

Implantación y evaluación de un servicio de tele-electroencefalografía en tiempo real

N. Lasierra¹, C. Campos², E. Caudevilla³, A. Alesanco¹, J. Fernández¹, G. Palacios³, J. García¹

¹ GTC. I3A. Universidad de Zaragoza, España, {nelia.lasierra,alesanco,navajas,jogarmo}@unizar.es

² Sección de Neurofisiología. Hospital San Pedro, Logroño, España, mccampos@riojasalud.es

³ Fundación Hospital de Calahorra, España, {emcaudevilla, gpalacios}@fhcalahorra.com

Resumen

En este artículo se presenta el desarrollo e implantación de un nuevo servicio de Tele-EEG entre la Fundación Hospital de Calahorra (FHC) y el Hospital San Pedro de Logroño, así como la valoración del impacto ocasionado sobre pacientes, personal sanitario y los centros implicados. Este sistema permite que un neurofisiólogo desde Logroño controle y supervise en tiempo real la prueba de vídeo EEG que se realiza a los pacientes en la FHC. La implantación de este nuevo servicio está siendo valorada de forma muy positiva, ya que el sistema de tele-EEG permite proporcionar los mismos resultados diagnósticos mejorando el acceso a la prestación de este servicio, de forma que se reducen los costes en desplazamientos y el tiempo total dedicado para la realización de la prueba.

1. Introducción

La electroencefalografía (EEG) es una exploración neurofisiológica no invasiva que permite el registro de la actividad eléctrica cerebral en condiciones de reposo o sueño y durante distintas activaciones como la estimulación luminosa intermitente o situaciones de hiperpnea. El registro de la señal electroencefalográfica es una prueba de gran interés para el diagnóstico de importantes enfermedades, como la epilepsia o cualquier fenómeno que altere la conciencia. Esta es además, una técnica utilizada en diversas especialidades sanitarias como la neurología, la medicina interna y la pediatría. A pesar de ser una prueba ampliamente demandada y de uso rutinario, este servicio no está disponible en muchos centros sanitarios, lo que dificulta y retarda en muchas ocasiones para los pacientes el acceso a este tipo de atención sanitaria. De esta manera, la implantación de un sistema de telemedicina aplicado al registro y envío de señales electroencefalográficas en tiempo real, se presenta como una solución atractiva para permitir a los pacientes una mayor accesibilidad a un servicio de estas características.

A pesar de no estar muy extendido todavía el uso de sistemas de telemedicina para la transmisión del EEG, la primera experiencia de tele-EEG tuvo lugar el año 1974. En dicha experiencia realizada en Canadá, se transmitieron 8 canales (correspondientes a 8 electrodos

de adquisición de EEG) sobre una línea telefónica. Durante estos últimos años se han sucedido similares experiencias y estudios [1] (algunos de los más destacados en Finlandia [2]) en los que se analiza, entre otros, el envío de la señal del EEG en tiempo real sobre diferentes líneas de transmisión. Puesto que esta es, sin duda, la aplicación del sistema más interesante para la supervisión del registro de señales electroencefalográficas (aunque también se utiliza la transmisión de señales de EEG en modo *store and forward* para revisión de pruebas) será necesario disponer de los recursos suficientes para que el servicio funcione correctamente.

Actualmente, en la Fundación Hospital de Calahorra no existe un neurofisiólogo en plantilla encargado de realizar y supervisar una prueba de estas características. Por ello, todos los pacientes que antes necesitaban una eran derivados al hospital San Pedro de Logroño. Con el objetivo de ofrecer a los pacientes un mejor servicio sanitario que evite costes en desplazamientos y permita disminuir el tiempo invertido en la realización de la prueba, se ha llevado a cabo la implantación de un sistema de telemedicina aplicado al registro de la señal del EEG entre los dos centros sanitarios citados.

2. Descripción del Sistema

El sistema implantado consta de tres bloques (ver figura 1). El primer bloque (equipo de adquisición de datos que permite el registro de la señal del EEG así como la grabación del vídeo ambiente) y el segundo (estación de lectura en la que se encuentra la aplicación tecnológica que permite al especialista el tratamiento y visualización de los datos adquiridos) están situados en la Fundación Hospital de Calahorra. El tercero, es el PC del neurofisiólogo encargado de supervisar en tiempo real la prueba y que controla de forma remota la estación de lectura, y por tanto, se encuentra en Logroño.

El equipo escogido para la de adquisición de datos es el electroencefalógrafo digital *NicoletOne cEEG Module* de la empresa Viasys. El software del equipo además de realizar la adquisición de datos (señal del EEG y vídeo

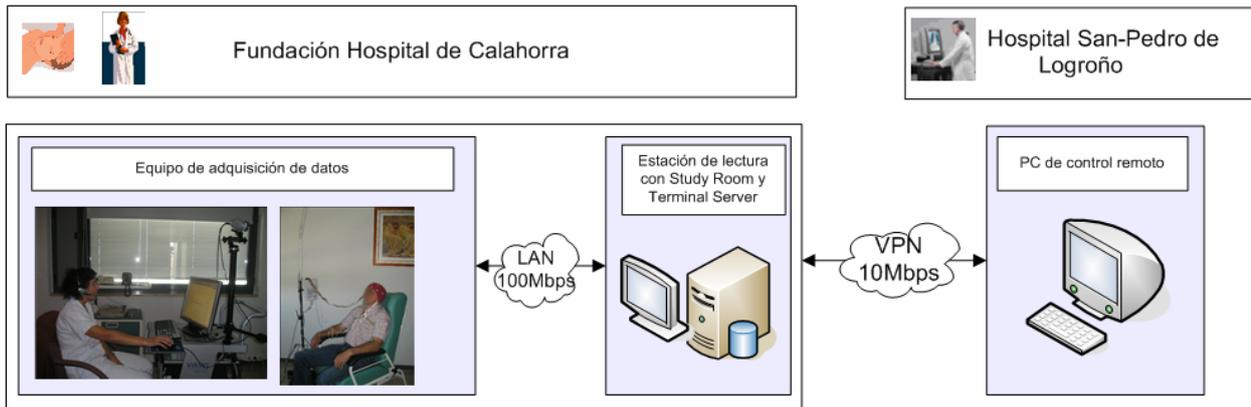


Figura 1. Esquema general del sistema de tele-EEG

ambiente), permite realizar medidas de frecuencias y amplitudes sobre las señales del EEG adquiridas, aplicar filtros para limpiar la señal, visualizar diferentes montajes, marcar los distintos eventos ocurridos (como que el paciente abra y cierre los ojos) e incluso, dispone de una aplicación que permite al neurofisiólogo desde Logroño supervisar la conexión de los electrodos (ya que se le informa de la cantidad de señal que llega a cada uno de ellos y de si es o no la adecuada). De esta forma, se garantiza totalmente la correcta realización de la prueba.

El segundo bloque del sistema es una estación de lectura en la que se instala la aplicación *Study Room* de Viasys y el Terminal Server 2002 para conseguir conectividad tanto con el equipo de adquisición de datos como con el tercer bloque que completa el sistema utilizado. La estación lectora se conecta al equipo de adquisición de datos gracias a la utilización de un cable de red, ya que ambos equipos disponen de un interfaz Ethernet que permite su conexión a la red LAN (100 Mbps) disponible en el Hospital. Este segundo bloque del sistema amplía las funcionalidades del equipo escogido proporcionando un entorno de administración para almacenar (puesto que cuenta con dos discos de 200Gb de capacidad lo que permite además de guardar las pruebas disponer de un sistema de backups) y revisar las pruebas realizadas a los pacientes. De forma simultánea a la adquisición de datos, el neurofisiólogo supervisa la prueba conectándose de forma remota a través del Terminal Server a la estación de lectura situada en la FHC. Una vez realizada la prueba, ésta se transfiere al servidor de almacenamiento de pruebas de EEGs de la FHC y se puede tener acceso a la misma desde el Hospital San Pedro de Logroño utilizando las conexiones de red ya existentes (líneas ADSL de banda ancha 10 Mbps) y utilizadas para la revisión de la prueba en tiempo real.

2.1. Adquisición y transmisión de datos

Los pacientes son citados en la FHC para realizar la prueba, donde una enfermera (que ha recibido un curso de formación acerca del registro de EEG en Logroño) se encarga de preparar los equipos, preparar al paciente (conexión del gorro que estos deben llevar con los electrodos que permiten el registro de la señal al

dispositivo de adquisición de datos) y realizar la prueba siguiendo las indicaciones del neurofisiólogo. Terminada la preparación de equipos y paciente, la enfermera realiza una conexión telefónica con el especialista que no finalizará hasta terminar la prueba de forma completa. De esta forma, se aumenta la interacción entre ambos profesionales y se permite una rápida actuación en casos de alarma.

2.2. Visualización de resultados

Gracias a la utilización del Terminal Server, el neurofisiólogo se conecta de forma remota a la estación de lectura. La figura 2 muestra la pantalla de visualización que el neurofisiólogo tiene en su PC. Además de visualizar el montaje que se ha seleccionado, se muestra el ECG (de gran utilidad para casos de infartos) y la señal del vídeo ambiente. Es importante que la recepción del registro del EEG y el vídeo sea de forma sincronizada y en tiempo real, ya que la información extraída de ambos permitirá al neurofisiólogo advertir e informar de crisis para que la enfermera reaccione de la forma adecuada.

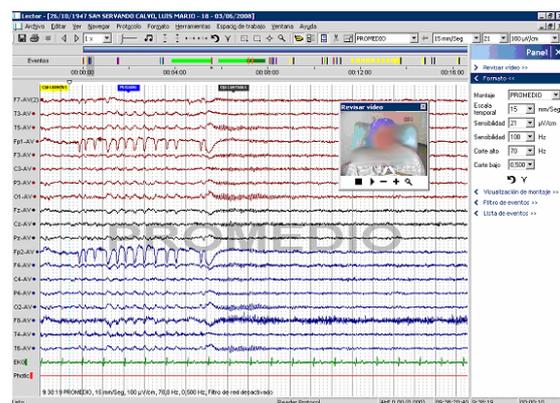


Figura 2. Pantalla de la aplicación Study Room

3. Evaluación del sistema

La evaluación del sistema de tele-EEG tiene como objetivo obtener indicadores de la calidad y acceso al diagnóstico, aceptabilidad del sistema, análisis de costes y tiempo empleado, calidad y efectividad técnica del

equipo, así como determinar los cambios organizativos necesarios, con el fin de conseguir resultados que respalden la adopción de este servicio de forma permanente [3]. Esta evaluación se ha dividido en dos fases: fase 1: evaluación técnica y fase 2: evaluación del impacto ocasionado en pacientes, profesionales y centros sanitarios. Durante la primera fase se evaluó la viabilidad técnica del sistema mediante un estudio de los recursos disponibles y necesarios para la puesta en marcha del servicio. Aunque en esta primera fase se han obtenido resultados satisfactorios, datos técnicos son recogidos en cada conexión para poder ofrecer evaluaciones de efectividad día a día. Para la segunda fase de evaluación se han diseñado unos cuestionarios de opinión general destinados a pacientes y profesionales sanitarios, en las que se pregunta a ambos por la valoración del sistema, grado de comodidad y la opinión general acerca del servicio. En los cuestionarios destinados a pacientes, se incluyen unas preguntas relativas al tiempo invertido, modo de desplazamiento y costes ocasionados que permitirán obtener una comparativa de estos aspectos con la utilización del servicio de tele-EEG respecto al convencional. El objetivo de la misma es mostrar de forma clara los beneficios obtenidos para los pacientes con la implantación del nuevo servicio. De la misma forma, en los cuestionarios destinados a los profesionales sanitarios se incluyen preguntas adicionales, acerca de la seguridad del sistema, calidad de las pruebas, cambios organizativos que ha implicado la implantación del nuevo servicio y facilidad de acceso al servicio sanitario que se ofrece con el sistema de telemedicina.

Además se han diseñado unas fichas de consulta (diferentes para ambos facultativos) que permitirán realizar un seguimiento más detallado de la efectividad técnica del sistema. En estas fichas se contemplan, entre otros, aspectos como el grado de sincronización entre el vídeo ambiente y el EEG, la calidad obtenida de los registros, el tiempo invertido en la realización de la prueba o el número de incidencias técnicas ocurridas durante la realización de la prueba.

4. Resultados y discusión

Actualmente se encuentran participando en la evaluación del sistema una enfermera de la FHC y una neurofisióloga del Hospital San Pedro de Logroño. Ambas consideran que el sistema es fácil de usar, intuitivo, que permite una interacción muy buena y que sobre todo, la utilización de este sistema mejora para los pacientes el acceso a este tipo de atención sanitaria. Desde la puesta en marcha del sistema han transcurrido aproximadamente dos meses y se han realizado 20 consultas de tele-EEG, obteniendo como consecuencia de su evaluación los resultados de efectividad técnica, aceptabilidad y análisis económico que se exponen a continuación. A pesar de que se ha podido establecer la conexión el 100% de las veces, siendo siempre menor a 2 el número de intentos realizados y de poder ofrecer siempre un diagnóstico con el sistema, se producen pequeños fallos técnicos en la utilización diaria del

mismo, debidos en su mayoría al estado de la red de comunicaciones. En las figuras 3 y 4 se muestran resultados acerca de la efectividad técnica del sistema. Puesto que estos resultados son muy preliminares, se reflejan algunos fallos técnicos (que en su mayoría se corresponden con las primeras consultas realizadas), que día a día se ven reducidos gracias a la introducción de pequeñas modificaciones que favorecen su continua mejora. En el primer gráfico se representa el porcentaje de incidencias técnicas ocurridas durante la realización de las pruebas. Estas incidencias hacen referencia a problemas al iniciar la conexión, y errores en general producidos durante la realización de la prueba (como falta de sincronización entre el vídeo ambiente y el EEG o que la transmisión no sea en tiempo real). En la figura 4 se representa el porcentaje del funcionamiento en tiempo real tanto del EEG como del vídeo ambiente, detallando el porcentaje de casos en los que se produjo un retardo mínimo inferior a 1 minuto que no afectó en la realización de la prueba y aquellos que, con un retardo importante (superior a 1 minuto) obligaron a reiniciar la aplicación. Puesto que a pesar de las incidencias técnicas ocurridas durante la realización de la prueba, siempre se ha podido valorar de forma clara y segura al paciente, se podría afirmar, que la calidad diagnóstica que se ofrece con el sistema de tele-EEG es robusta frente a los problemas técnicos ocurridos.

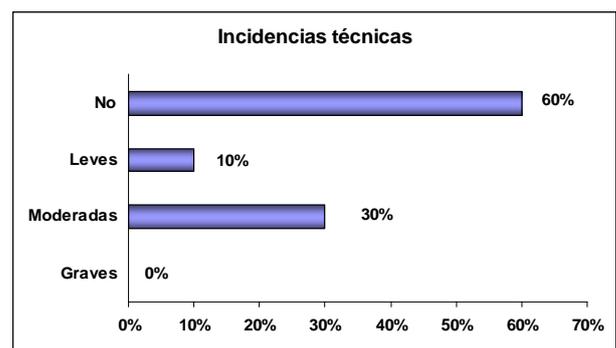


Figura 3. Incidencias técnicas observadas

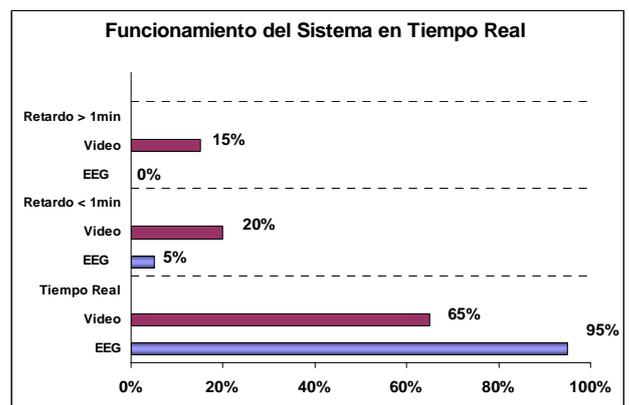


Figura 4. Funcionamiento en tiempo real del sistema

Tal y como se observa en la tabla 1, la calidad de los registros es muy buena y a pesar de existir en alguna ocasión pequeños problemas de sincronización con el vídeo, siempre ha sido posible valorar la prueba de forma adecuada.

Item	Adecuada	Regular	Inadecuada
Sincronización EEG-vídeo	70.00 %	25.00%	5.00%
Calidad de los registros	100%	0	0
Calidad del vídeo ambiente	93.33%	6.66%	0

Tabla 1. Resultados de efectividad técnica

Tras el periodo de tiempo de la puesta en marcha del servicio, se obtienen resultados muy positivos entre los pacientes atendidos. El 100% de los mismos volvería a utilizar el sistema de telemedicina ya que todos coinciden en haber obtenido un alto grado de satisfacción de su utilización. Además, el 75% prefieren este nuevo sistema al convencional (mostrándose indiferentes el resto) ya que evita desplazamientos, resulta más cómodo, acorta los tiempos de espera y se consigue ofrecer un servicio que proporciona los mismos resultados de forma más rápida. Ninguno se ha sentido incomodo durante la realización de la prueba y consideran que la atención recibida es igual o incluso mejor con respecto a otras consultas médicas normales.

Item	Tele-EEG	Convencional
Coste desplazamiento	5 €	20 €
Tiempo medio empleado	50 minutos	4 horas
Duración media de la consulta	50 minutos	45 minutos
% Pacientes que han perdido horas de trabajo	40%	50%
Horas de trabajo perdidas	2	4
Número medio acompañantes	1	1
% Acompañantes que han perdido horas de trabajo	50%	80%
Horas de trabajo perdidas	2.4	4.14
Gastos adicionales	0	20 €

Tabla 2. Comparativa del servicio convencional y el de tele-EEG para pacientes

En la tabla 2 se muestra una comparativa entre el sistema de telemedicina y el sistema convencional que refleja claramente el ahorro en costes de desplazamientos y tiempo que supone la utilización del sistema de tele-EEG para los pacientes. Además la utilización del sistema,

permite realizar la prueba a pacientes ingresados, evitando de esta forma los gastos de ambulancia que supondría el traslado.

La puesta en marcha de este servicio ha ocasionado pequeños cambios organizativos tanto en Logroño (al existir ahora dos listas de espera diferentes) como en Calahorra (dada la necesidad de formar a una enfermera para la realización de las pruebas y su dedicación a las mismas) que han sido bien aceptadas por los implicados, y puesto que ya se disponía de una conexión entre ambos centros sanitarios, el coste del servicio se reduce al coste del equipo de adquisición de datos, gastos en telefonía y los gastos de formación de personal.

5. Conclusiones

El servicio de tele-EEG entre la Fundación Hospital de Calahorra y el hospital San Pedro de Logroño ha sido implantado con un alto grado de éxito. En la actualidad, sólo son derivados a Logroño aquellos pacientes que necesitan una prueba de sueño (aunque en el futuro se espera poder realizar todo tipo de pruebas con el sistema de telemedicina). La implantación del sistema ha obtenido un alto grado de aceptabilidad entre los pacientes y el personal sanitario implicado, ya que se consiguen reducir los desplazamientos, costes y el tiempo total dedicado por realización de la prueba. Además, los pacientes se muestran tranquilos y cómodos con la utilización del sistema de telemedicina. A pesar del corto periodo de tiempo transcurrido desde su puesta en marcha y de seguir todavía evaluando el sistema, en base a los primeros resultados obtenidos, se puede afirmar que la implantación de este sistema consigue mejorar y facilitar el acceso a la atención sanitaria para este tipo de pruebas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos TSI2007-65219-C02-01 de *Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT)* y Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), PET2006-0579 del *Programa de Estímulo de Transferencia de Resultados de Investigación (PETRI)*.

Referencias

- [1] D.Holder, J. Cameron, C. Binnie. Tele-EEG in epilepsy: review and initial experience with software to enable EEG review over a telephone link. *Seizure*, vol 12, issue 2, 2003, pp 85-91.
- [2] P.Loula, E.Rauhala, M.Erkinjuntti, E.Räty, K.Hirvonenn, V.Häkkinen. Distributed clinical neurophysiology. *Journal of Telemedicine and Telecare* vol 3, 1997, pp 89-95.
- [3] Universidad Politécnica de Madrid (Grupo de Bioingeniería y Telemedicina). Bases metodológicas para evaluar la viabilidad y el impacto de proyectos de telemedicina. 2001 (ISBN 92 75 32363 1).