

DEFINICIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE LAS REDES DE COMUNICACIÓN ÓPTICAS EMPLEANDO HERRAMIENTAS DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA

María Stella Orozco Corrales
Ingeniera (c) de Telecomunicaciones
Universidad Santo Tomás
USTA Bucaramanga
Colombia
ingmeoc@gmail.com - meoc7@outlook.com

Resumen - El trabajo de grado tuvo como objetivo principal la definición del estado del arte de las redes de comunicación ópticas empleando las herramientas de vigilancia tecnológica. Además hacer una extensa revisión para el grupo de investigación UNITEL de la universidad Santo Tomás, quienes encomendaron una labor, la cual fue actualizar la línea de investigación comunicaciones ópticas y se hizo énfasis en el tema redes de acceso óptico.

Además se realizó una revisión donde se obtuvo una visión general sobre la actividad científica e inventiva relacionada con el tema. Allí se realizó un análisis por año, revistas, países, áreas de conocimientos, patentes por año, patentes de acuerdo con el IPC, y por ultimo Distribución de patentes de acuerdo con el aplicante o usuario.

Estos datos se obtuvieron de la base de datos Scopus (Elsevier, B: V 2015) y la base de datos de patentes gratuita de Patentslens.

Palabras clave – Redes de Acceso, Redes de Acceso Óptico, Redes GPON, Vigilancia Tecnológica.

Abstract - The research had as main objective the study of the state of the art optical communication networks using technological surveillance tools. Besides having extensive surveillance technology research group UNITEL University Santo Tomas, who commissioned a task, which was to update the status line optical communications research and emphasized the theme optical access networks.

Also a technological surveillance where an overview of the scientific and inventive activity related to the research topic was obtained is performed. Here an analysis per year, magazines, countries, areas of expertise, patents per year, patents According to IPC, and finally distribution of patents according to the applicant or the user was performed.

All these data could be extracted from the Scopus database (Elsevier, B: V 2015) and the database of patents Patentslens free.

Keywords - Access Networks, Optical Access Networks, GPON Networks, Technological Surveillance.

I. INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta que el estado del arte es una pieza clave para iniciar cualquier tipo de investigación en redes ópticas, es importante definir el estado del arte de las redes ópticas, de tal forma, que se pueda observar el comportamiento investigativo en el área de las redes ópticas. Además es importante definirlo, porque al conocer las diferentes variables y tendencias en torno a la tecnología óptica de telecomunicaciones, facilita definir claramente un punto de partida de los trabajos a partir del cual se abordarán diversos trabajos de investigación.

El presente artículo es el resumen de la revisión donde se realizó un análisis cuantitativo y se miró como es la tendencia y la investigación en cada una de las ecuaciones de búsqueda, se decidió consultar las páginas de los proveedores y fabricantes más importantes con el fin de establecer una Red GPON ya que con todo lo que cada fabricante me ofrece se puede generar la red toda Óptica.

En el siguiente artículo se presenta la metodología de Vigilancia Tecnológica aplicada al estudio de las redes de comunicaciones ópticas.

II. MARCO DE ANTECEDENTES.

A. REDES DE COMUNICACIONES ÓPTICAS

Una red de comunicaciones ópticas es y su topología incluye red de transporte y red de acceso.

- Las Redes de Acceso

Es un sistema implementado entre el operador y el usuario. "La red de acceso proporciona servicios portadores de transporte a los proveedores de servicios y a la red. Es la red que permite a los usuarios establecer un enlace entre su propio terminal de abonado y la red que proporciona los servicios de telecomunicaciones.

La infraestructura final de las redes de telecomunicaciones que une el equipo de la central del proveedor con el usuario final se denomina red de acceso. [1]

- Las Redes de Acceso Óptico.

"Para sustituir las limitaciones que presenta el par trenzado de cobre y poder prestar de forma masiva servicios que requieren de un gran ancho de banda se decidió introducir la fibra óptica en el segmento de acceso lo que permite disponer de un medio de transmisión con gran capacidad, de gran ancho de banda, dando el soporte para ofrecer servicios Triple Play (voz, datos y video) logrando proporcionar los niveles de calidad adecuados para cada aplicación, además la fibra óptica ofrece varias ventajas como la conexión de puntos distantes sin necesidad de equipos intermedios y presenta inmunidad a las interferencias electromagnéticas haciendo apta para ser usada en ambientes industriales" [1].

- Redes xPON. (x Passive Optical Network).

Las xPON son redes donde existen varios nodos ópticos unidos con la cabecera a través de fibra, las redes ópticas pasivas proporcionan una transmisión muy segura y libre de errores, con una alta capacidad de transferencia. [1]

Algunas variantes de las redes PON son:

- APON (*Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network*).

- BPON (*Broadband PON* - Red Óptica Pasiva de Banda Ancha).

- EPON (*Ethernet PON*), basado en el transporte de tráfico Ethernet.

Y la más importante después de realizar varios análisis y una extensa revisión se dice que es GPON.

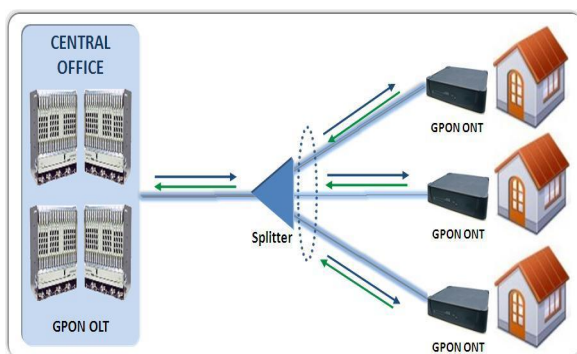
- Redes GPON (*Gigabit PON*).

Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON o *Gigabit-capable Passive Optical Network*).

Sus características principales son las siguientes:

- ❖ Red estandarizada en 2003-2004 por ITU-T, a fin de garantizar la compatibilidad en el funcionamiento de equipos de distintos fabricantes
- ❖ Alcance máximo de 20 km, aunque el estándar se ha preparado para que pueda llegar hasta los 60 km
- ❖ Soporte de varios bit rate con el mismo protocolo, incluyendo velocidades simétricas de 622 Mbit/s, 1.25 Gbit/s, y asimétricas de 2.5 Gbit/s (2.488 Gbp/s) en el enlace descendente y 1.25 Gbit/s (1,244 Gbp/s) en el ascendente.
- ❖ El número máximo de usuarios que pueden colgar de una misma fibra es 64 (el sistema está preparado para permitir hasta 128 usuarios en una misma fibra) mediante *splitters* ópticos pasivos.
- ❖ Tanto el sentido descendente como el ascendente viajan en la misma fibra óptica. Para ello se utiliza una multiplexación WDM (*Wavelength Division Multiplexing*).
- ❖ Red de tipo pasivo y topología punto a multipunto.
- ❖ Encriptación de datos para asegurar la privacidad en las comunicaciones de los usuarios. [2]

Figura 1. Esquema general de una red GPON [2]



Fuente: (27/06/2013). *Visita al Izarra Centre (Ermua): Un edificio con la ICT2 y mucho más.* Available: <http://fibraoptica.blog.tartanga.net/2013/05/27/visita-al-izarra-centre-ermua-un-edificio-con-la-ict2-y-mucho-mas/>

“En la Figura 1 las redes GPON utilizan un OLT (*optical line terminal*), el cual conecta con varios ONT (*optical network terminals*) usando una red óptica pasiva de distribución. Al ser una red de tipo punto a multipunto se evita la necesidad de llevar un número elevado de fibras hasta la oficina central o centro de distribución. Además, al ser una red de tipo pasivo, mediante la utilización de *splitters* ópticos, se evita igualmente la necesidad de utilizar equipos activos en campo (amplificadores, switches, etc). Los *splitters* ópticos tampoco requieren sistemas de refrigeración o alimentación y su funcionamiento es extremadamente estable, asegurando un funcionamiento sin fallos de forma continuada.” [2].

GPON frente a otras tecnologías.

TABLA I
VENTAJAS DE GPON SOBRE ADSL2.

GPON	ADSL2
GPON facilita herramientas y los servicios de QoS el cual es robusto.	Asigna prioridades de ancho de banda y latencia a las aplicaciones según su funcionalidad, lo cual supone un salto cualitativo a la hora de trabajar con aplicaciones que demandan real como video conferencia.
Las velocidades de transmisión desde 155 Mbps, 1.25 Gbps o 2.5 Gbps.	1.544 a 6.1 Mbps Bajada 16 a 640 Kbps Subida
Simétrico/Asimétrico Hasta 2.5 GB/s según norma UIT-T según acordó FSAN e implementan generalmente los fabricantes: 2.5 Gbps Downstream y 1.2 Gb/ Upstream.	20 Mbps en sentido descendente, 1 Mbps en sentido ascendente.
20 Km a 60 Km.	3000 Metros.

Fuente: GUTIERREZ, Viviana. ESPINOSA, Diana. y HERNÁNDEZ, Cesar. Impacto y manifestación del uso de las

redes GPON en Colombia frente a otras tecnologías. En: PC PDF. Mayo, 2011. Vol. 2, no. 1, p. 86-99.

“Al analizar el cuadro 2 se observa que GPON es superior a ADSL porque garantiza un número de usuarios por nodo de acceso mucho mayor (por ser atractivo en ancho de banda), mayores distancias hasta el abonado reduciendo el número de centrales y permitiendo que todos los usuarios tengan acceso a todos los servicios, distribución basada en punto a multipunto reduciendo el tendido de cables, reducción de costos en mantenimiento, infraestructura de acceso totalmente pasiva reduciendo la alimentación y puntos de fallos, etc” . [3].

TABLA II
CARACTERÍSTICAS DE GPON Y SDH.

GPON	SDH
Su rango de alcance es de 20 Km.	Capaz de combinar transporte y aplicaciones de datos en una forma única con el apoyo de operaciones de punto a punto, servicios multipunto, multiplexación de servicios.
Bajo el estándar se puede llegar a 60 Km entre el proveedor y el cliente final.	Posee modelos, uno basado en un paquete puro, infraestructura de MPLS y otro basado en un modelo de transmisión Sonet SDH de las nuevas generaciones con reales para el apoyo de servicios de datos.
Reduce la cantidad de fibra entre las distancias distribuidoras y en los circuitos de llegada al cliente.	Velocidad de transferencia muy altos.

Fuente: GUTIERREZ, Viviana. ESPINOSA, Diana. y HERNÁNDEZ, Cesar. Impacto y manifestación del uso de las redes GPON en Colombia frente a otras tecnologías. En: PC PDF. Mayo, 2011. Vol. 2, no. 1, p. 86-99.

En la tabla II se puede observar La desventaja que presenta utilizar SDH en el transporte de la información, comparado con Red GPON, es la limitación de tecnología al tratar de soportar velocidades de 10Gbps a 40Gps (o superiores). [3]

Se realizaron contantes revisiones en el tema GPON y los temas principales son:

■ **Conmutación óptica IP para la ingeniería de tráfico dinámico en las redes ópticas de próxima generación.** (*Optical IP switching for dynamic traffic engineering in next-generation optical networks*).

En este sentido, puede verse que se abordan temas en conmutación óptica IP como la investigación realizada por Marco Ruffini, DonalO'Mahony y Linda Doyle titulada “*Optical IP switching for dynamic traffic*

engineering in next-generation optical networks"; en el año 2007, en la cual se deja claro que la tecnología WDM ha logrado el aumento de la capacidad en el enlace de red, trasladando el cuello de botella de la red de transporte a la capa de enrutamiento. [6]

■ **Fibra hasta el hogar: 1977-2007.**
(*Fiber-to-the-Home: 1977-2007*).

"La investigación efectuada por Shumate P. en el año 2008, dice que la fibra se ha previsto para la entrega de la banda ancha servicios a los clientes residenciales de más de 30 años, sin embargo, que sólo tiene recientemente entrado en la corriente principal. Actualmente, de fibra hasta el hogar (FTTH) se está instalando en muchos países a tasas notables (aunque todavía constituye sólo una fracción de todos los de banda ancha líneas en la mayoría de los países)".

"Otras tecnologías de transmisión de ondas de luz han progresado mucho más rápido. ¿Qué ha celebrado FTTH durante tanto tiempo? ¿Qué mejoras a lo largo del camino se han producido? ¿Qué cambios recientes han hecho que sea un éxito? Este artículo sigue el progreso en fibra se mueve hacia la casa y de los principales cambios en la arquitectura que han reducido los costos al tiempo que aumenta la capacidad para satisfacer las necesidades de hoy en día". [7]

Una forma de determinar el estado del arte, o interés en este tipo de redes es realizando el ejercicio de Vigilancia Tecnológica.

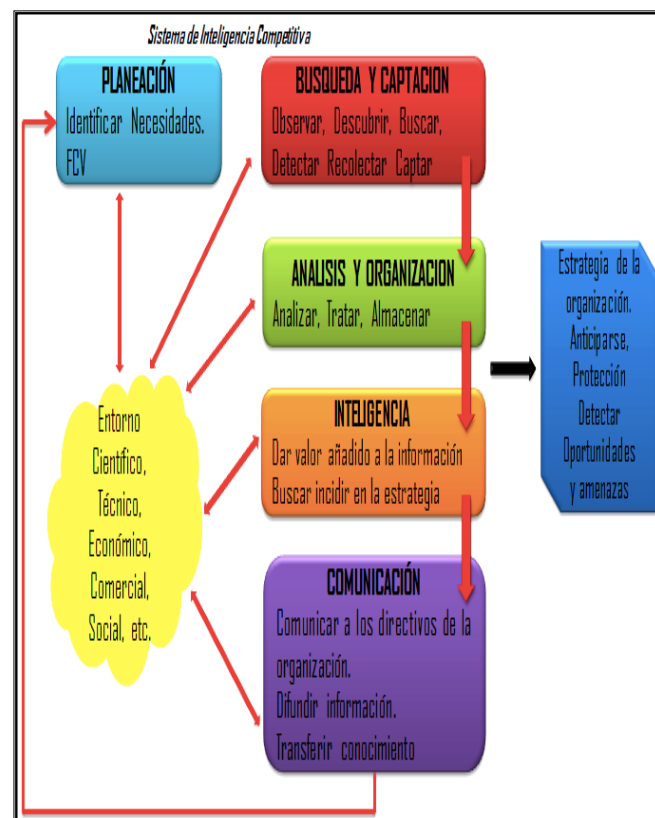
B. VIGILANCIA TECNOLÓGICA.

"Se denomina vigilancia tecnológica al proceso sistemático de captación, análisis y difusión de información de tipo económico, tecnológico, político, social, cultural, legislativo, entre otras, empleando métodos legales que permitan identificar y anticipar oportunidades o riesgos, con miras a mejorar la formulación y ejecución estratégica de las organizaciones. Por medio de la vigilancia tecnológica se puede obtener información de las tecnologías investigadas, tecnologías emergentes, soluciones tecnológicas disponibles, líderes tecnológicos y la dinámica de las tecnologías"[6].

- Metodología en la Vigilancia de Tecnológica.

Esta es una de las metodologías en la vigilancia donde propone e incluye cinco etapas: planeación, búsqueda y captación, análisis y organización, inteligencia y comunicación (Ver Figura 2). [7]

Figura 2. Metodología de Vigilancia Tecnológica realizada por Sánchez y Palop.



Fuente: (03/24/2015). Herramientas de Software especializadas para Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. Available: <http://blog.pucp.edu.pe/media/93/20120630-sanchez-palop-2006-.pdf>

- Indicadores Cienciométricos.

Los indicadores científicos surgen de la medición de los insumos y de los resultados de la institución científica. La Ciencimetría elabora metodologías para formular esos indicadores con técnicas interdisciplinarias de la economía, la estadística, la administración y la documentación. [8]

La Ciencimetría usa técnicas matemáticas y el análisis estadístico para investigar las características de la investigación científica.

Puede considerarse como un instrumento de la sociología de la ciencia. [9]

En la tabla III se presentan los indicadores cuantitativos que miden la actividad científica reflejada en las publicaciones de artículos y la actividad inventiva por medio del análisis de las patentes.

TABLA III
INDICADORES CUANTITATIVOS PARA
ARTÍCULOS Y PATENTES.

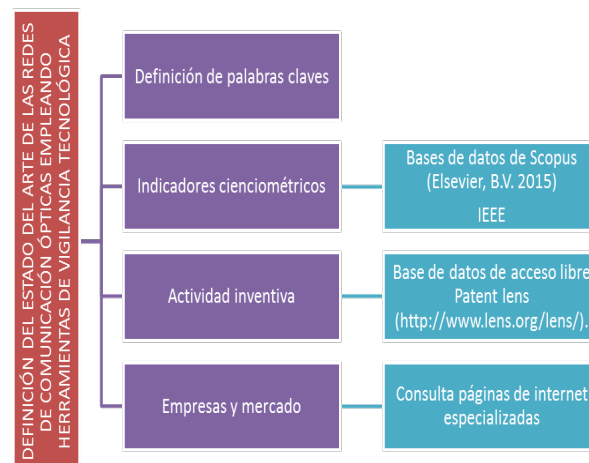
Vigilancia tecnológica: Indicadores Cuantitativos		
Tipo de revisión	Actividad científica	Actividad inventiva
Tipo de documento	artículos científicos	Patentes
Bases de datos	Bases de datos tipo referenciales y de texto	Bases de datos de Patentes
Estructurar la ecuación de búsqueda	Palabras clave, buscar en los <i>keywords</i> , título y <i>abstract</i> del artículo, período de consulta	Palabras clave, buscar en el título, <i>abstract</i> , <i>claims</i> del documento de patente
Número de documentos	Número de artículos	Número de patentes
Dinámica de publicaciones	Número de artículos por años	Número de patentes por años
Autores	Investigadores más importantes en el tema	Inventores más importantes
Afiliación por país	Países donde se encuentran trabajando los investigadores	Países donde se registra la invención
Afiliaciones por institución	Organizaciones de tipo académico, privadas, gubernamentales, públicas	Empresas aplicantes de las patentes (usuarios finales de las invenciones)
En qué tema	Área de conocimiento en la cual tiene su aplicación el trabajo de investigación.	Definida por el IPC (Clasificación Internacional de patentes).
Dónde se publica	Revistas científicas	Oficinas de patentes donde se registra la invención

Fuente: Elaboración propia.

III. METODOLOGÍA.

Para la definición del estado del arte en las redes de comunicaciones ópticas se empleó la siguiente metodología de Vigilancia Tecnológica la cual se presenta en la Figura 3.

Figura 3. Etapas de la metodología de vigilancia tecnológica aplicada a las redes de comunicación ópticas.



Fuente: Elaboración propia.

Se definieron las palabras claves asociadas con redes de comunicación óptica y se realizó la consulta en bases de datos referenciales y de texto, como también páginas de internet especializadas, con el fin de identificar las tendencias en investigación, invención y aplicación comercial de dichas redes.

Con respecto a la metodología en la Vigilancia tecnológica se propuso aplicar las cinco etapas para la realización del proyecto.

1. Planeación: En el paso de la planeación se realizó la definición de las palabras claves a estudiar:

Palabras Claves:

- Optical access network
- All optic
- GPON
- Fiber coax
- Optical packet switching
- Wavelength division multiplexing
- Multi-protocol label switching
- Optical routing
- Broadband network

- *Packet optical networking*
- *Internet service provider network*
- *Next generation network*

2. Búsqueda y Captación: Se realizó empleando las base de datos Scopus (Elsevier, B: V 2015) y la base de datos de patentes gratuita de Patentslens (www.lens.org/).

3. Análisis y Organización: Se hizo el análisis de las palabras claves, donde se aplicó la metodología de Vigilancia Tecnológica para cada una de las palabras.

4. Inteligencia: Se determinó todo lo relacionado con lo último que está en propuesta de GPON, lo que se está innovando e investigado y lo que está evolucionando en la industria acerca del tema GPON.

5. Comunicación: A través de este artículo se quiere transmitir el resultado de lo más relevante y pertinente en cuanto a la investigación en GPON.

IV. RESULTADOS.

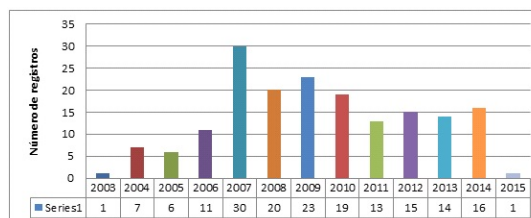
Con el fin de obtener una visión general sobre la actividad científica relacionada con la Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON o *Gigabit-capable Passive Optical Network*). Se propuso la siguiente ecuación: *TITLE-ABS-KEY ("gpon OR "gigabit capable passive optical network" OR "gigabit PON" *) AND DOCTYPE (ar) AND PUBYEAR > 1999*, de la cual se obtuvieron 176 artículos indexados en la base de datos de Scopus durante el período 2000 a la fecha.

■ Actividad Científica en “GPON Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON o *Gigabit-capable Passive Optical Network*)”

En cuanto a la dinámica científica en el tema se puede observar una tendencia que no es constante y que el mayor número de registros se generó en el año 2007 con 30 registros. Al siguiente año decayó y en el 2009 tuvo un leve crecimiento con 23 registros, y de ahí hasta el 2013 tuvo una tendencia decreciente. En el 2014 presenta 16, mostrando un leve crecimiento en el

número de registros. Y en lo que va transcurrido del año 2015, se presenta 1 solo registro indexado en la base de datos. (Ver figura 4).

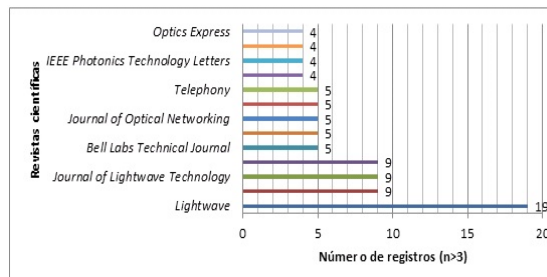
Figura 4. Dinámica de las publicaciones en el tema:



Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSExcel. Fecha de actualización 21/03/2015.

Las revistas científicas más importantes en las cuales se presentan publicados la mayor cantidad de artículos relacionados con el tema de la red GPON se presentan en la figura 5. La que más se destaca es *Lightwave* con 19 publicaciones, seguido de *IEEE communications magazine, journal of lightwave Technology*, y *journal of optical communications* con 9 publicaciones cada una.

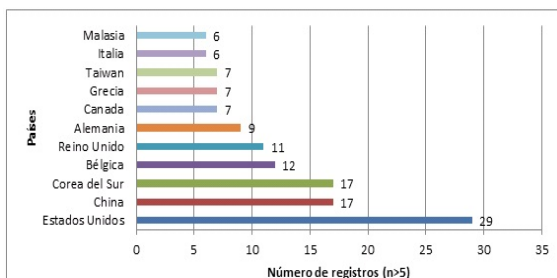
Figura 5. Distribución de los artículos por revistas científicas



Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSExcel. Fecha de actualización 21/03/2015.

En cuanto a la distribución de las publicaciones por países a nivel mundial, se encuentra que Estados Unidos es el país con mayor número de afiliaciones en el tema de “GPON*” con 29 trabajos, seguido de China y Corea del sur con 17 trabajos, y Bélgica con 12 trabajos. (Ver en la Figura 6).

Figura 6. Distribución de los artículos por países a nivel mundial

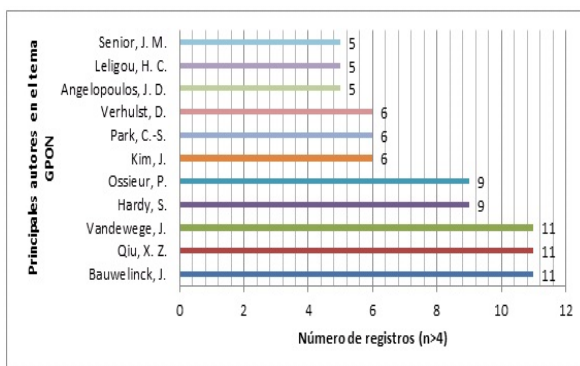


Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSExcel. Fecha de actualización 21/03/2015.

En cuanto a Latinoamérica solo se reportan publicaciones en Brasil (2) y Puerto Rico (1).

En cuanto los autores más importantes en esta temática se toman los que tienen más de 4 publicaciones en este tema. Entre los autores más relevantes se encuentran: *Bauwelinck, J. Qui, X.Z. y Vandewege, J.* con 11 publicaciones, *Hardy, S. y Ossieur, P.* con 9 artículos, *Kim, J.* con 6 artículos, entre otros. Ver en la Figura 7.

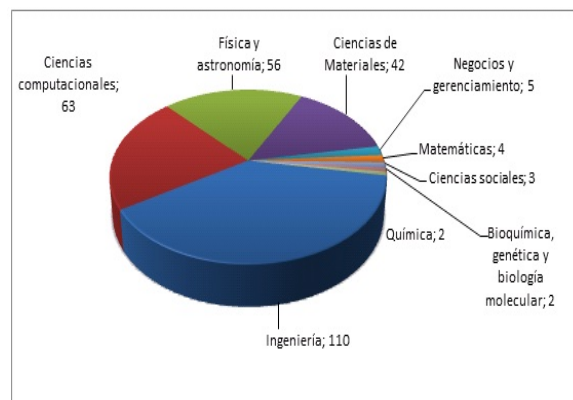
Figura 7. Distribución de artículos por autores



Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSExcel. Fecha de actualización 21/03/2015.

En cuanto al área de aplicación de los trabajos de investigación realizados en el tema "GPON" encuentran que el interés mayor se centra en las aplicaciones de ingeniería (110 artículos), ciencias computacionales (63 artículos), física y astronomía (56 artículos), y ciencia de los materiales (42 artículos). (Ver figura 8).

Figura 8. Áreas de conocimiento en las cuales se aplican las redes GPON



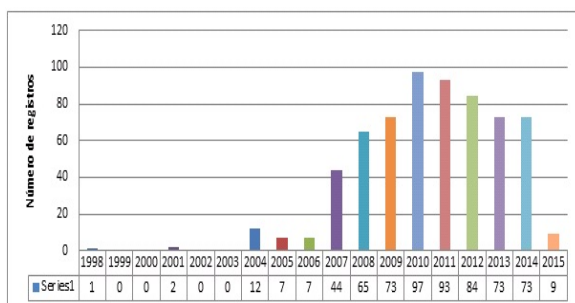
Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSExcel. Fecha de actualización 21/03/2015.

■ Actividad Inventiva (Patentes) en "GPON Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON o Gigabit-capable Passive Optical Network)"

Se estructuró la siguiente ecuación de búsqueda en la base de datos de patentes gratuita de *patentslens*: "(title:(*gpon* OR "*gigabit capable passive optical network*" OR "*gigabit PON*") || abstract:(*gpon* OR "*gigabit capable passive optical network*" OR "*gigabit PON*") || claims:(*gpon* OR "*gigabit capable passive optical network*" OR "*gigabit PON*") el período de consulta se estableció entre el 1980 y 2015. Se obtuvieron 640 patentes de las cuales 434 corresponden a familias de patentes.

La distribución del número de patentes por año se puede detallar en la Figura 9. Se observa que de 1998 al 2003 un nivel de interés muy bajo de los inventores del tema GPON, las patentes empiezan a darle importancia al tema en el año 2007 con 44 registros, toma una tendencia creciente hasta el año 2010 que fue el año con mayor número de patentes con 97 registro. Empieza una tendencia decreciente hasta el 2014, y en lo que va transcurrido del año 2015, se presenta 1 solo registro.

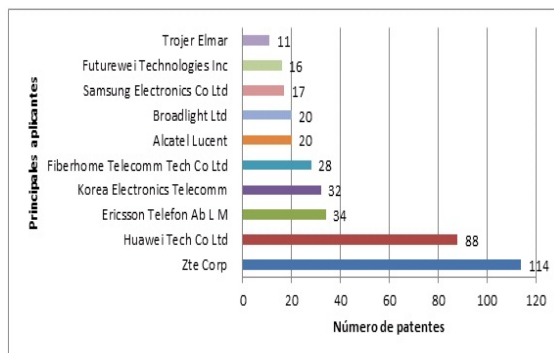
Figura 9. Dinámica inventiva de patentes por año



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 21/03/2015.

Dentro de los aplicantes más importantes de las patentes se encuentran *Zte Corp* (114), *HuaweiTech Co Ltd* (88), *Ericsson Telefon Ab L M* (34), *Korea Electronics Telecomm* (32) y entre otros, como se puede observar en la figura 10.

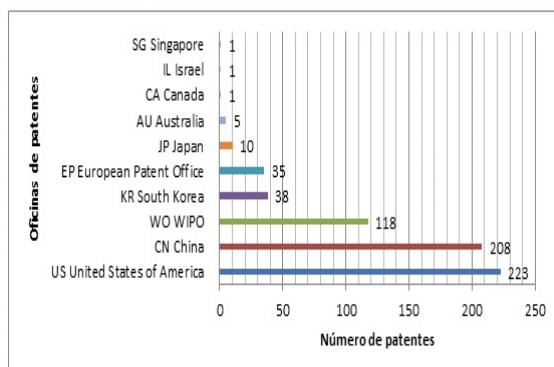
Figura 10. Principales aplicantes de patentes en GPON



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 21/03/2015.

Las oficinas de patentes en las cuales se encuentran registradas la mayor cantidad de invenciones es Estados Unidos (223), China (208), WIPO (118), Korea (38), entre otras. (Ver figura 11)

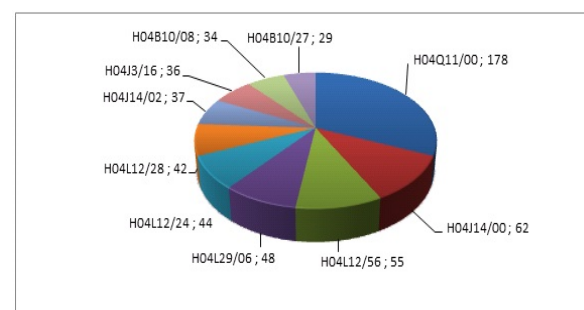
Figura 11. Distribución de patentes por oficinas de patentes



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 21/03/2015.

La clasificación IPC (Clasificación Internacional de Patentes) se presenta en la Figura 12. Se observa que la mayoría de las patentes se aplican en la sección H que comprende con la electricidad, la clase H04 relaciona las técnicas de comunicación eléctrica, la subclase H04L comprende la transmisión de información digital. El grupo H04Q11/00 178 registros, H04J14/00 62 registros, y H04L12/56 registra 56 patentes. Otros grupos se pueden observar en la Figura 12.

Figura 12. Distribución de patentes de acuerdo con el IPC



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 21/03/2015.

V. CONCLUSIONES

Se realizó investigación específica sobre un componente básico de las redes ópticas, como lo son las redes de acceso y se concluye que GPON presenta rápida adaptabilidad y funcionabilidad debido a un proceso de evolución de sus antecesores como APON, BPON y EPON, que en resumen combina varias características y su mejora.

Las redes de nueva generación basadas en fibra y en especial GPON, han acaparado la atención de los operadores, medios de comunicación y usuario por su velocidad de transmisión de datos

Se empleó la metodología de vigilancia tecnológica para determinar el estado del arte y las tendencias mundiales en la actividad científica e inventiva en las redes GPON. Se registraron 176 artículos y 640 patentes de las cuales 434 corresponden a familias de patentes.

Se debe tener en cuenta en GPON que su rápida adaptabilidad y funcionabilidad se debe a un proceso de evolución de sus

antecedentes como APON, BPON y EPON, que en resumen combinan varias características y su mejora.

Las redes de nueva generación basadas en fibra y en especial GPON, han acaparado la atención de los operadores, medios de comunicación y usuario por su velocidad de transmisión de datos y demás características, un ejemplo de estos usuarios son las compañías: *HuaweiTech Co Ltd, ZteCorp, Ericsson Telefon Ab L M, Korea Electronics Telecom, y Samsung Electronics Co Ltd.*, entre otras.

A nivel mundial los países que más investigan y patentan en el tema de redes ópticas son Estados Unidos, China y Japón. En el caso de Latinoamérica el país con el mayor número de artículos en el tema es Brasil.

Las áreas de conocimiento en las cuales se aplican GPON son: Ingeniería (110), Física y astronomía (56), Ciencias computacionales (63), entre otras. En cuanto a las patentes registradas en este tema se aplican en la sección H que comprende con la electricidad, la clase H04 relaciona las técnicas de comunicación eléctrica, la subclase H04J comprende la comunicación multiplex y el grupo H04J14/02 se relaciona con *Optical multiplex systems* (sistemas ópticos multiplex).

VI. AGRADECIMIENTOS.

La autora expresa al grupo UNITEL, adscrito a la Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Santo Tomás por su apoyo en la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

[1] QUISHPE, Alejandra y VINUEZA, Nuvia. 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). Trabajo de grado Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. 2010. 16 p.

[2] DEL RIO, Enrique. (27 de Mayo de 2013). Visita al Izarra Centre (Ermua): Un edificio con la ICT2. Proyecto Innovación sobre Fibra y Redes. (Dpto de Electronica IEFPS Tartanga). Recuperado de: <http://fibraoptica.blog.tartanga.net/2013/05/27/visita-al-izarra-centre-ermua-un-edificio-con-la-ict2-y-mucho-mas/>

[3] GUTIERREZ, Viviana. ESPINOSA, Diana. y HERNÁNDEZ, Cesar. Impacto y manifestación del uso de las redes GPON en Colombia frente a otras tecnologías. En: PC PDF. Mayo, 2011. Vol. 2, no. 1, p. 86-99.

[4] VALLEJOS, Reinaldo. ZAPATA, Alejandra. Y ARAVENA, Marco, "Fast and effective dimensioning algorithm for end-to-end optical burst switching networks with ON-OFF traffic model," in *Optical Network Design and Modeling*, 11th ed. Anonymous Berlin: Springer, 2007, pp. 378-387.

[5] P. W. SHUMATE, "Fiber-to-the-Home: 1977–2007," *Lightwave Technology, Journal of*, vol. 26, pp. 1093-1103, 2008.

[6] F. J. SÁNCHEZ SELLERO and M. CRUZ GONZÁLEZ, "Desarrollo de Sistemas de Vigilancia Tecnológica en la Acuicultura Española," *Journal of Technology Management & Innovation*, vol. 7, pp. 214-226, 2012.

[7] HINCAPIE, Juan. BEDOYA, Mauricio. Y SANCHEZ, Elkin. Desarrollo de un modelo para la prestación de servicios de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva para el fomento de la innovación en el ámbito empresarial. 2006. 3 p.

[8] SPINAK, Ernesto. Indicadores cuantitativos. En: [Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas online]. Acimed, 2001. vol. 9, no. 1. p. 16-18. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352001000400007&lng=es&nrm=iso

[9] SPINAK, Ernesto. Indicadores cuantitativos. En: [online], 1998. vol. 27, no. 2. p. 141-148. Recuperado de: <http://www.scielo.br/pdf/ci/v27n2/spinak.pdf>