

Capacidad de Conmutación de los Equipos Activos para una Red LAN Corporativa

Ángel Chinchero Villacís

Maestría en Redes de Información y Conectividad, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador
achinchero@sbs.gob.ecespe.edu.ec

RESUMEN: El documento establece un modelo de guía para calcular la capacidad de conmutación de los equipos activos para una red empresarial de alto rendimiento. Los cálculos se realizan en orden ascendente. Primero se calcula el número de usuarios y dispositivos proyectados en la red, considerando su crecimiento, esto define la cantidad y la capacidad de conmutación de los Switches de Acceso en cada piso, así como también el tipo de puertos de enlaces de backbone. Luego en función de los Switches de Acceso y de la cantidad de Servidores se calculan las capacidades de los Switches de Núcleo.

Palabras clave: Switch, Núcleo, Acceso, Conmutación, Velocidad, NAC.

ABSTRACT: This document provides a guide model to calculate switching capacity for the active equipments to a high performance enterprise networks. Calculations are performed in ascending order. First we calculate the user and devices projected number on the network, considering its growth, this define the quantity and the switching capacity of access switches on each floor, as well as the type of backbone links ports. Then in function of the access switches and the servers number are calculated the capacity of the Core Switches.

Keywords: Switch, core, Access, Conmutation, speed, NAC.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales factores que determinan el éxito del diseño de una red, es la habilidad de la red para proporcionar una satisfactoria interacción entre sus dispositivos interconectados, pues los usuarios juzgan la red por la rapidez de su capacidad de transmisión y la confiabilidad del servicio. Uno de los dispositivos de mayor relevancia que proveen esta característica son los switches de acceso, distribución y núcleo. Los switches resuelven los problemas de anchos de banda al segmentar un dominio de colisiones de una LAN, en pequeños dominios de colisiones

La extensa disponibilidad de la tecnología de switch de bajo costo tiene implicaciones para las redes de los edificios y el backbone de campus. Hay una demanda creciente para switches de backbone de alta densidad, con un número grande de puertos de alta velocidad, para enlazar grupos de trabajo individuales.

El presente artículo se enfoca en calcular las capacidades de conmutación que deben tener los Switches de Acceso, los Switches de Núcleo y el Backbone para una red LAN empresarial de alto rendimiento, acorde a las nuevas tecnologías existentes y que permita el funcionamiento de aplicaciones y servicios futuros. Para este cálculo, se ha considerado una empresa con las siguientes características:

- i. Edificio de dos torres. 16 pisos, incluido la planta baja, por cada torre.
- ii. El centro de cómputo de encuentra ubicado en el piso 3.
- iii. 80 usuarios de red actual, con un crecimiento máximo de usuarios del 10% por cada uno de los pisos.
- iv. Crecimiento máximo de dispositivos de red del 10 % por cada piso.

Para llevarlo a cabo se ha seguido el siguiente procedimiento: Primero se calcula la cantidad de usuarios y dispositivos de red proyectados en cada uno de los piso, para calcular la capacidad de los Switch de Acceso. Se calcula la capacidad que de los puertos de up-link para el backbone utilizando los métodos de diseño de las mejores prácticas de Cisco y el método basado en la fórmula de distribución de Poisson. La capacidad y cantidad de puertos de up-link requeridos para los Switches de Acceso y la cantidad y tipo de interfaces de red requeridas para los servidores determinan la capacidad que debe tener los Switches de Núcleo, considerando que la alternativa técnica es instalar dos Switches de Núcleo en modo de operación Activo-Activo.

El resto del artículo se ha organizado de la siguiente manera: La sección 2 describe la metodología utilizada para el cálculo de capacidades de conmutación. La sección 3 muestra la evaluación de resultaos obtenidos. Finalmente, la sección 4 explica las conclusiones obtenidas durante esta investigación y el trabajo futuro.

2. METODOLOGÍA

Para el cálculo las capacidades de conmutación de los equipos activos de la red de datos se utiliza el modelo jerárquico descrito en la Figura 1, que contempla: [4] [6] [8]

- i. Switches de Núcleo;
- ii. Switches de Distribución;
- iii. Switches de Acceso;
- iv. Sistema de gestión de los Switches;
- v. Sistema de Administración y Control de Accesos a la red de datos.

Para el caso de estudio, se tienen dos Switches de Núcleo en topología redundante, en modo de operación activo-activo, Switches de Acceso, Sistema de Administración y Control de Accesos a la red de datos, para contar con una solución altamente disponible, tolerante a fallas y de alto desempeño.

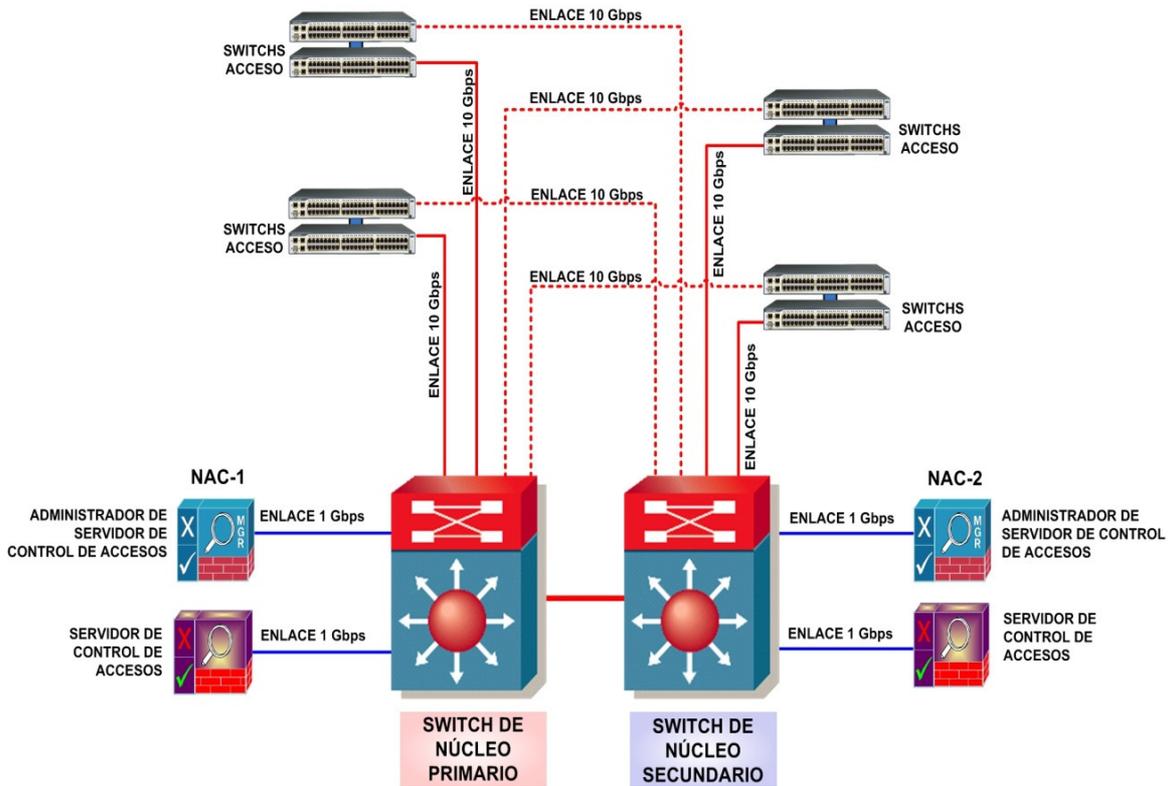


Figura 1. Modelo Jerárquico de diseño

2.1 Cálculo de la capacidad de conmutación de los switches de acceso

2.1.1 Cantidad de usuarios proyectados

Se considera un edificio de dos torres, con 16 pisos incluido la planta baja por torre. Cada piso tiene 80 usuarios de red cableada activos. El crecimiento es del 10 % para estaciones de usuarios de red cableada y del 10 % para otros dispositivos de red.

El número de Switches de Acceso y el número de puertos de red Ethernet requeridos en cada uno de los Switches, se determina en función de la cantidad de usuarios y dispositivos de red proyectados por piso, como indica la ecuación (1).

$$\text{Total de usuarios proyectados por piso} = \left(\text{Total de usuarios actuales} \right) + \left(\frac{10\% \text{ de crecimiento}}{\text{para usuarios cableados}} \right) + \left(\frac{10\% \text{ de crecimiento}}{\text{para dispositivos de red}} \right) \quad \text{ecuación (1)}$$

El número de Switches de Acceso requeridos por piso se calculan utilizando las ecuaciones (2), (3) y (4):

$$\text{Número de Switches de Acceso por piso} = \text{Entero superior} \left[\frac{\text{Total de puertos de red por piso}}{\text{Número de puertos de usuario final por Switch}} \right] \quad \text{ecuación (2)}$$

$$\text{Número de Switches de Acceso por piso} = \text{Entero superior} \left[\frac{\text{Total de puertos de red por piso}}{48 \text{ puertos de usuario final por Switch}} \right] \quad \text{ecuación (3)}$$

$$\text{Número de Switches de Acceso} = \text{Número de Switches de Acceso por piso} + \text{Número de Switches de Acceso de Respaldo} \quad \text{ecuación (4)}$$

Número de Switches de Acceso de Respaldo = 2 switches por motivos de contingencias ecuación (5)

TABLA 1. Cálculo de la cantidad de usuarios proyectados por piso y la cantidad de Switches de Acceso requeridos

| cantidad de usuarios proyectados y número de switches de acceso | | | | | | |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--|----------------------------------|---|
| Piso | usuarios activos por piso | usuarios activos por rack | ubicación actual de racks | usuarios y dispositivos proyectados por piso | total de puertos de red por rack | número de switches de 48 puertos por rack |
| Planta Baja | 80 | 80 | Planta Baja | 96 | 96 | 2 |
| Piso 1 | 80 | 80 | Piso 1 | 96 | 96 | 2 |
| Piso 2 | 80 | 80 | Piso 2 | 96 | 96 | 2 |
| Piso 3 | 80 | 80 | Piso 3 | 96 | 96 | 2 |
| Piso 4 | 80 | 80 | Piso 4 | 96 | 96 | 2 |
| Piso 5 | 80 | 80 | Piso 5 | 96 | 96 | 2 |
| Piso 6 | 80 | 80 | Piso 6 | 96 | 96 | 2 |
| Piso 7 | 80 | 80 | Piso 7 | 96 | 96 | 2 |
| Piso 8 | 80 | 80 | Piso 8 | 96 | 96 | 2 |
| Piso 9 | 80 | 80 | Piso 9 | 96 | 96 | 2 |
| Piso 10 | 80 | 80 | Piso 10 | 96 | 96 | 2 |
| Piso 11 | 80 | 80 | Piso 11 | 96 | 96 | 2 |
| Piso 12 | 80 | 80 | Piso 12 | 96 | 96 | 2 |
| Piso 13 | 80 | 80 | Piso 13 | 96 | 96 | 2 |
| Piso 14 | 80 | 80 | Piso 14 | 96 | 96 | 2 |
| Piso 15 | 80 | 80 | Piso 15 | 96 | 96 | 2 |
| Piso 16 | 80 | 80 | Piso 16 | 96 | 96 | 2 |
| Respaldo | | | | | | 2 equipos de backup |
| TOTAL | 1360 | 1360 | | 1632 | 1632 | 36 Witches |

2.1.2 Velocidad y tipo de puertos para los usuarios en los Switches de Acceso

La velocidad y tipo de puertos de usuario final, para los Switches de Acceso, se determina en función del tráfico actual y futuro generado por cada usuario.

2.1.2.1 Estimación de la demanda de tráfico actual y futuro por cada usuario

Para calcular demanda de tráfico actual y futuro por cada usuario de red, se ha realizado un análisis estimado de las diferentes aplicaciones y servicios que puede usar un usuario, como se indica en la Tabla 2.

Del análisis se determina que el ancho de banda instantáneo pico requerido por usuario actualmente es de 38,9 Mbps. En el futuro se requerirá tener mayores anchos de banda para incluir funciones como audio, video, tráfico de administración y control de tráfico multicapa directamente sobre el puerto del usuario, y se estima que el ancho de banda pico llegará alcanzar los 95,9 Mbps por usuario, como indica la Tabla 2.

TABLA 2. Estimación de la demanda de tráfico pico actual y futuro por cada usuario

| Requerimiento de ancho de banda pico actual por cada usuario | Capacidad requerida |
|---|----------------------------|
| Navegación | 0,20 Mbps |
| Actualizaciones en línea de sistemas operativos | 0,20 Mbps |
| Actualizaciones en línea de sistemas de seguridad | 0,20 Mbps |
| Acceso a aplicación 1 | 2,00 Mbps |
| Acceso a aplicación 2 | 2,00 Mbps |
| Acceso a aplicación 3 | 2,00 Mbps |
| Acceso al servidor de correo electrónico. | 1,00 Mbps |
| Acceso a los buzones de voz desde el computador a través de cliente de correo electrónico | 1,00 Mbps |
| Transferencia de archivos de datos entre funcionarios | 25,00 Mbps |
| Descarga de videos institucionales, | 5,00 Mbps |
| Telefonía IP | 0,06 Mbps |
| Multi-conferencia IP, para 4 sesiones | 0,24 Mbps |
| Subtotal actual pico por usuario | 38,9 Mbps |
| | |
| Requerimiento de ancho de banda futuro por cada usuario | Capacidad requerida |
| Ambientes de colaboración, presentaciones, video, mensajería, audio | 5,00 Mbps |
| Video llamadas | 1,00 Mbps |
| Video conferencias en el escritorio | 1,00 Mbps |
| Aplicaciones futuras adicionales | |
| Administración y control de tráfico multicapa, sobre el puerto del usuario, etc | 50,00 Mbps |
| Subtotal adicional pico futuro por usuario | 57,00 Mbps |
| | |
| Total de ancho de banda pico futuro requerido por usuario | 95,9 Mbps |

2.1.2.2 Definición de la velocidad de los puertos para los usuarios en los Switches de Acceso

Para evitar posibles encolamientos y saturación en los puertos de red, estos deberían tener mínimo el doble de la capacidad calculada (**191,8 Mbps ≈ 200 Mbps**). Por tal motivo los puertos de red de los Switches de Acceso deben ser de 1 Gbps, al no existir de 200 Mbps, lo cual también permitirá estandarizar con los puertos de red de 1 Gbps de las estaciones de trabajo actual y futura.

2.1.3 Velocidad y tipo de puertos de enlace de Up-link para conexión al Backbone

Para calcular la velocidad del puerto de enlace al backbone (up-link), se utilizó dos métodos:

2.1.3.1 Método de la fórmula de distribución de Poisson

Utilizando la fórmula de distribución de Poisson, se calcula la probabilidad de los arribos al puerto de up-link, en función de la ecuación (6). [5]

$$\text{Probabilidad de arribos}(r) = P(r) = \frac{e^{-\lambda}(\lambda)^r}{r!} \quad \text{ecuación (6)}$$

Donde:

$P(r)$ es la probabilidad de los arribos al puerto de up-link.
 r es el número de arribos al puerto de up-link.
 λ es la velocidad promedio de arribos al puerto de up-link.

El resultado de la ecuación (6), se utiliza para calcular la velocidad del enlace de up-link del Switch de Acceso, mediante la ecuación (7) propuesta:

$$\text{Velocidad de puerto de up-link} \geq (\text{Número de puertos del Switch de Acceso}) * \left(\frac{\text{velocidad de los puertos en half duplex}}{\text{en half duplex}} \right) * P(r) \quad \text{ecuación (7)}$$

Para el caso de un switch de 48 puertos, el número de arribos simultáneos r es 48, la velocidad promedio de arribo es 48 arribos por unidad de tiempo y la probabilidad de arribo al puerto de up-link utilizando la ecuación (6) será:

$$P(48) = \frac{e^{-48}(48)^{48}}{48!} = 0,05748$$

La velocidad del puerto de up-link utilizando la ecuación (7) será:

$$\text{Velocidad de puerto de up-link} \geq (48 \text{ puertos}) * (1 \text{ Gbps}) * (0,05748) = 2,759 \text{ Gbps}$$

De los resultados anteriores, se determina que la velocidad del puerto de up-link, utilizando la fórmula de Poisson debe ser mayor a 2,759 Gbps.

2.1.3.2 Método de las mejores prácticas de diseño de Cisco

Las Mejores Prácticas de Diseño de Cisco para los Switches de Acceso se basan en los niveles de sobreescripción de los equipos, que es la cantidad de puertos de usuario final que funcionando a velocidades wire-rate que pueden transmitir de manera simultánea a través de un enlace de backbone o up-link. [3]. Los niveles de sobreescripción, considerados en los diseños de Cisco son:

- i. De 1:1 a 20:1, para las redes con un nivel de tráfico bajo.
- ii. De 10:1 a 20:1, para redes con un nivel de tráfico medio-bajo, que utilizan la mayor parte del tiempo aplicaciones típicas.
- iii. De 4:1 a 12:1, para las redes empresariales, con un nivel de tráfico medio-alto, que utilizan aplicaciones típicas todo el tiempo y también aplicaciones especiales temporales que requieren de alto ancho de banda.
- iv. De 5:1 a 10:1, para las redes empresariales con tráfico de servidores virtuales.
- v. De 1:1 a 4:1, para las redes de data centers, con nivel de tráfico alto, que utilizan aplicaciones especiales todo el tiempo que requieren de un alto ancho de banda.

La red analizada, es una red con un nivel de tráfico medio-alto, cuya relación de sobreescripción debe estar en el rango de 10:1 a 20:1. Por lo tanto se debe cumplir la relación indicada en la ecuación (8):

$$10 \leq \frac{\text{Número total de puertos de usuario del Switch de Acceso} * \text{Velocidad de los puertos}}{\text{Velocidad del puerto up-link de enlace para conexión al Backbone}} \leq 20 \quad \text{ecuación (8)}$$

Mientras más baja es la relación de sobre suscripción, mejor es el desempeño y la capacidad de crecimiento de los Switches.

Para un Switch de Acceso de 48 puertos Ethernet de 1 Gbps, full dúplex, considerando que todos sus puertos transmiten a su máxima velocidad, en forma simultánea, aplicando la ecuación (8) se requiere transmitir a través del puerto up-link de enlace al backbone un total de 96 Gbps.

$$10 \leq \frac{48 \text{ puertos} * 2 \text{ Gbps}}{\text{Velocidad del puerto up-link de enlace para conexión al Backbone}} \leq 20$$

$$10 \leq \frac{96 \text{ Gbps}}{\text{Velocidad del puerto up-link de enlace para conexión al Backbone}} \leq 20$$

Por lo tanto la velocidad del puerto de up-link debe ser:

$$\frac{96 \text{ Gbps}}{20} \leq \text{Velocidad del puerto up - link de enlace para conexión al backbone} \leq \frac{96 \text{ Gbps}}{10}$$

$$4.8 \text{ Gbps} \leq \text{Velocidad del puerto up - link de enlace para conexión al backbone} \leq 9,6 \text{ Gbps}$$

Para tener un mejor desempeño y capacidad de crecimiento del switch se deben utilizar puertos de enlace Ethernet de 10 Gbps de fibra óptica, para la conexión al backbone, con lo cual la relación de suscripción es:

$$\text{Relación de sobreescripción del Switch de Acceso} = \frac{96 \text{ Gbps}}{10 \text{ Gbps}} = 9,6$$

De los resultados obtenidos utilizando los métodos de Poisson y de Cisco, se concluye que tanto el Switch de Acceso Principal como el Switch de Acceso Secundario deben tener mínimo dos interfaces Ethernet de 10 Gbps, cada uno:

- i. Una interface para la conexión al backbone de 10 Gbps;
- ii. Una interface para la conexión entre switches en el mismo piso, para formar cascada o anillo local de 10 Gbps.

2.2 Capacidad de conmutación de los Switches de Acceso.

La capacidad de conmutación requerida para los Switches de Acceso, se calcula considerando la transmisión simultánea full dúplex de todos sus puertos [1], utilizando la ecuación (9) y cuyos resultados se indican en la Tabla 3.

$$\text{Capacidad de conmutación del Switch de Acces} = \left(\begin{matrix} \text{Número de} \\ \text{puertos de} \\ \text{usuario final} \end{matrix} \right) * 2 * \left(\begin{matrix} \text{Velocidad} \\ \text{del puerto de} \\ \text{usuario final} \end{matrix} \right) + \left(\begin{matrix} \text{Número} \\ \text{de puertos} \\ \text{de up-link} \end{matrix} \right) * 2 * \left(\begin{matrix} \text{Velocidad} \\ \text{del puerto} \\ \text{de up-link} \end{matrix} \right) \text{ ecuación (9)}$$

$$\left(\begin{matrix} \text{Velocidad} \\ \text{del puerto de} \\ \text{usuario final} \end{matrix} \right) = 1 \text{ Gbps, para conexión con las estaciones de trabajo}$$

$$\left(\begin{matrix} \text{Velocidad} \\ \text{del puerto de} \\ \text{usuario final} \end{matrix} \right) = 10 \text{ Gbps, para conexión con el Switch de Núcleo}$$

TABLA 3. Capacidad de conmutación de un Switch de Acceso

| Capacidad de conmutación del switch de acceso | | |
|---|---------------------------------|----------------------------------|
| Tipo de puertos | Número de puertos | Capacidad de conmutación en gbps |
| Puertos de 1 Gbps | 48 | 96 |
| Puertos de 10 Gbps | 2 | 40 |
| | Capacidad de conmutación | 136 |

2.3 Cálculo de la capacidad de conmutación de los switches de núcleo

Para calcular la capacidad de conmutación de los Switches de Núcleo se consideran los siguientes parámetros:

2.3.1 Tipo de topología o esquema de conexión de los Switches de Núcleo

Debido a la cantidad de usuarios existentes y proyectados en la red de datos, es necesario instalar dos Switches de Núcleo conectados en topología redundante en modo operación activo-activo, como se indica en la Figura 1.

2.3.2 Tipo de procesamiento de los Switches de Núcleo

Cada una de las controladoras de los Switches de Núcleo debe tener procesamiento distribuido e independiente, para tener un mayor rendimiento y se integran a través de backplanes y buses de alta velocidad.

2.3.3 Cantidad y tipo de puertos para los Switches de Núcleo

Para calcular la cantidad y el tipo de puertos de red Ethernet requeridos para cada uno de los Switches de Núcleo, se calculan utilizando las ecuaciones (10), (11) y (12), cuyos resultados se indican en la Tabla 4. Se considera los siguientes puntos:

- i. Los enlaces de fibra óptica, multi-modo a 10 Gbps con los Switches de Acceso;
- ii. Las conexiones de fibra óptica, multi-modo a 10 Gbps con los servidores;
- iii. La interconexión de fibra óptica, multi-modo a 10 Gbps entre Switches de Núcleo;
- iv. Las conexiones de fibra óptica y RJ45 a 1 Gbps con los servidores y los equipos de comunicaciones del centro de cómputo;
- v. Respaldo de cada tipo de puertos;
- vi. Los puertos se distribuyen de forma balanceada para los dos Switches de Núcleo.

$$\begin{aligned} \text{Número de puertos de fibra óptica de 10 Gbps requeridos para cada Switch de Núcleo} &= \left(\begin{array}{l} \text{Número de puertos} \\ \text{de fibra de 10 Gbps} \\ \text{para enlaces con los} \\ \text{Switches de Acceso} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Número de puertos} \\ \text{de fibra de 10 Gbps} \\ \text{para los servidores} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Número de puertos de} \\ \text{fibra de 10 Gbps para} \\ \text{interconexión entre} \\ \text{Switches de Núcleo} \end{array} \right) + \\ &\left(\begin{array}{l} \text{Número de puertos} \\ \text{de fibra de 10 Gbps} \\ \text{de respaldo} \end{array} \right) \end{aligned} \quad \text{ecuación (10)}$$

$$\begin{aligned} \text{Número de puertos de fibra óptica de 1 Gbps requeridos para cada Switch de Núcleo} &= \left(\begin{array}{l} \text{Número de puertos} \\ \text{de fibra de 1 Gbps} \\ \text{para enlaces con los} \\ \text{Switches de Acceso} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Número de puertos} \\ \text{de fibra de 1 Gbps} \\ \text{para los servidores} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Número de puertos} \\ \text{de fibra de 1 Gbps} \\ \text{de respaldo} \end{array} \right) \end{aligned} \quad \text{ecuación (11)}$$

$$\begin{aligned} \text{Número de puertos RJ45 de 1 Gbps requeridos para cada Switch de Núcleo} &= \left(\begin{array}{l} \text{Número de puertos RJ45 de} \\ \text{de 1 Gbps para los servidores} \end{array} \right) \end{aligned} \quad \text{ecuación (12)}$$

Para este caso, en la ecuación (10) se tiene que:

$$\left(\begin{array}{l} \text{Número de puertos de fibra} \\ \text{de 1 Gbps para enlaces} \\ \text{con los Switches de Acceso} \end{array} \right) = 0$$

2.4 Capacidad de conmutación de los Switches de Núcleo

La capacidad de conmutación del Switch de Núcleo Primario y Secundario, se calcula utilizando las ecuaciones (13), (14), (15), (16) y (17), cuyos resultados se indican en las Tablas 5 y 7. Se debe considerar:

- i. La cantidad de puertos de fibra óptica, multi-modo a 10 Gbps;
- ii. La cantidad de puertos de fibra óptica, multi-modo a 1 Gbps;
- iii. La cantidad de puertos RJ45, de 1 Gbps;
- iv. La cantidad de slots de funciones adicionales;
- v. El porcentaje de slots vacíos para crecimiento;
- vi. La capacidad total de los puertos para transmisión en full dúplex;
- vii. Las controladoras adicionales tienen una capacidad 80 Gbps (según equipos Cisco).

$$\begin{array}{l} \text{Capacidad de conmutación} \\ \text{para los puertos de fibra a} \\ \text{10 Gbps en full duplex} \end{array} = 2 * \left(\begin{array}{l} \text{Número de puertos} \\ \text{de fibra óptica de} \\ \text{10 Gbps requeridos} \end{array} \right) * (10 \text{ Gbps}) \quad \text{ecuación (13)}$$

$$\begin{array}{l} \text{Capacidad de conmutación} \\ \text{para los puertos de fibra a} \\ \text{1 Gbps en full duplex} \end{array} = 2 * \left(\begin{array}{l} \text{Número de puertos} \\ \text{de fibra óptica de} \\ \text{1 Gbps requeridos} \end{array} \right) * (1 \text{ Gbps}) \quad \text{ecuación (14)}$$

$$\begin{array}{l} \text{Capacidad de conmutación} \\ \text{para los puertos RJ45 a} \\ \text{1 Gbps en full duplex} \end{array} = 2 * \left(\begin{array}{l} \text{Número de puertos RJ45} \\ \text{de 1 Gbps requeridos} \end{array} \right) * (1 \text{ Gbps}) \quad \text{ecuación (15)}$$

$$\begin{array}{l} \text{Capacidad total de} \\ \text{conmutación para los} \\ \text{puertos de red para} \\ \text{cada Switch de Núcleo} \end{array} = \left(\begin{array}{l} \text{Capacidad de} \\ \text{conmutación para} \\ \text{los puertos de fibra a} \\ \text{10 Gbps en full duplex} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Capacidad de} \\ \text{conmutación para} \\ \text{los puertos de fibra a} \\ \text{1 Gbps en full duplex} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Capacidad de} \\ \text{conmutación para} \\ \text{los puertos RJ45 a} \\ \text{1 Gbps en full duplex} \end{array} \right) \quad \text{ecuación (16)}$$

$$\begin{array}{l} \text{Capacidad total} \\ \text{de conmutación} \\ \text{de cada Switch} \\ \text{de Núcleo} \end{array} = \left(\begin{array}{l} \text{Capacidad de} \\ \text{conmutación} \\ \text{para los} \\ \text{puertos de red} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Capacidad de} \\ \text{conmutación para} \\ \text{la controladora} \\ \text{de supervisión} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Capacidad de} \\ \text{conmutación para} \\ \text{las funciones} \\ \text{especiales} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Capacidad de} \\ \text{conmutación para} \\ \text{los slots vacíos} \\ \text{de crecimiento} \end{array} \right) \quad \text{ecuación (17)}$$

$$\left(\begin{array}{l} \text{Capacidad de} \\ \text{conmutación para} \\ \text{la controladora} \\ \text{de supervisión} \end{array} \right) = 80 \text{ Gbps}$$

$$\left(\begin{array}{l} \text{Capacidad de} \\ \text{conmutación para} \\ \text{las funciones} \\ \text{especiales} \end{array} \right) = 80 \text{ Gbps}, \text{ como por ejemplo Firewall, IPS.}$$

$$\left(\begin{array}{l} \text{Capacidad de} \\ \text{conmutación para} \\ \text{los slots vacíos} \\ \text{de crecimiento} \end{array} \right) = 80 \text{ Gbps}$$

TABLA 4. Cálculo de la cantidad y tipo de puertos de los Switches de Núcleo para funcionar con el backbone de 10 Gbps

| Pisos | Switches de acceso | Switch de núcleo primario con el backbone a 10 gbps | | | | Switch de núcleo secundario con el backbone a 10 gbps | | | |
|-----------------------------|--------------------|---|-----------------------------------|-----------------------|---------------------|---|-----------------------------------|-----------------------|---------------------|
| | | Puertos f.o. a 10 gbps backbone | Puertos f.o. a 10 gbps servidores | Puertos f.o. a 1 gbps | Puertos rj45 1 gbps | Puertos f.o. a 10 gbps backbone | Puertos f.o. a 10 gbps servidores | Puertos f.o. a 1 gbps | Puertos rj45 1 gbps |
| Piso 16 | 2 | 1 | | | | | | | |
| Piso 15 | 2 | 1 | | | | | | | |
| Piso 14 | 2 | 1 | | | | | | | |
| Piso 13 | 2 | 1 | | | | | | | |
| Piso 12 | 2 | 1 | | | | | | | |
| piso 11 | 2 | 1 | | | | | | | |
| piso 10 | 2 | 1 | | | | | | | |
| Piso 9 | 2 | 1 | | | | | | | |
| Piso 8 | 2 | 1 | | | | | | | |
| Piso 7 | 2 | | | | | 1 | | | |
| Piso 6 | 2 | | | | | 1 | | | |
| Piso 5 | 2 | | | | | 1 | | | |
| Piso 4 | 2 | | | | | 1 | | | |
| Piso 3 | 2 | | 5 | 5 | 24 | 1 | 5 | 5 | 24 |
| Piso 2 | 2 | | | | | 1 | | | |
| Piso 1 | 2 | | | | | 1 | | | |
| Piso pb | 2 | | | | | 1 | | | |
| Piso sl | 2 | | | | | 1 | | | |
| Inteconexión entre switches | | 4 | | | | 4 | | | |
| Respaldo | | 3 | 3 | 3 | | 3 | 3 | 3 | |
| TOTAL | | 16 | 8 | 8 | 24 | 16 | 8 | 8 | 24 |

2.5 Cantidad y tipo de controladoras de puertos de red para cada Switch de Núcleo

La cantidad y tipo de controladoras de puertos de red, para cada uno de los Switches de Núcleo, se calculan utilizando las ecuaciones (18), (19) y (20), cuyos resultados se indica en la Tabla 4.

Número de controladoras de puertos de fibra de 10 Gbps para cada Switch de Núcleo =

$$\text{Entero superior de } \left[\frac{\text{(Número de puertos de fibra óptica de 10 Gbps requeridos para cada Switch de Núcleo)}}{\text{Número de puertos soportados por cada controladora}} \right] \quad \text{ecuación (18)}$$

$$\text{Número de controladoras de puertos de fibra de 1 Gbps para cada Switch de Núcleo} = \text{Entero superior de } \left[\frac{\text{(Número de puertos de fibra óptica de 1 Gbps requeridos para cada Switch de Núcleo)}}{\text{Número de puertos soportados por cada controladora}} \right] \quad \text{ecuación (19)}$$

$$\text{Número de controladoras de puertos RJ45 de 1 Gbps para cada Switch de Núcleo} = \text{Entero superior de} \left[\frac{\left(\text{Número de puertos RJ45 de 1 Gbps requeridos para cada Switch de Núcleo} \right)}{\left(\text{Número de puertos soportados por cada controladora} \right)} \right] \quad \text{ecuación (20)}$$

2.6 Número de slots para los chasis de cada Switch de Núcleo

Considerando que cada controladora utiliza un slot, el cálculo del número de slots para cada uno de los chasis requeridos para cada uno de los Switch de Núcleo, se realiza utilizando las ecuaciones (21), (22) y (23), cuyos resultados se indican en la Tabla 4 para el Switch de Núcleo Primario y Secundario.

$$\text{Número de slots ocupados en cada Switch de Núcleo} = \left(\text{Número de slots para la controladora de supervisión} \right) + \left(\text{Número de slots para las controladoras de puertos de fibra óptica de 10 Gbps} \right) + \left(\text{Número de slots para las controladoras de puertos de fibra óptica de 1 Gbps} \right) + \left(\text{Número de slots para las controladoras de puertos RJ45 de 1Gbps} \right) + \left(\text{Número de slots para las controladoras de funciones especiales} \right) \quad \text{ecuación (21)}$$

$$\text{Número de slots vacíos para crecimiento futuro en cada Switch de Núcleo} = \text{Entero superior de} \left[\left(\frac{\% \text{ de crecimiento futuro}}{1 - \% \text{ de crecimiento futuro}} \right) * \left(\text{Número de slots ocupados en cada Switch de Núcleo} \right) \right] \quad \text{ecuación (22)}$$

$$\% \text{ de crecimiento futuro} = 20\%$$

El porcentaje de crecimiento futuro se considera del 20% en cada Switch de Núcleo.

$$\text{Número total de slots de cada Switch de Núcleo} = \left(\text{Número de slots ocupados en cada Switch de Núcleo} \right) + \left(\text{Número de slots vacíos para crecimiento futuro en cada Switch de Núcleo} \right) \quad \text{ecuación (23)}$$

3. EVALUACION DE RESULTADOS

A los resultados obtenidos en la Tabla 3 y en la Tabla 5, para las capacidades de conmutación de los Switches de Acceso y los Switches de Núcleo respectivamente, se los puede redondear valores matemáticos, estableciendo que las capacidades de conmutación requeridas son de 140 Gbps para los Switches de Acceso y de 950 Gbps para los Switches de Núcleo.

El backbone calculado, es tipo estrella de 10 Gbps por cada uno de los enlaces desde los Switches de Núcleo hacia los Switches de Acceso de los pisos.

Se determinó matemáticamente que la capacidad conmutación de los Switches de Acceso de 48 puertos requeridos, debe ser de mínimo 140 Gbps, lo cual está en función de la cantidad de usuarios y dispositivos terminales que van a ser conectados.

Se dimensionó además en forma matemática la capacidad de los enlaces de backbone entre los Switches de Acceso y los Switches de Núcleo, utilizando los métodos de las mejoras prácticas de Cisco y de la Función de Distribución de Probabilidades Posisson, Los dos métodos presentan resultados coincidentes y coherentes. Los resultados indican que los enlaces de up-link de los equipos activos deben ser de 10 Gbps, lo cual permite tener gran capacidad en cuanto a anchos de banda y velocidades de acceso.

Adicionalmente, Se determinó en forma matemática que la capacidad de conmutación, de cada uno de los Switches de Núcleo debe ser mínimo 950 Gbps, y está en función de la cantidad de enlaces con los Switches de Acceso, la cantidad y tipo de puertos requeridos para los servidores del centro de cómputo, el factor de crecimiento futuro. La capacidad de conmutación total determina el número de Switch Fabric que debe ir instalado en cada uno de los Switches de Núcleo.

A continuación se muestran las Tablas 5,6 y 7 algunos resultados derivados de esta investigación:

TABLA 5. Cálculo de la capacidad del Switch de Núcleo Primario y Secundario, para funcionar con el backbone de 10 Gbps

| Capacidad del switch de núcleo primario y secundario con el backbone a 10 gbps | | | | | |
|--|-----------------------------------|-----------------------------|---|------------------------------------|----------------------------|
| Requisito | Número de puertos y controladoras | | Capacidad de conmutación simétrica gbps | Número de puertos por controladora | Número de slots del chasis |
| Puertos de 10 gbps fo | 24 | Puertos de fibra de 10 Gbps | 480 | 16 | 2 |
| Puertos de 1 gbps fo | 8 | Puertos de fibra de 1 Gbps | 16 | 24 | 1 |
| Puertos rj 45 1 gbps | 24 | Puertos de fibra de 1 Gbps | 48 | 48 | 1 |
| Supervisora | 1 | 80 Gbps | 80 | | 1 |
| Reservados para funciones adicionales | 2 | 80 Gbps | 160 | | 2 |
| % de slots vacíos para crecimiento | 20 % | 2 | 80 Gbps | | 2 |
| Capacidad total de conmutación por switch | | | 944 Gbps | Total de slots | 9 |

TABLA 6. Resumen de Capacidades de los Switches de Acceso

| Requisito | Switch de acceso |
|---|------------------|
| Cantidad de Switches de Acceso | 36 |
| Capacidad de conmutación mínima para cada Switch de Acceso | 140 Gbps |
| Número de Puertos de F.O a 10 Gbps, multimodo, de up-link, para cada Switch de Acceso | 1 |
| Número de Puertos RJ45, de 1 Gbps | 48 |

TABLA 7. Resumen de Capacidades de los Switches de Núcleo

| Requisito | Switch de núcleo primario | Switch de núcleo secundario |
|--|---------------------------|-----------------------------|
| Tipo de arquitectura | Modular | Modular |
| Número de slots, mínimo | 9 | 9 |
| Capacidad de conmutación mínima | 950 Gbps | 950 Gbps |
| Supervisora | 1 | 1 |
| Número de Puertos de F.O a 10 Gbps, multi-modo | 24 | 24 |
| Número de Puertos de F.O a 1 Gbps, multi-modo | 8 | 8 |
| Número de Puertos RJ45, de 1 Gbps | 24 | 24 |
| Modo de operación | Activo-activo | Activo-activo |

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Se determinó matemáticamente que la capacidad conmutación de los Switches de Acceso de 48 puertos requeridos, debe ser de mínimo 140 Gbps, lo cual está en función de la cantidad de usuarios y dispositivos terminales que van a ser conectados. Se dimensionó además en forma matemática la capacidad de los enlaces de backbone entre los Switches de Acceso y los Switches de Núcleo, utilizando los métodos de las mejoras prácticas de Cisco y de la Función de Distribución de Probabilidades Poisson, Los dos métodos presentan resultados coincidentes y coherentes. Los resultados indican que los enlaces de up-link de los equipos activos deben ser de 10 Gbps, lo cual permite tener gran capacidad en cuanto a anchos de banda y velocidades de acceso. Esto permite a la red de datos evitar riesgos por obsolescencia tecnológica en vista de que permite el funcionamiento de servicios que aparezcan en el futuro. Adicionalmente, Se determinó en forma matemática que la capacidad de conmutación, de cada uno de los Switches de Núcleo debe ser mínimo 950 Gbps, y está en función de la cantidad de enlaces con los Switches de Acceso, la cantidad y tipo de puertos requeridos para los servidores del centro de cómputo, el factor de crecimiento futuro. La capacidad de conmutación total determina el número de Switch Fabric que debe ir instalado en cada uno de los Switches de Núcleo.

Como trabajo futuro, se elaborará las especificaciones técnicas de una red auto-defendible de alto rendimiento, que incluya funciones de seguridad, para el análisis, la administración y el control del tráfico multicapa, para controlar a los usuarios y dispositivos de red directamente en los puertos en los cuales se conectan.

Referencias Bibliográficas

- [1] Chao, J. Wiley & Sons (2007). High Performance Switches and Routers. New Jersey. Capítulo 5. Páginas 176-206.
- [2] Chinchero, A. (2011) “Análisis y diseño de una red segura convergente de alto rendimiento para la oficina matriz Quito de la Superintendencia de Bancos y Seguros”. Proyecto de grado para la obtención del título de Maestría en Redes de Información y Conectividad, ESPE. Quito, Ecuador.
- [3] Cisco. Architecture brief. Using Cisco Catalyst 6500 and Cisco Nexus 7000 Series Switching Technology in Data Center Networks. [Fecha de consulta: Diciembre 2010]. Página 4. Disponible en https://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps9441/ps9402/ps9512/White_Paper_C17-449427.pdf
- [4] Desai, Nimish. Cisco Networkers (2009). Advance enterprise campus high availability. Barcelona.
- [5] Held, G. Wiley & Sons (2001). Data Communications Networking Devices. New York. Páginas 826-828.
- [6] Montañez, Mark. Cisco Networkers (2009). Multilayer campus architecture and design principles. Barcelona.
- [7] Nohre, H. Cisco Networkers (2009). Deploying Cisco NAC Appliance. Barcelona.
- [8] Nortel. (2009). Medium campus technical solution guide. Capítulo 1-2.