

CAPACITY: ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DEL CRECIMIENTO DE LA PLATAFORMA  
PON

Juan Sebastián Althviz Bernal

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

BOGOTÁ DC

2014

CAPACITY: ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DEL CRECIMIENTO DE LA PLATAFORMA  
PON

Juan Sebastián Althviz Bernal

2086533

Monografía para optar al título de Ingeniero Electrónico

Tutor:

Javier González Barajas

Docente de la facultad de Ingeniería Electrónica

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

BOGOTÁ DC

2014

**RECTOR GENERAL**

Padre Carlos Mario Álzate Montes, O.P

**VICERECTOR ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO**

Padre Diego Orlando Serna Salazar, O.P

**VICERECTOR ACEDÉMICO GENERAL**

Padre Eduardo González Gil, O.P

**SECRETARIO GENERAL**

Doctor Héctor Fabio Jaramillo Santamaría

**DECANO DE DIVISIÓN DE INGENIERÍAS**

Padre Pedro José Díaz Camacho, O.P

**SECRETARIA DE DIVISIÓN**

Myriam Gómez

**DECANO FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

Ingeniera Adriana Páez Pino

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

Tutor Monografía

---

Jurado

---

Jurado

## **ADVERTENCIA**

La Universidad Santo Tomás no se hace responsable de las opiniones y conceptos expresados por los autores en el trabajo de grado, sólo velará por que no se publique nada contrario al dogma ni a la moral católica y porque el trabajo no tenga ataques personales y únicamente se vea el anhelo de buscar la verdad científica.

Capítulo III – Art. 46 del Reglamento de la Universidad Santo Tomás.

Agradezco inmensamente a Dios, mis padres, hermano, abuela, profesores y amigos por todo el apoyo prestado a lo largo de mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradezco a mis padres, profesores, amigos y compañeros que me brindaron su apoyo incondicional, consejo y aportaron considerablemente en mi formación integral y profesional.

En segundo lugar, a la Universidad Santo Tomás de Aquino por contribuir de forma significativa en mi vida al formarme durante estos años con diferentes conocimientos en áreas tales como la humanista, matemáticas, física y electrónica.

En tercer lugar, a mis padres y abuela quienes me brindaron la posibilidad de estudiar en una excelente universidad, por apoyarme y guiarme a lo largo de toda mi vida.

En cuarto lugar, a los docentes que contribuyeron en mi formación profesional brindando consejos y compartiendo su conocimiento y experiencia.

En quinto lugar, gracias a mis compañeros y amigos quienes cursaron conmigo la carrera ya que compartí muy buenos momentos con ustedes tanto académicamente como emocionalmente.

Por último, gracias a CLARO quien depositó en mí un voto de confianza al permitirme desarrollar mis habilidades como ingeniero electrónico.

# CONTENIDO

## Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN .....	10
2. PROBLEMA .....	11
3. ANTECEDENTES .....	12
4. JUSTIFICACIÓN .....	13
5. OBJETIVOS.....	14
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
6. FUNDAMENTACIÓN HUMANÍSTICA .....	15
7. MARCO TEÓRICO.....	17
8.1 PON (Passive Optical Network) .....	17
8.2 ELEMENTOS ACTIVOS.....	19
8.2.1 OLT (Optical Line Terminal) .....	19
8.2.2 ONT (Optical Network Terminal) .....	19
8.3 ELEMENTOS PASIVOS.....	19
8.3.1 ODN (Optical Distribution Network) .....	19
8.3.2 ELEMENTOS DE LA ODN .....	19
8.3.4 COMPONENTES DE LA ODN .....	20
8.3.4.1 SPLITTER O DIVISOR ÓPTICO.....	20
8.3.4.2 FIBRA ÓPTICA.....	21
8.4 FUNCIONAMIENTO DE UNA RED PON.....	24
8.4.1 CANAL DESCENDENTE – RX (Downstream) .....	24
8.4.2 CANAL ASCENDENTE – TX (Upstream) .....	24
8.5 CÁLCULO DEL CRECIMIENTO .....	25
8. DISEÑO METODOLÓGICO .....	28
9. EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	30
11.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS PERTINENTES .....	30



<b>11.2 DESARROLLO DEL SCRIPT .....</b>	<b>31</b>
<b>11.3 RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
<b>10. CONCLUSIONES .....</b>	<b>34</b>
<b>11. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>35</b>
<b>12. GLOSARIO .....</b>	<b>37</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más comunes en empresas que presentan una demanda muy grande de usuarios, en donde controlar o medir, de manera adecuada y efectiva, la información referente a su infraestructura se hace un proceso tedioso que demanda mucho tiempo. En este caso se presenta en el sector de las telecomunicaciones puesto que hoy en día es un servicio realmente necesario para los hogares y también para las empresas quienes requieren brindar a sus usuarios un servicio de calidad.

Con base en lo anterior, se hace necesario administrar de la mejor forma cualquier proyecto en ingeniería. En este caso, los proyectos a administrar tienen que ver con el Core quien es prácticamente el corazón de cualquier empresa de telecomunicaciones, puesto que en éste se administra y configura toda la red ofreciendo servicios tales como la telefonía, internet y televisión.

En particular el proyecto realizado a lo largo de la pasantía realizada en Claro está centrada en la plataforma PON (red óptica pasiva), esta cuenta con dos proveedores y plataformas diferentes. Por tal razón se hace necesario unificar la información suministrada por los dos gestores, mostrándola de forma ordenada, clara y que se pueda verificar dinámicamente en el menor tiempo posible, brindando indicadores de capacidad para realizar un correcto análisis el cual ve reflejado en el informe mensual, en que se evidencia la capacidad instalada.

Debido a que la información a analizar es muy extensa esta requirió ser guardada en formato CSV, para que el script permitiera modificar, ordenar, contabilizar y analizar toda la información de forma dinámica por medio de la programación en Perl lenguaje de programación.

## 2. PROBLEMA

Actualmente no hay una herramienta que permita el procesamiento progresivo de la información acerca del crecimiento de la red en los dos gestores, por lo que surge la necesidad de mejorar y optimizar este proceso de análisis específicamente en la plataforma PON (Red óptica pasiva) quien soporta servicios tales como internet, IPTV, VoIP, entre otros servicios que usan tanto empresas grandes, pequeñas y en nuestros hogares. Razón por la cual se hace necesario tener un mejor control del hardware implementado actualmente en la empresa.

Esto se puede lograr analizando eficazmente el proceso de expansión de dicha plataforma y de esta manera poder emplear, de una mejor forma los recursos necesarios para el crecimiento y funcionamiento de la red. Recursos tales como los humanos y tecnológicos (hardware) que demandan tiempo y costo para cualquier compañía que tenga esta tecnología.

Por otro lado, la unificación de la información es fundamental para la toma de una decisión. Por tal razón, se debe realizar un tratamiento adecuado a los indicadores que se obtengan de las dos plataformas con el fin de analizar y determinar la mejor solución de forma dinámica a un determinado requerimiento en el menor tiempo posible.

De acuerdo a la necesidad planteada, el eje fundamental del problema es la falta de organización y optimización del tiempo en un proceso. En este caso es la correcta administración de una plataforma, la cual mejora dicho proceso, partiendo desde una mejor organización, de un buen tratamiento de la información de forma dinámica para mejorar procesos que intervienen en la ejecución de cualquier proyecto en ingeniería, ya que en estos intervienen no solo recursos tecnológicos y humanos que demandan una correcta planeación y ejecución siempre buscando una mayor efectividad en el menor tiempo posible.

### **3. ANTECEDENTES**

Tradicionalmente se han utilizado herramientas informáticas para recolectar y organizar la información. Como en el caso de la herramienta EXCEL, es posible ofrecer valores agregados para generar aplicaciones para proporcionar indicadores y actualizar sus respectivos valores. En el caso de la plataforma PON (Red óptica pasiva) el fin de proporcionar un indicador el cual contribuya a realizar un informe que analice de forma progresiva la información, además de poder unificar esta de forma ordenada siendo el factor fundamental para la correcta elaboración de un informe de capacidad acerca del crecimiento de la plataforma PON.

## 4. JUSTIFICACIÓN

Actualmente hay muchos servicios ofrecidos por empresas proveedoras de servicios, como las comunicaciones, la cual ha tenido un crecimiento significativo en la demanda de servicios para usuarios que requieren suplir determinadas necesidades de rendimiento y comunicación. Por tal razón es importante realizar un seguimiento a nivel interno del crecimiento de la plataforma PON, para poder aprovechar de mejor forma los recursos actuales y a futuro con los que cuentan las compañías que prestan este tipo de servicios.

Puesto que no hay una estrategia o herramienta en la empresa que permita dimensionar, en un tiempo determinado, la demanda de los servicios en determinados equipos, es donde surge la necesidad de crear una solución que satisfaga de forma sencilla y efectiva el procesamiento de los datos y a su vez se entregue la información de forma ordenada. Con el desarrollo de esta aplicación se pretende mejorar el tiempo que requiere el análisis de los datos que influyen de manera directa con el crecimiento de una zona o equipo en específico, tomando la mejor decisión frente a una necesidad.

Contribuyendo de esta manera a suplir un problema en el sector de las comunicaciones al tener una gran cantidad de datos de usuarios y equipos, con este desarrollo se disminuye significativamente el análisis periódico para poder realizar el informe de capacidad que se realiza mes a mes. Mejorando la correcta interpretación de la información referente a dos plataformas que influyen directamente en la operación de la plataforma PON.

Pero por otro lado, si tal desarrollo no se llevara a cabo no se podría tener el mismo control dinámico sobre la plataforma PON. Además de tener una eficiencia mayor al poder interpretar de mejor forma los datos arrojados por los gestores, teniendo la información de manera clara y ordenada.

Debido a este desarrollo se obtiene una disminución significativa del tiempo que se demora una persona en procesar todos los datos que hacen referencia a esta tecnología y plataforma siendo una herramienta sólida que contribuye a la buena ejecución de los diferentes proyectos que involucren a la plataforma PON.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar una herramienta que permita brindar información acerca del crecimiento de la plataforma PON.

### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Modelar e implementar una estrategia para mejorar el análisis de la información unificándola de forma clara.
- Determinar un mejor manejo de la información presentándola de forma dinámica, periódica y ordenada.
- Permitir un mejor análisis de la capacidad instalada.

## 6. FUNDAMENTACIÓN HUMANISTICA

La formación humanística ha sido de vital importancia en todas las culturas y épocas. “En el desarrollo histórico, no sólo se ha abierto a la humanidad una cantidad inmensa de saber y de poder sino que también ha crecido el conocimiento y el reconocimiento de los derechos y la dignidad del hombre, de lo cual no podemos menos que estar agradecidos”. Por tal razón, hay que resaltar lo que profesa la Universidad Santo Tomás, orientando la educación a la formación humanista desde la perspectiva dominicana-tomista, pensamiento en el que se da una importancia central al concepto de “persona”.(Pizzul 2013)

Siguiendo este orden, La Misión de la Universidad Santo Tomás, inspirada en el pensamiento humanista cristiano de Santo Tomás de Aquino, consiste en promover la formación integral de las personas, en el campo de la educación superior, mediante acciones y procesos de enseñanza-aprendizaje, investigación y proyección social, para que respondan de manera ética, creativa y crítica a las exigencias de la vida humana y estén en condiciones de aportar soluciones a la problemática y necesidades de la sociedad y del país.

En consonancia con lo anterior, la misión de la Facultad de Ingeniería Electrónica, de la Universidad Santo Tomás consiste en brindar una educación de alta calidad para formar y educar ingenieros electrónicos integrales, fomentando la investigación, la proyección social y la extensión, para que respondan de manera idónea, ética, analítica y creativa a los roles que exige la profesión y además, para que estén en condiciones de aportar soluciones a las exigencias nacionales e internacionales. Por tal razón, los egresados de la Universidad Santo Tomás están formados integralmente. Formación que nos capacita para poder analizar e identificar la mejor solución a un problema desde la Ingeniería Electrónica, actuando en conjunto con otras disciplinas como lo son las económicas, humanas y éticas.

En este orden de ideas, el trabajo de investigación “Capacity: análisis y procesamiento del crecimiento de la plataforma PON”, que consiste en diseñar e implementar una herramienta que permita el análisis dinámico de datos referentes a la plataforma PON, en un corto tiempo, beneficiando de manera considerable a la compañía.

A su vez, mejora, de manera indirecta, los tiempos de ejecución de los informes de capacidad y proyectos asociados a esta plataforma, contribuyendo a un buen manejo de recursos tales como los tecnológicos y humanos.

Por otra parte, este trabajo está enmarcado en la esfera del bien común, como uno de los objetivos del pensamiento dominicano-tomista, el cual ha de mostrarse o evidenciarse en el desempeño laboral, mejorando los tiempos de ejecución y análisis de un proyecto. A su vez, el proyecto pretende brindar un servicio de calidad tanto en el sector público como en el privado, entregando a nuestra sociedad innovaciones que mejoran diferentes procesos a nivel tecnológico con herramientas que contribuyan a minimizar procesos que demanden un tiempo significativo de ejecución por el alto contenido de información.

Por tales razones la herramienta planteada requirió conocimientos integrales, enfocados en la programación y depuración de la información a partir de un script y además de los conocimientos humanísticos, que nos permiten reconocer que el conocimiento como la tecnología no sólo buscan comprender el mundo y la sociedad sino también la transformación del hombre a partir de una disciplina, desde antropología hasta la ética, buscando un buen manejo de la información y encaminándola a presentar datos concretos y veraces que cumplan los requerimientos de la compañía encaminada a dar un servicio de calidad aprovechando de una mejor forma los recursos.



## 7. MARCO TEÓRICO

En la actualidad la exigencia por parte de los usuarios al querer tener un mejor servicio va en aumento siendo un factor considerable. Esto es debido al auge de nuevos productos ofrecidos por parte de los operadores; servicios tales como los son las redes privadas, la telefonía sobre IP, video conferencias, la televisión en alta resolución entre otros.

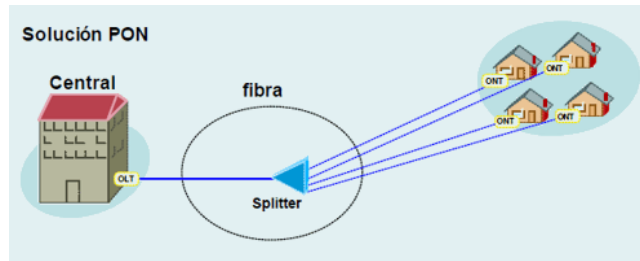
El backbone es en muchos casos una infraestructura especial que posibilita el intercambio de datos en subredes y sistemas. Este de tipo de infraestructuras permiten un alto rendimiento haciendo posible la conexión entre una gran cantidad de dispositivos dispersos territorialmente, por lo general las redes de backbone son troncadas, es decir tienen un segmento troncal de un gran ancho de banda en el cual se conectan un gran número de subredes. (Quishpe Pérez and Vinueza Estévez 2010)

El medio más eficaz y esencial capaz de soportar las nuevas demandas de transmisión a nivel de velocidad y efectividad sobre grandes distancias hoy en día es la fibra óptica. Esto contribuyendo a ser la solución tecnológica adecuada frente al futuro de las telecomunicaciones.

Las redes ópticas pasivas PON toman su modelo de las redes CATV (televisión por cable), en donde estas sustituyen el tramo coaxial por fibra óptica (Monomodo) de esta forma la fibra permite ofrecer un mayor ancho de banda mejorando y superando la limitación típica de 36 Mbps de los sistemas de cable módem. (Bonilla et al. 2009)

### 8.1 PON (Passive Optical Network)

Una Red Óptica Pasiva (PON), permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el proveedor de servicios de telecomunicaciones y el cliente, introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos para poder encaminar el tráfico por la red, la utilización de estos elementos pasivos reduce considerablemente los costos de instalación y mantenimiento como se ve en la Fig. 1.



**Fig. 1.** Diagrama general (PON).  
(Quishpe Pérez and Vinueza Estévez 2010)

Este tipo de configuración, permite el despliegue de una sola fibra desde la cabecera de red, a partir del cual se pueden derivar cierto número de ramificaciones de 32 hasta 64 usuarios.

Las redes PON actualmente representan las bases sobre las cuales se están construyendo las redes de acceso sobre fibra óptica, en donde esta nueva aproximación tecnológica es conocida como FTTH (fiber to the home). Estas están estructuradas de la siguiente forma:

- ❖ OLT'S (Optical Line Terminal) -- fastethernet
- ❖ Redes de fibra óptica
- ❖ Divisor óptico o splitter
- ❖ ONT'S (Optical Network Terminal)

La transmisión es realizada entre las OLT'S y las múltiples ONT'S quienes utilizan la red de fibra óptica común, en dicha red están presentes los splitter's responsables de encaminar la señal procedente de la OLT a cada punto de las ONT.

Las arquitecturas PON son una solución que están adoptando los operadores de telecomunicaciones como una manera de atacar a la problemática de la última milla, puesto que presenta evidentes ventajas:

Las redes PON permiten atacar a usuarios localizados a distancias de hasta 60 Km desde la central (o nodo óptico). Esta distancia supera con creces la máxima cobertura de las tecnologías DSL (máximo 5Km desde la central).

Las redes ópticas pasivas ofrecen una mayor densidad de ancho de banda por usuario debido a la mayor capacidad de la fibra para transportar información que las alternativas de cobre (xDSL y CATV)

Las redes PON elevan la calidad del servicio y simplifican el mantenimiento de la red, al ser inmunes a ruidos electromagnéticos, no propagar las descargas eléctricas procedentes de rayos, etc.

Aunque las redes PON como concepto existen desde la década de los 90, solo en los últimos dos o tres años han alcanzado una madurez tecnológica que permiten que numerosos operadores comiencen a utilizarlas en forma masiva. En estos momentos parecen la opción preferida para edificar la futura red de acceso al abonado, una vez agotadas las posibilidades de crecimiento de las tecnologías. (Quishpe Pérez and Vinueza Estévez 2010)

## **8.2 ELEMENTOS ACTIVOS:**

### **8.2.1 OLT (Optical Line Terminal)**

El OLT es el elemento activo situado en la central del proveedor. De él parte el cable principal de fibra hacia los usuarios y es él mismo el que se encarga de gestionar el tráfico hacia los usuarios o proveniente de ellos, es decir, realiza funciones de router para poder ofrecer todos los servicios demandados por los usuarios. Cada OLT suele tener la suficiente capacidad para proporcionar un servicio a cientos de usuarios. Además, actúa de puente con el resto de redes externas, permitiendo el tráfico de datos con el exterior.(Marchukov 2011)

### **8.2.2 ONT (Optical Network Terminal)**

Los ONT son los elementos encargados de recibir y filtrar la información destinada a un usuario determinado procedente de un OLT. Además, de recibir la información y dársela al usuario en un formato adecuado, cumple la función inversa. Es decir, encapsula la información procedente de un usuario y la envía en dirección al OLT de cabecera, para que éste la re dirija a la red correspondiente. (Marchukov 2011)

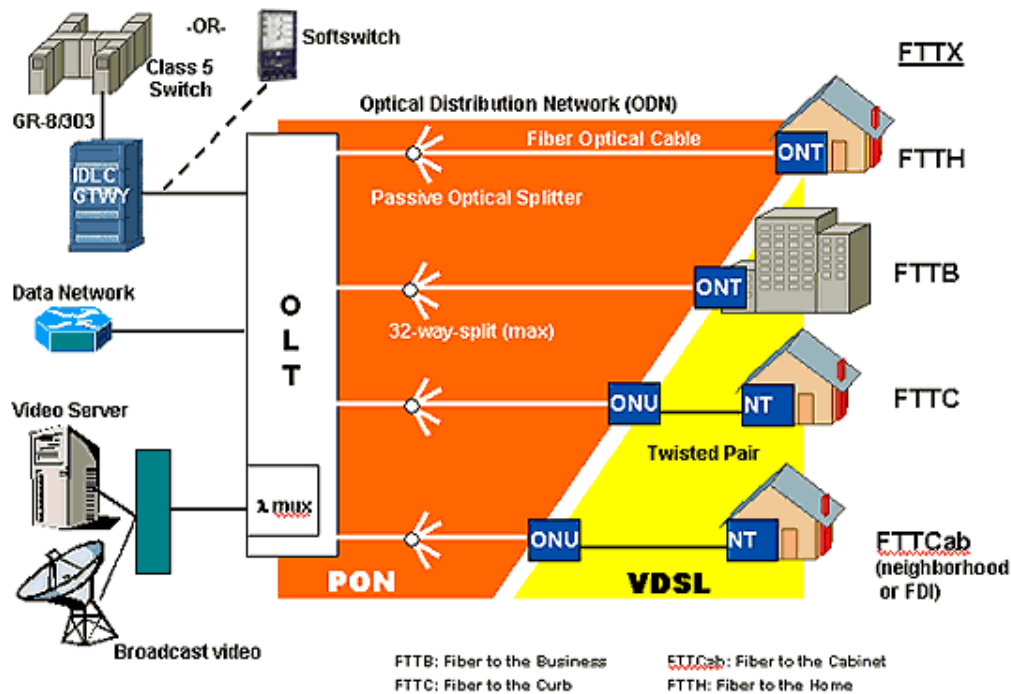
## **8.3 ELEMENTOS PASIVOS:**

### **8.3.1 ODN (Optical Distribution Network – Red Óptica de Distribución):**

Está compuesta por cables de fibra (Patch cords), divisores pasivos y acopladores.

### **8.3.2 ELEMENTOS DE LA ODN**

Es la red de fibra óptica existente entre la OLT y la ONT como se observa en la Fig. 2 en naranja.



**Fig 2.** Red de distribución óptica (ODN)  
(Telcordia 2012)

### 8.3.4 COMPONENTES DE LA ODN:

Como se observa en la Fig. 2, los componentes de la ODN (Optical Distribution Network) son los relacionados a continuación:

- Cables de fibra óptica
- Splitters (1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32)
- Empalmes
- Conectores
- Armarios, cajas de empalme, cabinas exteriores.

#### 8.3.4.1 SPLITTER O DIVISOR ÓPTICO

Se trata de un elemento pasivo situado a lo largo del tramo que se extiende entre el OLT y sus respectivos ONT a los cuales presta servicio, como se ilustra en la Fig. 2 en naranja. Sus funciones básicas son las de multiplexar y de-multiplexar las señales recibidas. Por otra parte, son dispositivos de distribución óptica bidireccional, es decir, también son capaces de combinar potencia. Por tanto es capaz de realizar las siguientes funciones:

La señal que accede por el puerto de entrada (enlace descendente), procede del OLT y se divide entre los múltiples puertos de entrada. (Marchukov 2011)

Las señales que acceden por las salidas (enlace ascendente), proceden de los ONT (u otros divisores) y se combinan en la entrada.

Se puede considerar como el elemento más importante de la red, ya que ofrece la posibilidad de tanto de juntar como de dividir las señales, bajando de una manera muy considerable el costo de despliegue como de mantenimiento de la red. Al mismo tiempo, por el hecho de ser un elemento totalmente pasivo no requiere energización externa.

#### 8.3.4.2 FIBRA ÓPTICA

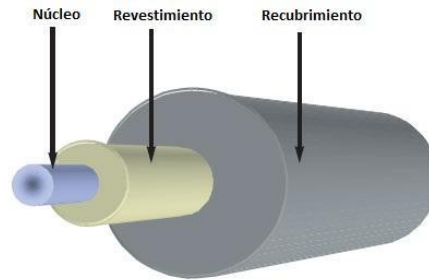
Este es un elemento fundamental de la red, del cual ésta toma el nombre. Una fibra óptica se puede definir como un cable o un filamento de vidrio de alta pureza u otro material transparente capaz de transportar haces de luz. Es bastante flexible, su grosor es muy reducido y posee las características necesarias para transportar los haces que llevan la información gracias a una serie de reflexiones internas.

Toda fibra óptica está constituida por tres estructuras o capas concéntricas:

**Núcleo.** Es la parte más interna de la fibra y se encarga de conducir las señales ópticas procedentes de la fuente de luz hasta el dispositivo de recepción. Se trata de una sola fibra continua de vidrio fabricada a elevada temperatura a partir de cuarzo ultra puro, plástico o dióxido de silicio. Posee un diámetro muy pequeño, que varía entre los 10 y 300mm. Cuanto mayor es el diámetro del núcleo, mayor es la cantidad de luz que el cable puede transportar.

**Revestimiento.** Es la parte intermedia de la fibra, que rodea y protege al núcleo. Este medio posee un índice de refracción menor al del núcleo, de forma que actúa como una capa reflectante (a modo de espejo), consiguiendo que las ondas de luz que intentan escapar del núcleo sean reflejadas y retenidas en el mismo.

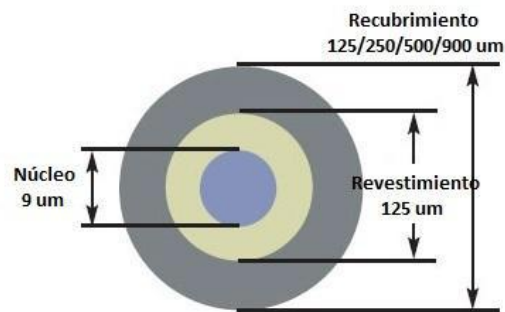
**Recubrimiento.** El recubrimiento es la parte externa de la fibra y actúa a modo de amortiguador, protegiendo el núcleo y el revestimiento de posibles daños y agentes externos, ver Fig. 3. En definitiva, provee al cable de cierta protección mecánica a la manipulación. Está fabricado con material plástico, capaz de resguardar la fibra óptica de la humedad, el aplastamiento, los roedores y otros riesgos del entorno. (Marchukov 2011)



**Fig 3.** Fibra Óptica (Marchukov 2011)

También se puede clasificar según el modo de propagación:

Monomodo: permite tan sólo la propagación de un único modo de transmisión. Esto es posible gracias a que el diámetro del núcleo de este tipo de fibras es muy reducido, y suele estar comprendido entre 8 y 10 micras, por lo que tan sólo permite la propagación de un haz de luz fundamental, ver Fig. 4.



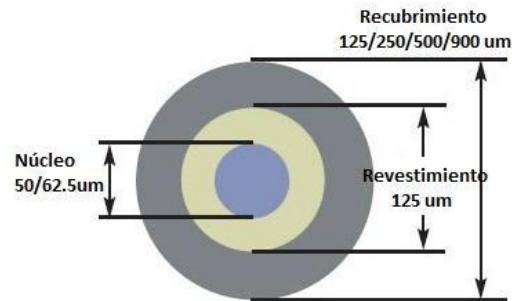
**Fig 4.** Dimensiones fibra óptica Mono modo (Marchukov 2011)

Gracias a esta geometría, el haz que se propaga, lo hace sin reflexiones, es decir, posee una trayectoria paralela al eje de la fibra, eliminando el desfase o ensanchamiento del pulso en recepción y en consecuencia, la dispersión modal.



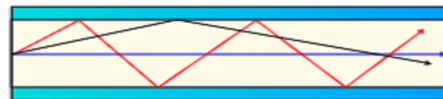
**Fig 5.** Propagación de haz de luz de una fibra óptica Mono modo (Marchukov 2011)

Multimodo: soporta la propagación de varios modos de transmisión. Esto es gracias a que el diámetro del núcleo de este tipo de fibras es amplio, y suelen estar comprendidas entre 50 y 62.5 micras, por lo que el acoplamiento de la luz en diferentes modos es más sencillo.



**Fig 6.** Dimensiones fibra óptica Multi modo (Marchukov 2011)

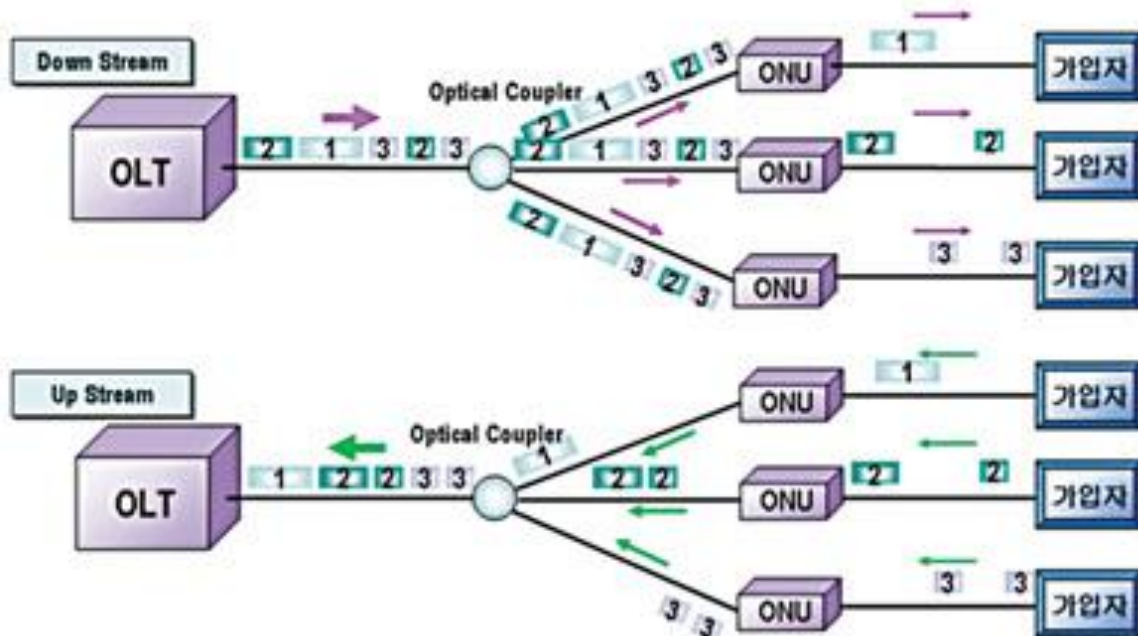
Los rayos que viajan a través del núcleo de la fibra reflejándose contra el revestimiento. Como es lógico, este tipo de fibra tiene peores prestaciones que el anterior, ya que posee una velocidad de propagación menor y una atenuación mayor, debida a las reflexiones interiores. (Marchukov 2011)



**Fig 7.** Propagación de haz de luz de una fibra óptica Multi modo (Marchukov 2011)

## 8.4 FUNCIONAMIENTO DE UNA RED PON

Por medio de un esquema multiplexado por longitud de onda se dividen todas las componentes necesarias para realizar la transmisión en forma ascendente y descendente, permitiendo que el tráfico sea bidireccional en una sola fibra como se muestra en la Fig. 8.



**Fig 8.** Funcionamiento de una red PON (downstream – upstream)  
(Inteligentes 2013)

#### 8.4.1 CANAL DESCENDENTE – RX (Downstream)

En canal descendente una red PON utiliza la longitud de onda de 1490nm y se comporta como un sistema de envío punto-multipunto. En este entorno la OLT envía señales ópticas que el divisor se encarga de distribuir a todas las ONT. Una vez que la información ha llegado a la ONT sólo pueden ser abiertas aquellas unidades de información dirigidas a un usuario/ONT concreto. (Inteligentes 2013)

#### 8.4.2 CANAL ASCENDENTE – TX (Upstream)

En canal ascendente una PON se comporta siguiendo un modelo de comunicación punto a punto. En él, cada ONT transmite contenidos a la OLT en 1310nm. Por esta razón es necesaria la arbitración del uso del canal de transmisión según uso modelos TDMA (Time Division Multiple Access) para que cada ONT envíe la información en diferentes instantes de tiempo. Este control se realiza desde la OLT. (Inteligentes 2013)



## 8.5 CÁLCULO DEL CRECIMIENTO

En cuanto al cálculo del crecimiento se tienen dos aspectos determinantes a tener en cuenta ya que en la plataforma PON se cuenta con dos gestores que entregan información aparte una más detallada de otra:

El primer gestor nos brinda una información de la siguiente forma:

Frame / Slot / Puerto → FASTETHERNET

Frame / Slot / Puerto / ONU ID → PON

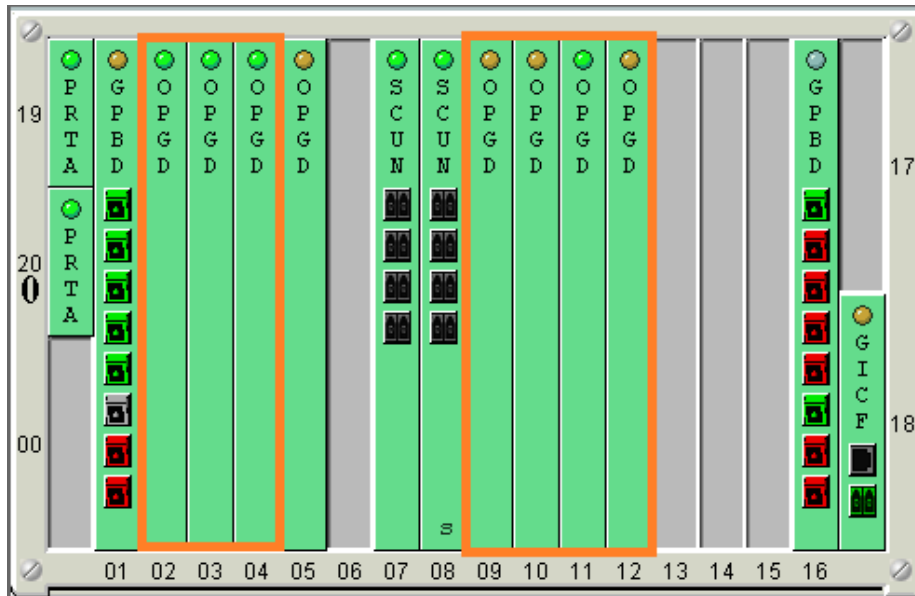
Siguiendo este orden el gestor que indica todos los puertos ocupados de las tarjetas Fastethernet como de las PON, información que es demasiado extensa para ser analizada manualmente por lo cual se propone una solución que minimice el tiempo de análisis en cada gestor.

Para saber la capacidad total que hay actualmente de puertos libres se realiza el conteo de lo que actualmente se encuentra ocupado por equipo vs lo que se ha instalado en el mismo, siendo la diferencia de estos el indicador que brinda la información necesaria para poder determinar si es obligatorio crecer en puertos o en tarjetas en determinado momento.

Además de esto, dicho indicador puede servir para modelar el comportamiento del crecimiento en determinadas zonas u nodos del país a mediano plazo generando alarmas de forma oportuna frente a una determinada necesidad.



Fig. 9. Tarjetas Fastethernet gestor 1.



**Fig. 10.** Tarjetas PON gestor 1.

La segunda plataforma nos brinda una información de la siguiente forma:

Rack / Shelf / Slot / Port / ONU ID → FASTETHERNET Fig. 9.

Rack / Shelf / Slot / Port / ONU ID → PON Fig. 10.

En donde en esta Rack hace referencia a, el Shelf a, el Slot a, el Port a y la a ONU ID Fig. 11.



**Fig. 11.** Tarjetas Fastethernet gestor 2.

En donde en esta Rack hace referencia a, el Shelf a, el Slot a, el Port a y la a ONU ID  
Fig.12.



**Fig. 12.** Tarjetas PON gestor 2

En este caso se hace lo mismo a diferencia que la información suministrada por el gestor es más detallada.

Dado que la información se encuentra dividida en dos se hace estrictamente necesario unificarla para poder presentar un informe que contenga todos los datos necesarios y correctos para tomar la mejor decisión periódicamente.

Cabe resaltar que la capacidad instalada es la relación de las tarjetas y módulos que actualmente se encuentran instalados, siendo que en una tarjeta por puerto tiene una capacidad de alrededor de 64 usuarios.

Con base en lo anterior con la implementación de la herramienta será más fácil realizar y discriminar la cantidad de usuarios que actualmente hay por puerto además del total de usuarios por tarjeta PON o F.E y de esta forma comparar la información con la capacidad instalada para determinar si es pertinente realizar una nueva instalación de fibra en un puerto o si es realmente necesario crecer en una tarjeta completa.

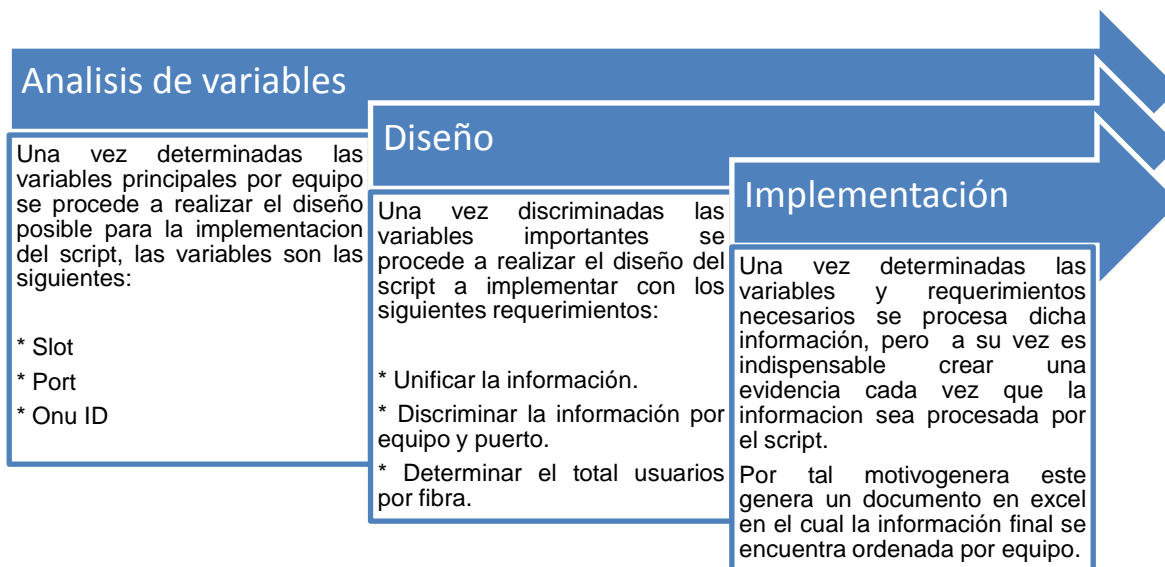
## 8. DISEÑO METODOLÓGICO

Para un mejor desarrollo y análisis de la información es competente centrar la investigación en la plataforma PON para poder procesar mejor los datos que pueden ser extraídos. Por medio de la implementación de herramientas que permitan determinar el prudente crecimiento o no en un determinado equipo.

De igual forma implementar estrategias que permitan la unificación dinámica de la información puesto que actualmente la información se encuentra dividida en dos gestores gráficos que arrojan indicadores diferentes y esto dificulta en cierta medida el correcto análisis de la información en un corto tiempo.

Para realizar una correcta recolección de la información es pertinente tratar a esta como si fuera una base de datos con las herramientas permitidas en la programación en Perl (lenguaje práctico para la extracción e informe) ya de los gestores gráficos la información puede ser exportada en Excel o CSV.

Para el diseño e implementación del script específicamente se tuvieron en cuenta los datos que hacían referencia al frame, slot, port y onu id del gestor 1 y el rack, shelf, slot, port y onu id. De esta forma la información podrá ser ordenada, filtrada y analizada, realizando una discriminación por equipo y puerto para poder finalmente entregar la información pertinente y necesaria para la realización de un informe de capacidad.



**Fig. 13.** Diagrama general metodología implementada

## 9. EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Para la correcta aplicación que implica el proyecto fue necesario buscar un lenguaje adecuado para realizar el respectivo tratamiento a los datos que ofrecen los gestores de los dos proveedores. Por tal razón PERL (lenguaje práctico para la extracción e informe) era una buena opción al poder manipular la información como una base de datos además de su amplio rango de tareas, orientado básicamente al manejo de strings y archivos de texto, es muy utilizado por muchos administradores de sistemas para tareas cotidianas y repetitivas.

Sus principales características son soportar la programación estructurada, tiene incorporado un poderoso sistema de procesamiento de texto y una enorme colección de módulos disponibles según la aplicación o requerimiento.

La estructura de maneja PERL se deriva ampliamente del lenguaje C, es un lenguaje imperativo con variables, expresiones, asignaciones, bloques de código delimitados por llaves, estructuras de control y subrutinas.

El diseño de Perl puede ser entendido como una respuesta a tres amplias tendencias de la industria informática: rebaja de los costos en el hardware, aumento de los costos laborales y las mejoras en la tecnología de compiladores. Anteriormente, muchos lenguajes fueron diseñados para hacer un uso eficiente de un hardware caro. En contraste, Perl es diseñado para hacer un uso eficiente de los costosos.

### 11.1 ANALISIS DE LOS DATOS PERTINENTES

Antes de comenzar a escribir el código, fue pertinente determinar los datos relevantes y necesarios ya que como se observa en las Fig. 13 y 14 la información a analizar es muy extensa y compleja de analizar.

Por tal razón se discriminaron variables como el nombre del equipo, slot, Port y Onu ID las cuales más adelante ayudaran a determinar el total de puertos ocupados en el equipo y además cuantos usuarios por puerto están conectados, a continuación se relacionaran las variables arrojadas por los gestores.

Location,NE Name,NE IP,NE Type,Rack,Shelf,Slot,Port,ONU ID,Name,Service Type,ONU Configured Type,ONU Actual Type,Auth Mode,Auth Value,IP Address, Number of Port ,Eth Port Num,POTS Port Num,DSL Port Num,Administrative Status,Operational

Status,UserName,Operator,InstallationDate,SoftwareVersion,Hardware Version,Bandwidth Template,Service Level.

En donde los datos más importantes son:

- ❖ Location, que hace referencia a la ciudad en donde se encuentra ubicado el equipo
- ❖ NE Name, que hace referencia al nombre del equipo en la ciudad
- ❖ Slot, que es el puerto donde está ubicada la tarjeta FASTHETHERNET o PON
- ❖ Port, que hace referencia al puerto donde está conectado el patchcord y el ONU ID es el que nos permite determinar por puerto cuantos usuarios actualmente hay por patchcord (fibra óptica).

DeviceName,"Frame","Slot","Port","ONU ID","Name","Alias","SN","Password","LOID","Checksum","Vendor ID","Terminal Type","Software Version","Is E8C Device","ONU Service Level Profile"

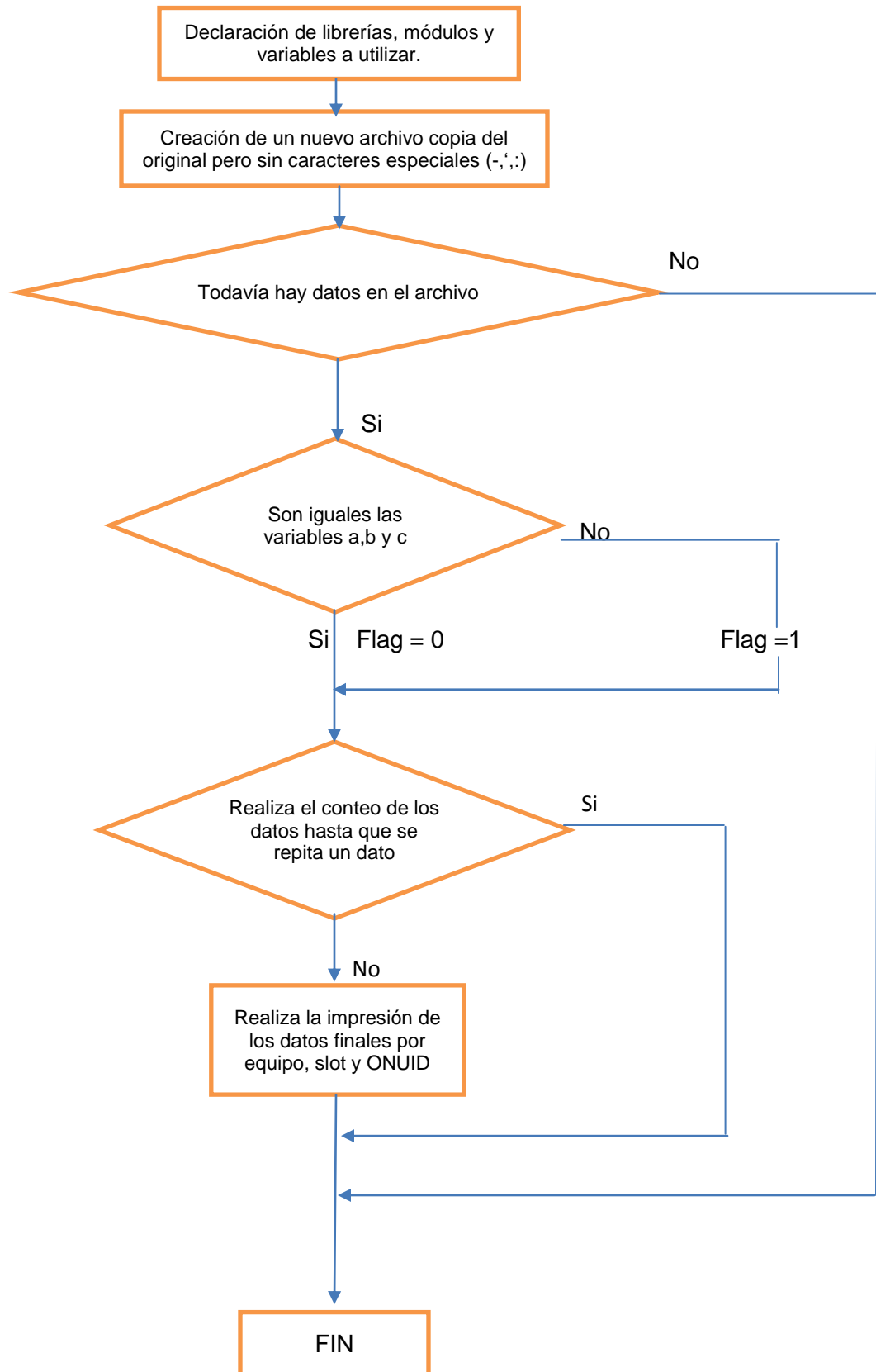
A diferencia de la anterior información suministrada por el gestor 1 en esta se puede observar que hay unas filas innecesarias y por lo tanto para poder ejecutar el script de la misma forma era completamente necesario borrar las primeras 6 filas sin alterar el resto del documento.

En cuanto a la información a los datos más importantes del gestor 2 que se encuentran los siguientes:

- Device Name que es el nombre del equipo.
- Slot que es el puerto en donde esta insertada la tarjeta FASTHETHERNET o PON.
- Port que es donde esta insertados el patchcord (Fibra óptica) y el ONU ID que hace referencia a cuantos usuarios hay en un solo patchcord.

## 11.2 DESARROLLO DEL SCRIPT

A continuación se mostrara de manera general estructura del script en lenguaje PERL, por medio de un diagrama de flujo enunciando las variables utilizadas y los demás procesos que están estructurados dentro del script.



**Fig. 14.** Diagrama de flujo del Script

### 11.3 RESULTADOS

A continuación se evidenciarán los resultados obtenidos después de la ejecución del script, como se observa en las tablas 2 y 3 se realiza la discriminación por equipo, puerto y ONUID (servicios) evidenciando cuantos usuarios activos hay como se muestra a continuación:

Equipo	Slot	Puerto	Servicios
ZACARMARMENIACP1	2	1	45

**Tabla 1.** Resultados obtenidos gestor 1.

Equipo	Slot	Puerto	Servicios
HACBOGOARANDACP1	1	0	4

**Tabla 2.** Resultados obtenidos gestor 2.

Después de la ejecución del script la información suministrada por los dos gestores se presenta de mejor forma, siendo más clara y ordenada teniendo en cuenta cada equipo por slot, puerto y adicionalmente indicando la cantidad de servicios que existen actualmente implementados.

De esta forma la información final será más clara y fácil de interpretar para poder lograr un buen análisis de capacidad además de lograr una mejor administración e implementación de la plataforma PON, adicionalmente el script permite generar un nuevo documento en el cual se podrá llevar un histórico del crecimiento de esta.

En comparación con la información suministrada anteriormente por los dos gestores se evidencia que la información final se presenta de forma ordenada discriminando el slot y puerto realizando una sumatoria total de servicios con el fin de mantener el estándar óptimo necesario de clientes por puerto.



## 10. CONCLUSIONES

Dado que la información a analizar era tan extensa, con gran cantidad de variables y además que no se presentaba de la misma forma fue pertinente realizar una herramienta en la cual se brindara información en el menor tiempo posible facilitando una mejor administración de los gestores, hardware y recursos humanos que intervienen en el proceso de instalación de los equipos (tarjetas y módulos) sobre las OLT's además de realizar todo el tendido de fibra hacia los ODF's y finalmente a los usuarios.

Esta nueva estrategia permite analizar, ordenar y totalizar la información brindando indicadores de forma estándar para ambos gestores. Siendo esta un buen modelo para mejorar de manera significativa la forma con la que se estaban realizando los informes de capacidad además de la administración de la plataforma. Beneficiando los tiempos de análisis de la información generando un reporte del estado actual de la capacidad instalada de los equipos por slot, port y onu id siendo el ultimo uno de los más importantes ya que nos asegura que tan cerca se está del límite estándar por fibra manejado a nivel interno. Siendo esta última una parte fundamental para determinar el crecimiento de usuarios por puerto, es decir al tener un indicador que determine que tan cerca estoy del límite permitido se hace más sencillo tomar una decisión oportuna para poder realizar un crecimiento en un puerto u tarjeta nueva según sea la demanda de usuarios.

De esta forma la mejor administración de dichos recursos se va a ver reflejada y va a ser un factor fundamental en la disminución en los tiempos de entrega de los diferentes proyectos que se estén por generar encaminando el resultado final del proyecto a mejorar la calidad final del servicio final.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

AÑAZCO AGUILAR, C. O. Diseño básico de redes de acceso FTTH utilizando el estándar GPON. 2013.

BONILLA, M. L., E. MOSCHIM AND F. R. BARBOSA *Estudio comparativo de redes gpon y epon*. Edtion ed., 2009. ISBN 0122-1701.

INTELIGENTES, T. R. La solución GPON-Doctor a la interoperabilidad GPON 2013.  
MARCHUKOV, Y.

*Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH*. Edtion ed., 2011.

PIZZUL, M. E. *La formación humanística, fin esencial de la universidad*. Edtion ed., 2013.

QUISHPE PÉREZ, A. S. AND N. S. VINUEZA ESTÉVEZ Estudio de factibilidad de una red de acceso para servicios Triple Play en el sector central de la ciudad de Ibarra, mediante la combinación de las tecnologías FTTX (FIBER TO THE X) 2010.

TELCORDIA Passive Optical Network Testing and Consulting 2012.

## 12. GLOSARIO

DSL:(siglas de Digital Subscriber Line, "línea de suscripción digital") es una familia de tecnologías que proporcionan el acceso a Internet mediante la transmisión de datos digitales a través de los cables de una red telefónica local. Es un término utilizado para referirse de forma global a todas las tecnologías que proveen una conexión digital sobre línea de abonado de la red telefónica básica o conmutada, a esta familia pertenecen las líneas de abonado: ADSL, ADSL2, ADSL2+, SDSL, IDSL, HDSL, SHDSL, VDSL y VDSL2.

FTTx: La tecnología de telecomunicaciones FTTx (del inglés Fiber to the x) es un término genérico para designar cualquier acceso de banda ancha sobre fibra óptica que sustituya total o parcialmente el cobre del bucle de acceso. El acrónimo FTTx se origina como generalización de las distintas configuraciones desplegadas (FTTN, FTTC, FTTB, FTTH...), diferenciándose por la última letra que denota los distintos destinos de la fibra (nodo, acera, edificio, hogar...).(Añazco Aguilar 2013)

FTTN - (del inglés Fiber-to-the-node). En FTTN o fibra hasta el nodo, la fibra óptica termina en una central del operador de telecomunicaciones que presta el servicio, suele estar más lejos de los abonados que en FTTH y FTTB, típicamente en las inmediaciones del barrio, por lo que en alguna bibliografía se asigna a la N la palabra neighborhood (vecindario).

FTTC - (del inglés Fiber-to-the-cabinet o fiber-to-the-curb). Similar a FTTN, pero la cabina o armario de telecomunicaciones está más cerca del usuario, normalmente a menos de 300 metros. (Añazco Aguilar 2013)

FTTB - (del inglés Fiber-to-the-building o Fiber-to-the-basement). En FTTB o fibra hasta la acometida del edificio, la fibra óptica normalmente termina en un punto de distribución intermedio en el interior o inmediaciones del edificio de los abonados. Desde este punto de distribución intermedio, se accede a los abonados finales del edificio o de la casa mediante la tecnología VDSL2 (Very high bit-rate Digital Subscriber Line 2) sobre par de cobre o Gigabit Ethernet sobre par trenzado CAT5. De este modo, el tendido de fibra puede hacerse de forma progresiva, en menos tiempo y con menor coste, reutilizando la infraestructura del edificio del abonado. (Añazco Aguilar 2013)

FTTA - (Del inglés Fiber-to-the-antenna). En FTTA o fibra hasta la antena, es una nueva generación de conexión de alto rendimiento de la estación hasta la antena, sobre los

nuevos estándares de interfaz de radio como CPRI (Common Public Radio Interface) ó OBSAI (Open Base Station Architecture Initiative) por la demanda de RAN (Radio Access Network).

FTTH - (del inglés Fiber-to-the-home). En FTTH o fibra hasta el hogar, la fibra óptica llega hasta el interior de la misma casa u oficina del abonado. (Añazco Aguilar 2013)

OLT: Es el elemento activo situado en la central telefónica. De él parten las fibras ópticas hacia los usuarios (cada OLT suele tener capacidad para dar servicio a varios miles de usuarios). Agrega el tráfico proveniente de los clientes y lo encamina hacia la red de agregación. Realiza funciones de router para poder ofrecer todos los servicios demandados por los usuarios. (Marchukov 2011)

ONT: Es el elemento situado en casa del usuario que termina la fibra óptica y ofrece las interfaces de usuario. Estos interfaces han evolucionado del fast ethernet al gigabit ethernet a la par que las velocidades ofrecidas a los usuarios. (Marchukov 2011)

ONU: su objetivo es el de filtrar y sólo enviar al usuario aquellos contenidos que vayan dirigidos a él. En este procedimiento se utiliza la multiplexación en el tiempo (TDM) para enviar la información en diferentes instantes de tiempo. (Marchukov 2011)

Patchcord: Un cordón de fibra óptica (patchcord ó patchcable) es un cable de fibra óptica de corta longitud (usualmente entre 1 y 30 mts) para uso interior con conectores instalados en sus dos extremos, usualmente en presentación simplex (una sola fibra) o duplex (2 fibras) aunque pueden presentarse arreglos multifibra. Los cordones de fibra pueden interconectar directamente dos equipos activos, conectar un equipo activo a una caja pasiva (ODF) o interconectar dos cajas pasivas conformando en este caso un sistema administrable de cableado (Cross Connect). En este último caso, patch cords son conectados entre el equipo activo y el ODF en su porción interna, y patch cords frontales.

Perl: es un lenguaje de programación diseñado por Larry Wall en 1987. Perl toma características del lenguaje C, del lenguaje interpretado bourne shell (sh), AWK, sed, Lisp y, en un grado inferior, de muchos otros lenguajes de programación.

PON: Una red óptica pasiva (conocida como PON, del inglés Passive Optical Network) es una red punto-multipunto que lleva una conexión de fibra óptica hasta casa del usuario.

Red óptica pasiva: GPON: Redes Ópticas Pasivas "capaces de alcanzar el Gigabit"  
GPON (del inglés Passive Optical Network, conocida como PON) no tienen componentes activos entre el servidor y el cliente o abonado. En su lugar se encuentran (divisores

ópticos pasivos) o splitter. La utilización de sistemas pasivos reduce considerablemente las inversiones y los costes de conservación.

**Red de Acceso:** Red de acceso hace mención a aquella parte de la red de comunicaciones que conecta a los usuarios finales con algún proveedor de servicios y es complementaria al núcleo de red. Muchos de los avances tecnológicos que se pueden percibir directamente en el área de las telecomunicaciones corresponden a esta parte de la red, la misma que puede subdividirse en red de distribución/agregación y red de último kilómetro. Esta denominación es independiente de los medios o protocolos utilizados.

**Redes CATV:** La televisión por cable, comúnmente llamada video cable, o simplemente cable, es un sistema de servicios de televisión prestado a los consumidores a través de señales de radiofrecuencia que se transmiten a los televisores fijos a través de redes de fibra óptica o cable coaxial.

**Splitter:** Un repartidor o caja separadora es un dispositivo electrónico de interconexión empleado en tomas de sonido para conseguir separar varios canales de audio idénticos de una sola fuente.

**Script:** En informática un script, archivo de órdenes, archivo de procesamiento por lotes o guion es un programa usualmente simple, que por lo regular se almacena en un archivo de texto plano. Los script son casi siempre interpretados, pero no todo programa interpretado es considerado un script. El uso habitual de los scripts es realizar diversas tareas como combinar componentes, interactuar con el sistema operativo o con el usuario. Por este uso es frecuente que los shells sean a la vez intérpretes de este tipo de programas.

**Shell:** En informática, el término shell o cáscara se emplea para referirse a aquellos programas que proveen una interfaz de usuario para acceder a los servicios del sistema operativo. Estos pueden ser gráficos o de texto simple, dependiendo del tipo de interfaz que empleen. Los shells están diseñados para facilitar la forma en que se invocan o ejecutan los distintos programas disponibles en el computador.

