

**CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS Y DE DISEÑO PARA LAS  
ESPECIALIDADES DE TELEMEDICINA EN EL HOSPITAL DE TAURAMENA****METHODOLOGY AND DESIGN CONSIDERATIONS FOR TELEMEDICINE  
SPECIALTIES IN THE TAURAMENA HOSPITAL**

**MSc. Luis Gabriel Noreña Trigos.**

**Fundación Universitaria de San Gil**, Facultad de Ingenierías.  
Calle 7 No. 20 -63, Yopal, Casanare, Colombia.  
Tel.: (+578) 634 1700 - (+578) 6348014 - (+578) 632 4535.  
E-mail: lnorena@unisangil.edu.co

**Resumen:** Las redes de alto desempeño permiten la prestación de los servicios de Telemedicina manera remota. Cada servicio demanda ciertos requerimientos de red para su correcto funcionamiento. En la actualidad, el hospital de Tauramena no cuenta con una red de acceso adecuada para los tráficos que se requieren, por esta razón, se propone el diseño de una red óptica para servicios de telemedicina entre un central del hospital de Yopal y el hospital de Tauramena. Dentro de la propuesta de red de telemedicina se evalúa el rendimiento de acuerdo a los requerimientos de las aplicaciones de los servicios escogidos previamente basados en la propuesta metodológica. Finalmente, se compara el rendimiento de la red óptica, con los valores establecidos por las normas y estándares internacionales

**Palabras clave:** Telemedicina, Ingeniería de Trafico, Calidad de Servicios QoS, Morbilidad, PACS.

**Abstract:** The high performance networks enable the delivery of telemedicine services remotely. Each service demand certain network requirements for proper operation. Currently, the hospital does not have a Tauramena appropriate access to network traffic required for this reason, the design of an optical network for telemedicine services between a central Yopal Hospital to local Tauramena Hospital. Within the proposed telemedicine network performance according to the application requirements of the services previously chosen based on the proposed methodology is evaluated. Finally, the performance of the optical network compared with the values set by international norms and standards.

**Keywords:** Telemedicine, Traffic Engineering, Quality of Service (QoS), Morbidity, PACS

## 1. INTRODUCCIÓN

Los proyectos de Telemedicina en Colombia han sido formulados para modificar la asistencia médica por medio de la incorporación de nuevas tecnologías, donde la meta principal ha sido demostrar beneficios cuantificables en atención a la

salud. Uno de los mayores argumentos a favor del uso de la telemedicina es la capacidad de reducir los costos en la atención. Si bien existen estudios en diferentes especialidades en los que esto pareciera ser cierto (Armstrong, 2007), (Bérgamo, 2009) varias revisiones sistemáticas de la literatura al respecto han expuesto que las dificultades que se

presentan al momento de generalizar los resultados obtenidos y el hecho que gran parte de las evaluaciones económicas y de costo-efectividad tengan fallas metodológicas les impiden llegar a una conclusión definitiva (Bérgamo, 2009; Doolittle, 2005).

Se plantea entonces la necesidad de dar primero un enfoque estratégico al problema de salud, que permita establecer una telemedicina que logre ser eficiente y tenga una relación costo beneficio mayor que la prestación del servicio de medicina tradicional.

En una etapa final realizar el análisis financiero, costo-beneficio, costo efectividad basados en los aspectos legales y jurídicos que implican la implementación de telemedicina en Colombia. De esta manera se busca escalar la dificultad que se ha presentado en algunos proyectos de Telemedicina desarrollados anteriormente en otros departamentos, donde evidentemente se obtiene una herramienta tecnológica, pero los resultados finales no demuestran una ventaja plausible frente al servicio de medicina tradicional.

## 2. PROBLEMÁTICA

El hospital local de Tauramena catalogado como hospital de primer nivel, es una institución que cuenta con servicios de laboratorio bacteriológico, ginecología y pediatría, servicios considerados de segundo nivel. (Plan integral de desarrollo Tauramena 2012-2015).

Los eventos que requieren atención especializada, son referidos desde el municipio a centros asistenciales de niveles de alta complejidad en el departamento de Casanare o del Meta. La demanda de servicios de los niveles 2, 3 y 4 es remitida en un 100% a Yopal, Villavicencio y Bogotá; las remisiones son principalmente por trauma, atención del Parto complicado, medicina especializada, ayudas diagnósticas de otro nivel y atención de urgencias complicadas. Consulta externa y de urgencias están saturados, pues exceden la capacidad operativa del hospital, ocasionando insatisfacción en los usuarios, los Indicadores evidencian tiempos de espera para acceso a la consulta externa hasta de 10 días, y de 1,36 horas para la atención de urgencias, debido en gran parte a la falta de cultura en el uso de los servicios de salud y al bajo impacto de los programas de promoción y prevención.

Dentro de las enfermedades crónicas de origen cardiovascular (61%), la hipertensión arterial es la más representativa correspondiendo al 96% de los eventos, seguida de las secuelas de evento cerebro vascular e insuficiencia cardíaca congestiva con el 1.6% respectivamente. Por su parte la diabetes en orden de frecuencia ocupa el segundo lugar respecto a enfermedades crónicas, siendo responsable del 11% de la carga por enfermedad crónica. Es aquí donde la Tele-cardiología jugaría un papel importante en el apoyo a la atención médica de estos pacientes.

Generalmente no se recibe contra - referencia de los pacientes remitidos del municipio a otras instituciones y se presentan dificultades en el acceso a la prestación de los servicios de mediana y alta complejidad. En la figura 1 se muestra un planteamiento de la telemedicina como solución al problema de las remisiones entre los niveles de baja complejidad a los niveles de alta complejidad.



Fig. 1. Telemedicina como Interconsulta.

Fuente: El autor.

## 3. METODOLOGÍA

Apoyados en los requerimientos funcionales que arrojan los estudios previos, se formulan unos servicios enmarcados en el campo de la telemedicina, que se espera sean efectivos en la mejora de las interconsultas y por consiguiente en la eficacia de la atención del hospital.

Es claro que se deben considerar una serie de requerimientos tecnológicos como: que diseño será el más indicado para conectar con el centro de referencia pensado como un enlace WAN , así mismo cual será el diseño más apropiado en cuanto a la red LAN del centro de referencia y el centro remitiorio.

Otros de los retos de la presente investigación será proveer las facilidades para la transmisión de esa información, lo que conlleva que es necesario un análisis previo de la infraestructura tecnológica actual y la propuesta tecnológica ideal para cumplir con esos objetivos.

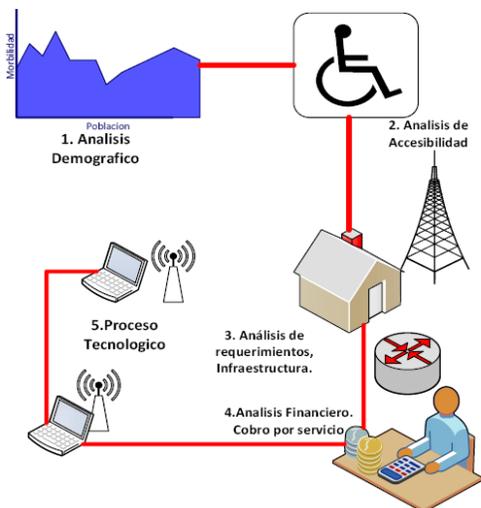


Fig. 2. Metodología propuesta

Fuente: El autor.

En la figura 2 se sintetiza la metodología propuesta que abarca cuatro niveles para llegar a la implementación tecnológica final. En la fase de análisis de requerimientos se tendrá que trabajar con PACS de imágenes que requieren un ancho de banda mayor comparado con el tráfico de datos de la red administrativa.

El sistema de Tele-radiología basado en los PACS consistiría de una sección de adquisición de imágenes y una sección de visualización ubicada en un consultorio para ser enviada al centro de referencia para su interpretación. Para elegir el medio de comunicación para los sistemas de Tele-radiología se debe pensar en un compromiso entre ancho de banda y el peso de las imágenes, así como el número de casos a ser enviados, tamaño promedio de los archivos y picos de la actividad, para lograr la calidad de servicio (QoS) deseada. En general, una gran mayoría de los Hospitales pertenecientes a los municipios de los Departamentos poseen equipos de rayos X y algunos solo manipulan placas fijas.

Lo importante de este servicio radica en que la gran mayoría de los Hospitales tienen técnico en radiología, pero no hay médico radiólogo, lo cual hace fundamental el servicio de lectura de placas a través del Sistema de referencia que se proyecta ser ubicado en la ciudad de Yopal. Para el caso de la Tele-cardiología se requiere de un equipo portátil, que recibe la señal eléctrica cardiaca, y la estabiliza, amplía y transforma para poderla transmitir al equipo médico, evitando así el desplazamiento del paciente hasta el centro de asistencia sanitaria. Los especialistas reciben los datos, los interpretan e informan, ofreciendo apoyo

cardiológico si fuera necesario al personal médico. Está indicada como medio diagnóstico en la especialidad de cardiología en trastornos del ritmo, enfermedad pulmonar, cardiopatía hipertensiva, crecimiento de cavidades, síndrome de pre-excitación, trastornos de conducción eléctrica, cardiopatía isquémica, seguimiento de portadores de marcapasos artificiales, miocardiopatías y enfermedades del pericardio, tratamiento ambulatorio (fundamentalmente de arritmias) y discriminar la necesidad o no de evacuación de un paciente con síntomas cardiológicos o su interconsulta a la ciudad de Yopal.

En el proceso de la Tele-Pediatria el objetivo principal será la transmisión de la información sobre la salud del infante desde un consultorio del hospital debidamente conectado a una red de telecomunicaciones, para efectuar consultas, evaluaciones, diagnósticos y tratamientos por parte del especialista asegurando QoS. De esta forma se plantea la posibilidad de obtener respuestas rápidas a las consultas y de esta forma descongestionar de gran manera las remisiones. Las consultas pediátricas se reciben por video conferencia de forma inmediata. La Tele-Obstetricia permite al personal médico de hospitales de primer nivel conocer el comportamiento de la gestación de los pacientes y los cuidados que estos deben tener antes, durante y después del parto, siguiendo las indicaciones del obstetra por medio de un enlace virtual con entidades especializadas. Adicionalmente, la incorporación de CTG (*Non-Stress Cardiotocography*) para el control de la condición fetal ha involucrado el envío de imágenes de ultrasonido en el desarrollo de nuevas aplicaciones en Tele-obstetricia (Torok, 1999). Esta área ha sido de gran uso en Europa oriental y Estados Unidos en la reducción de la morbilidad y mortalidad prenatal debido a nacimientos prematuros y muertes fetales (Chaudhry, 2006).

#### 4. TOPOLOGÍAS DE RED

Es pertinente precisar que en materia de distribución de costos la situación varía por el hecho de que intervenga en este proceso particular de prestación un tercero distinto de la institución remitora y del centro de referencia. Ver figura 4. Es decir, será diferente el manejo, por lo menos en términos económicos y administrativos, si se elige una topología de red en estrella para la realización de la Telemedicina; así, por el contrario, se utiliza un modelo de arquitectura de red de conexión abierta.

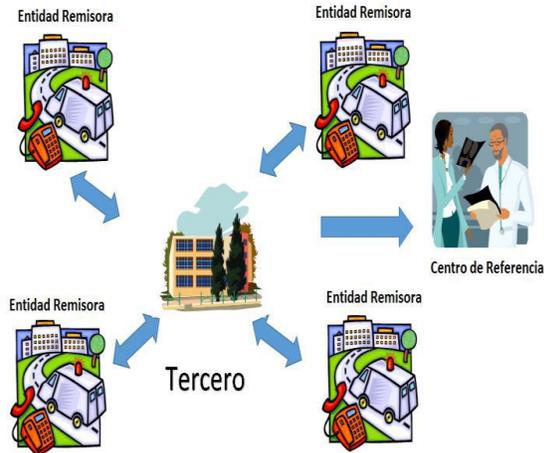


Fig. 3. Modelo Tercerizado.  
Fuente: El autor.

Lo anterior, obedece a que ese tercero, llámesele intermediario, nodo central o simplemente administrador de la red, tiene una expectativa legítima de ganancia en la medida en que está brindando un apoyo de tipo técnico al proceso de asistencia médica bajo la modalidad de Telemedicina.

Valga aclarar que si bien dicho ente no actúa como prestador directo o indirecto del servicio de salud en alguno de los componentes de promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación, sí desarrolla un papel esencial como intermediario para la conexión de la oferta y la demanda del servicio de salud requerido y como centro de referencia y contra-referencia dentro de la red de prestadores de servicios de salud (Millan, 2006).

Así las cosas, si la red funciona sin la intervención de un nodo central o administrador (ver figuras 3 y 4), como en el modelo de conexión abierta, será cada nodo entendiéndose por tal, la Institución Prestadora de Servicios de Salud pública o privada— el encargado de conectarse en forma independiente con otro, de acuerdo con las necesidades que demande.

Por tal razón, no será necesario presupuestar dentro de los costos de implementación de la Telemedicina el pago a dicho ente por la realización de los servicios referidos, pues éstos serán asumidos directamente por el prestado.

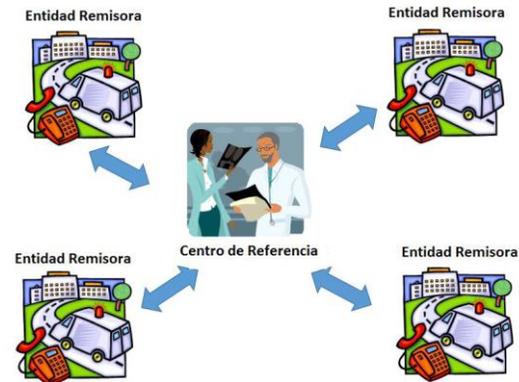


Fig. 4. Modelo centralizado.

Fuente: El autor.

## 5. DISCUSIÓN

Como parte de la metodología propuesta se encuentra lo correspondiente al análisis de QoS. Basados en técnicas de ingeniería de tráfico aplicadas a la infraestructura actual se desea tener una base estructurada en cuanto al problema tecnológico y su posterior panorama de solución. Algunas herramientas de simulación, como NS2 y OPNET, han sido empleadas para el modelamiento de redes de telemedicina, con el fin de evaluar el rendimiento de determinadas aplicaciones en el uso de nuevos modelos y arquitecturas en redes.

El desarrollo de ciertos trabajos se ha basado en la optimización de redes existentes mediante la aplicación de diseños de arquitecturas alternas a las usadas actualmente, como las arquitecturas por capas (Putra, Supriyanto, 2009; Singh, Rahman, Tapan, Abu y Bashar, 2012), mientras que otros se han basado en la integración de redes existentes de telemedicina con nuevas tecnologías, para garantizar y mejorar la calidad de los servicios de telemedicina (Qiao, 2005; Husni, 2006). En ambos tipos de trabajos se han empleado herramientas de simulación de redes para evaluar el desempeño de los nuevos modelos de telemedicina.

Los resultados han permitido conocer qué tipo de tecnologías se adaptan mejor a los servicios de telemedicina y permiten ofrecer parámetros de calidad de servicio adecuados para asegurar la prestación de los servicios sin sacrificar la salud de los pacientes. OPNET facilita la revisión de los criterios de *Quality of Service*, para adecuar los requisitos particulares de cada aplicación o especialidad de Telemedicina en función de los recursos tecnológicos disponibles (arquitectura actual) y de los distintos escenarios de estudio (arquitecturas propuestas).

*Tabla 1: Parámetros QoS.**Fuente: El autor.*

Parámetro Qos	Significado	Ejemplo:
Disponibilidad	Tiempo mínimo que el operador asegura que la Red de telemedicina estará en funcionamiento.	90%.
Ancho de banda	Indica el ancho de banda mínimo Utilizado por el operador de telemedicina en la red	2 Mbps.
Perdida de paquetes	Máximo de paquetes perdidos	0.1%.
Roun Trip delay	Retardo de ida y vuelta medio de los paquetes	80ms.
Jitter	La fluctuación que se puede producir en el retardo de ida y vuelta media.	(+/-) 20ms.

Eso se traduce en caracterizar dichos servicios desde todos los ángulos de interés que propone la teoría de la Ingeniería de tráfico (ver tabla 1) evaluarlos en las condiciones más restrictivas, y proponer modelos que permitan optimizar sus prestaciones y rendimiento global. Analizar las comunicaciones hospitalarias, caracterizando las aplicaciones médicas que intervienen en la rutina clínica y en los nuevos servicios basados en telemedicina. Dentro de la propuesta metodológica entonces se plantea realizar un análisis desde el punto de vista de la ingeniería siguiendo una secuencia como la siguiente:

1. Definir cuáles serían los modelos específicos de tráfico de aplicación y tecnologías de comunicación asociados al tema concreto de telemedicina.
2. Definir los requisitos de QoS, específicos para servicios de telemedicina, desde el Punto de vista de la capa de aplicación y de la capa de red.
3. Especificar los escenarios de estudio (Centro de referencia y centro de remisión) y definir los casos de uso (personal médico, usuarios, operadores) más significativos describiendo sus parámetros asociados.

4. Diseñar una metodología de evaluación técnica de QoS, que integre entornos de medidas experimentales y de simulación, e implementar dicha metodología en OPNET.
5. Contribuir con un método de control de QoS en función de los recursos disponibles. El nivel más alto de ingeniería se aplicara en los consecuentes análisis de control de QoS que entreguen un nivel alto en la prestación de los servicios de telemedicina

El esquema propuesto incluye dividir las redes de telemedicina en los que respecta al tráfico de teleconsulta que incluye envío de historias clínicas, y video conferencias, del tráfico de alto ancho de banda producido por el intercambio de imágenes digitalizadas. Es de considerar, que la red actual ADSL debería seguir cumpliendo su función de cubrir con los requerimientos mínimos de tráfico administrativo que se necesitan en un Hospital.

## 6. CONCLUSIONES

En esta investigación, se ha planteado una propuesta metodológica basada en el estudio de unos requerimientos iniciales ; que van desde el complejo análisis poblacional para ubicar pertinencia y oportunidad de los servicios, hasta la propuesta de una arquitectura óptica concebida como la última fase de aplicación de una tecnología, la cual se espera pueda cumplir con los requerimientos de calidad de servicio de los servicios, como lo son: PACS de imágenes y los respectivos servicios de teleconsulta que incluyen video conferencia.

Es importante resaltar la evaluación de una red óptica sobre estos dos puntos, permitiendo ver una aproximación del comportamiento de la misma para pensar en una implementación real, y ver las ventajas de una red óptica sobre una red convencional.

La Telemedicina no puede ser pensada como la solución final y el reemplazo a la medicina tradicional, se propone entonces que sea manejada como una fuerte herramienta de apoyo que beneficia al personal médico para así alcanzar a cubrir un número mayor de población en cuanto a la atención sanitaria y que su eventual implementación sea cuidadosamente diseñada siguiendo una metodología similar a la propuesta en esta investigación.

En cualquier proyecto de Telemedicina deberá realizarse un estudio previo donde se examinen datos demográficos y datos de morbilidad, Se debe contar con la asesoría de personal entrenado en áreas de la salud que facilite la interpretación de los antecedentes, lo anterior será necesario para demostrar la pertinencia y oportunidad de los servicios más indicados para la población.

La evaluación de los proyectos de Telemedicina, antes de su implementación, será de vital importancia, y de esta forma se asegura el éxito del desarrollo en varios aspectos como: pertinencia, efectividad, eficiencia, utilidad y sostenibilidad del sistema, todo encaminado a descubrir las falencias para poder corregirlas.

Su implementación en el rediseño de servicios permite la reducción de costes y demanda en el sistema sanitario, además de mejorar la calidad de vida de los pacientes. Finalmente luego de una serie de estudios previos que llevarán tiempo y recursos, se debe pensar en la plataforma tecnológica, no sin antes examinar minuciosamente el tema, soportados en la ingeniería de tráfico, para esto se dispone de una serie de factores de análisis enmarcados dentro de la Calidad de servicios QoS, análisis que solo se podrán ejecutar haciendo uso de herramientas de alto procesamiento como lo es la herramienta software OPNET MODELER.

Como conclusión final se comparte la premisa emitida por la OMS en 2000 que afirma: que el fracaso de los proyectos de telemedicina se atribuye a que su desarrollo se habría centrado más en las plataformas tecnológicas, que en las necesidades concretas del personal de salud

## REFERENCIAS

- Tauramena (2012). Plan Integral de Desarrollo Tauramena 2012-2015.
- Armstrong A.W., Dorer D. J., Lugn N. E., Kvedar J. C. (2007). Economic Evaluation of interactive teledermatology compared with conventional care, *Telemed J E Health*, Apr.
- Bérgamo, T. S. (2009). Can Economic Evaluation in telemedicine be trusted? A Sistematic review of the literature. *Cost Eff. Resour Alloc.*
- Doolittle O. C., Whitten P. (2005). An empirical chart analisys of the suitability of Telemedicine for hospital visits. *Telemed J E Health*.
- Torok, M., Turi, Z., Kovacs, F. (1999). Clinical Experience with Telemedicine in prenatal Carein Hungary. *Telemed Telecare*.
- Chaudhry, S. I., Mattera, J. A., Curtis, J. P. (2010). Telemonitoring in patients with heart failure. *N Engl J Med*.
- De la Torre, I. (2013). "EHR systems in the Spanish public health national system: the lack of interoperability between primary and specialty care," *Journal of Medical Systems*, Jan.
- Wynchank S. and Van Dyk L. (2011). A decision support tool for telemedicine project management. "Prove your Hypothesis": Telemedicine and eHealth in South Africa; September.
- Millan, C. (2006). Algunos Problemas Jurídicos derivados de la implementación de la telemedicina en Colombia como modalidad alternativa de prestación del servicio público de salud .*Revista Facultad de Derecho y Ciencias Políticas*.
- Putra, E., Supriyanto, E., Din, J. y Satria, H. (2009). Cross Layer Design of Wireless LAN for Telemedicine Application, *Proceedings of the Third Asia International Conference on Modelling & Simulation*. Bandung, Indonesia, May.
- Singh, B., Rahman, M., Tapan, K., Abu, L. and Bashar, M. (2010). "Channel Based Simulation and Analysis of IEEE802.16 (WiMAX) - 2004I W MAN-OFDM Physical Layer for BWA to Support Telemedicine", in *International Conference on Complex Medical Engineering (CME)*.
- Qiao L. and Koutsakis, P. (2005). "Fair and Efficient Scheduling for Telemedicine Traffic Transmission over Wireless Cellular Networks", *IEEE 69th Vehicular Technology Conference, VTC 2009, Barcelona, Spain*, April.
- Husni, E., Heryadi, Y., Woon, W., Arifianto, M., Viswacheda, D. and Barukang, L. (2006). "Mobile ad hoc network and mobile IP for future mobile telemedicine system", in *International Conference on Wireless and Optical Communications Networks, 2006 IFIP*, Bangalore, India, April.