microsoft Office. La versión utilizada para la instalación fue Microsoft Office 2003. Se instaló: Microsoft Word 2003, Microsoft Excel 2003 y Microsoft PowerPoint 2003.

- FL_teachertool. Es un software que permite gestionar y administrar usuarios que se encuentran trabajando bajo modalidad de servidor de terminales Linux, a modo de un aula de clases.

- VNC Viewer. La infraestructura LTSP no permite acceder al servidor mediante un terminal de manera remota. Los protocolos encargados de bootear utilizando la tarjeta de red, cargar la imagen del sistema operativo en la memoria del terminal e iniciar sesión en el servidor no pueden trabajar en internet, sino solamente en una red local.

La educación combinada ofrece la posibilidad de aprendizaje y seguimiento a los estudiantes, tanto en línea como de manera presencial. Para poder acceder al servidor de una manera remota se utilizará una aplicación de cliente VNC.

Para el presente proyecto, cuando se desee acceder al servidor desde internet se deberá, en primer lugar, disponer de una dirección IP pública para la interfaz eth1, y posteriormente se podrá ejecutar una aplicación como VNC-viewer desde cualquier computador que cuente con una conexión a internet.

- Moodle. Es un Sistema de Gestión de Cursos de Código Abierto (Open Source Course Management System), conocido también como Sistema de Gestión del Aprendizaje (Learning Management System, LMS). Es una aplicación web gratuita para crear sitios de aprendizaje efectivo en línea.

Para el presente proyecto se utilizará Moodle para gestionar todas las actividades de aprendizaje fuera del aula.

4.5. Tipos de pruebas realizadas

4.5.1. Pruebas de carga

Las pruebas de carga buscan medir el comportamiento del sistema ante una carga determinada. En el presente proyecto, la carga sobre el servidor está especificada por el número de usuarios que acceden a él y el tipo de aplicaciones que van a ejecutar. se consideran 3 parámetros dentro de las aplicaciones que son: inicio de sesión, utilización MS Word y uso del navegador Mozilla Firefox.

Para simular la carga sobre el servidor se utiliza la herramienta *stress*. Se utilizaron scripts para aplicar carga por cada usuario que se desea simular.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que al simular la carga, ésta no sobrepasa de los valores estimados en el dimensionamiento del servidor.

Para las pruebas que consideran el inicio de sesión y el uso de MS Word se cumplió con el resultado esperado, porque no se llega a utilizar la memoria Swap. Para la simulación de la carga del Navegador Firefox sí se utiliza memoria Swap, esto implica una disminución del rendimiento del servidor, especialmente cuando se accede al servidor desde un cliente VNC.

4.5.2. Pruebas de stress

Este tipo de pruebas fueron diseñadas para llevar a un sistema específico al límite de su funcionamiento. Se utilizan para determinar el comportamiento de una aplicación o sistema en condiciones extremas de uso. El objetivo de realizar pruebas de stress sobre el servidor LTSP es encontrar el número de usuarios a los que

puede dar servicio, antes de caer en un mal funcionamiento.

A partir de los resultados obtenidos en las pruebas de stress se puede indicar que el dimensionamiento del servidor LTSP cumple con los requisitos, puede servir a 15 usuarios sin ver disminuido su rendimiento en gran medida.

Adicionalmente, para ciertos casos es posible que más de 15 usuarios puedan acceder al servidor, dependiendo del tipo de aplicaciones que se desee utilizar.

4.5.3. Pruebas de usabilidad

Las pruebas de usabilidad buscan medir la respuesta emocional y la percepción del rendimiento del sistema ante los usuarios.

Estas pruebas se realizaron mediante una encuesta aplicada a un grupo de estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional, que mostraron su opinión sobre el uso de un servidor LTSP.

Los resultados de la encuesta muestran que el servidor tiene un rendimiento aceptable. Se puede decir que un servidor LTSP de características mínimas, no ofrece una experiencia del usuario relativamente baja. Para mejorar la experiencia del usuario se recomienda incrementar las características del servidor.

5. CONCLUSIONES

La tecnología de servidor de terminales LTSP, constituye una alternativa para incentivar el desarrollo de la teleeducación, la masificación del uso de las NTICs y la conservación del medio ambiente, ámbitos que forman parte importante de las actuales políticas de estado incluidas en la Agenda Nacional de Conectividad impulsada por el CONATEL y el Plan Decenal de Educación del Ministerio de Educación del Ecuador.

El dimensionamiento de un servidor, consiste en identificar los valores de sus especificaciones a partir de una lista de requisitos. Para dimensionar un servidor LTSP, la lista de requisitos debe basarse en el número de usuarios a quienes va a atender y el tipo de aplicaciones que debe ofrecer. Para el presente proyecto se dimensionó un servidor LTSP que debe atender a 30 usuarios, ofreciendo aplicaciones educativas de la suite KEducation, MS Office, Mozilla Firefox, Moodle y el software de administración FL_TEACHERTOOL; Para este servidor se requieren 8 GB para memoria RAM, 8 GB de memoria SWAP, un procesador de dos núcleos con una velocidad de 4,2 GHz, y un disco duro con una capacidad de 320 GB, como valores mínimos. También se considera como un cliente LTSP de prestaciones mínimas a un PC con 32MB en RAM, y una tarjeta madre con una BIOS que soporte booteo mediante interfaz de red.

Después de realizar pruebas de carga simulando hasta 15 usuarios, pruebas de stress simulando hasta 60 usuarios, y pruebas de usabilidad con 20 usuarios reales, se determinó que el rendimiento del servidor con las características mínimas especificadas en este proyecto cumplía con los requerimientos establecidos; es decir, el servidor logró atender a los usuarios sin llegar a saturarse, manteniendo un nivel de percepción aceptable de parte de los usuarios.

Una red LTSP está limitada para trabajar en redes locales; para posibilitar que los usuarios se conecten a través de internet se requiere configurar un servicio de acceso remoto como VNC y asignar una dirección IP pública al servidor.

Trabajar en un entorno centralizado implica que cualquier problema producido en el servidor se refleja en una pérdida de información de todos los usuarios; por lo tanto, se considera al servidor

como el punto más vulnerable de la infraestructura LTSP.

Cuando se toman mediciones de los recursos de cualquier sistema, este valor medido se ve afectado por la herramienta con la que se realiza la medición y, dependiendo de la misma, este valor puede afectarse en mayor o menor medida. Una de las aplicaciones que provoca menor afectación al valor medido de memoria RAM es el comando *free* del shell de Linux.

Cuando se aumenta el número de aplicaciones a ejecutar por los clientes se incrementa la carga sobre el servidor, para liberar esta carga se pueden ejecutar localmente las aplicaciones en los terminales mediante la instalación de las mismas en la imagen de los clientes utilizando el comando *chroot*.

Como se indica en el Análisis Comparativo de Costos, el costo total de una red LTSP resulta menor que el de una red tradicional; la reducción de costos se establece en un 48%, es decir, que el costo total de implementar y mantener una red LTSP durante 4 años, equivale al 52% del costo total de invertir en la implementación de una red tradicional. La diferencia de costos se debe a que se pueden utilizar terminales en lugar de CPUs, lo que reduce los gastos de implementación y mantenimiento.

Recomendaciones

En los escenarios educativos donde se requiere tener un usuario predeterminado para acceder desde cada terminal se recomienda modificar el archivo de configuración `/var/lib/tftpboot/ltsp/i386/lts.conf`, con el fin de que se pueda tener un inicio de sesión sea automático y no sea necesario mostrar en los terminales una pantalla de login.

WINE, el software que permite ejecutar aplicaciones Microsoft Windows en un sistema

operativo GNU/Linux, requiere que cada usuario tenga archivos de configuración de WINE e instale las aplicaciones en su directorio; para evitar esta instalación se puede utilizar enlaces lógicos o soft links apuntando a los archivos de configuración de WINE y de cada aplicación del directorio del superusuario.

Una red LTSP se puede implementar utilizando como clientes a terminales o a CPUs reutilizados, y considerando que los terminales tienen un consumo de energía menor al de un CPU, se recomienda el uso de terminales en ambientes donde el consumo de energía sea un factor decisivo, y la reutilización de hardware en ambientes donde el factor económico sea crítico.

Se recomienda realizar pruebas de tiempos de respuesta del sistema operativo y de usabilidad para obtener datos que permitan realizar el dimensionamiento de la velocidad de acceso a disco duro, previo a la puesta a producción del servidor.

En el presente proyecto, al realizar pruebas de usabilidad mediante una encuesta a un grupo de 20 usuarios reales se obtuvo una percepción de rendimiento de 2.3 sobre 5, lo que indica un valor bajo, ya que el nivel aceptado es de 3.5 sobre 5; para mejorar el nivel de percepción se recomienda cambiar el disco duro por otro de mayor velocidad de acceso.

Se recomienda utilizar la tecnología LTSP para ambientes en los que se tenga un manejo centralizado de la información, uniformidad en el hardware y software a utilizar por los usuarios, y donde exista una subutilización de los recursos de los PCs; por ejemplo, dentro de la Escuela Politécnica Nacional, se recomienda implementar una red LTSP para las oficinas del área administrativa, los laboratorios de computación y los centros de cómputo de las asociaciones estudiantiles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Balneaves, Scott. (2008). Linux Terminal Server Project Administrator's Reference or, How I Learned to Quit Worrying and Live without a Hard Drive.
- [2] Ghanem, Wasel. (2009). Alargando la Vida del Hardware de Viejos Ordenadores en Su Biblioteca. Palestina.
- [3] Castro Pérez, Ramón. Linux Terminal Server Project en la escuela. España.
- [4] Waddington, David. (2008). Data Integration: Total Cost of Ownership Really Matters. Tyson Consulting.
- [5] Kingston Technology. (2002). La Guía Completa de Memoria.
- [6] McQuillan, James. (2002). Descarga e Instalación de LTSP, version 3.0.
- [7] Fraunhofer Institut Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT. (2008). Environmental Comparison of the Relevance of PC and Thin Client Desktop Equipment for the Climate. Alemania.
- [8] Ministerio de Educación del Ecuador. (2010). Actualización y Fortalecimiento de la Educación General Básica 2010. Ecuador.
- [9] Consejo Nacional de Educación, Ministerio de Educación del Ecuador. (2007). Plan Decenal de Educación del Ecuador 2006-2015. Ecuador
- [10] Pierdant, Eduardo. Modelo de costos de soluciones. Microsoft. Mexico.
- [11] LTSP.org. (2009). Linux Terminal Server Project.
<http://www.ltsp.org/>
- [12] ACIERTE – EPN. (2010). Guía de Prácticas del Módulo I y II del Programa de Certificación Linux – LPI. Ecuador.
- [13] SourceForge.net. (2010). SourceForge.net: Ltsp MueKow.
<http://sourceforge.net/apps/mediawiki/ltsp/index.php>
- [14] Fedorahosted. k12linux.
<https://fedorahosted.org/k12linux/>
- [15] Edubuntu Project. Edubuntu.
<http://edubuntu.org/>
- [16] Universidade Federal do Pará. O que é o BotoSET?
<http://www3.ufpa.br/set/index.php/botosetlinux/6-o-que-e-o-botoset>
- [17] EPN. Campus Virtual de la EPN. Educación Virtual.
http://virtualepn.edu.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=4
- [18] CONATEL. Agenda Nacional de Conectividad.
http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=38&Itemid=158
- [19] Educar.org. EDUCACIÓN VIRTUAL.
<http://www.educar.org/articulos/educacionvirtual.asp>
- [20] Altadill Izura, Pello Xabier IPTABLES (MANUAL PRÁCTICO).
<http://www.pello.info/filez/firewall/iptables.html>
- [21] Saffirio, Mario. (2006). Costo Total de Propiedad (TCO) y Administración del Ciclo de Vida (LCM)
<http://msaffirio.wordpress.com/2006/04/08/costo-total-de-propiedad-tco-y-administracion-del-ciclo-de-vida-lcm/>

[22] Ministerio de Relaciones Laborales. (2010). Acuerdo Ministerial MRL-2010-22. http://www.mintrab.gov.ec/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=150

[23] Arkiletian, Robert. (2007). Documentación de FL_TEACHERTOOL. http://www3.telus.net/public/robark/Fl_TeacherTool/

BIOGRAFÍAS

Iván Marcelo Carrera Izurieta

Nació en Quito – Ecuador, el 10 de abril de 1986. Sus estudios primarios y secundarios los realizó en la Unidad Educativa “La Salle” en Conocoto, obteniendo el 3er lugar en aprovechamiento en la secundaria. Se graduó de Bachiller en Ciencias Experimentales en 2004. Sus estudios superiores los realizó en la Escuela Politécnica Nacional alcanzando el título de Ingeniero en Electrónica y Redes de Información en 2011.

Estudió el idioma portugués en el Instituto Brasileiro-Equatoriano de Cultura IBEC, obteniendo proficiencia en lengua portuguesa con nivel Avanzado Superior en 2010.

Ha realizado también varios estudios sobre Programación, Redes y Docencia.

Ha sido ayudante de laboratorio y profesor sustituto en la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Información de la Escuela Politécnica Nacional, y profesor titular y coordinador sustituto en la Tecnología en Redes y Telecomunicaciones de la Universidad de las Américas en Quito.

Ganó una beca en el programa PEC-PG para realizar sus estudios de maestría académica en Ciencias de Computación en la Universidad Federal de Rio Grande do Sul UFRGS en Porto Alegre – Brasil, donde actualmente desarrolla su investigación en Sistemas Largamente Distribuidos en el área de Cloud Computing y MapReduce.

Marco David Rivadeneira Fuentes

Nacido en Quito-Ecuador, el 5 de mayo de 1988, estudios primarios realizados en la escuela Luis Pasteur, año 1998; obtuvo la mención de abanderado del pabellón Nacional. Terminó la instrucción secundaria con el título de bachiller en la especialidad FÍSICO-MATEMÁTICO, en el colegio Hno. Miguel “LA SALLE”, Quito en el año 2004; obtuvo la mención de abanderado del pabellón del Colegio. Sus estudios superiores los realizó en la Escuela Politécnica Nacional, en la carrera de Ingeniería Electrónica y Redes de Información, obteniendo el título de Ingeniero en 2011; con mención CUM LAUDE. Actualmente se encuentra cursando el programa de Máster en Administración de Empresas MBA en la Escuela Europea de Dirección y Empresa - EUDE en Madrid – España y ha sido aceptado por méritos en la ESCUELA POLITÉCNICA DE MADRID-FACULTAD DE TECNOLOGÍA para cursar el programa de Máster en Inteligencia Artificial.