

# Advanced technology for **breakthrough systems**



## La vía más rápida para conseguir un entorno de trabajo conectado.

InterSystems **Ensemble**® es un software de integración avanzado que permite a los profesionales de las TI conectar las aplicaciones, los procesos y las personas en la mitad del tiempo que necesitan otros productos de integración.

Ensemble es utilizado por organizaciones que necesitan la mayor fiabilidad y el más alto rendimiento, entre las que se incluyen hospitales líderes a nivel mundial.

Ensemble aprovecha la potencia InterSystems Cache®, la base de datos de objetos más rápida y escalable del mundo. Ese es el motivo por el que Ensemble supera en rendimiento a otras plataformas de integración.

Durante más de 30 años, hemos proporcionado tecnologías de software avanzadas para los sistemas más innovadores.

# INTERSYSTEMS

Puede ver una demostración del producto en [InterSystems.es/Advanced3](http://InterSystems.es/Advanced3)

© 2010 InterSystems Corporation. Todos los derechos reservados. InterSystems Ensemble e InterSystems Cache son marcas comerciales de InterSystems Corporation. AD937

## Dispositivo médico electrónico para el monitoreo de la presión en el manguito del tubo endotraqueal

Verónica Schlenker<sup>a</sup>,  
María Virginia Pisani<sup>b</sup>,  
Nebel Silvana Moscoso<sup>c</sup>

Se realiza un estudio de opinión sobre la utilidad de un dispositivo electrónico que monitoree la presión del manguito del tubo endotraqueal en pacientes internados. Se utilizó una metodología cualitativa mediante entrevistas estructuradas con respuestas abiertas a los jefes de los servicios de terapia intensiva de los siete hospitales de la Ciudad de Bahía Blanca (Argentina). Los resultados revelan que el dispositivo podría ser una valiosa herramienta para: monitorear la presión en forma precisa y sistematizada, evitar los errores observados con el mecanismo manual y mejorar la calidad de vida de los pacientes intubados reduciendo complicaciones durante y post internación.

*Palabras clave:* Dispositivo electrónico, Tubo endotraqueal, Presión del manguito, Monitoreo para la salud

This article presents an opinion study on the usefulness of an electronic device that monitors the cuff's pressure of the endotracheal tube in hospitalized patients. We used a qualitative methodology through structured interviews with open-ended responses to the heads of the intensive care units of the seven hospitals in the city of Bahia Blanca (Argentina). The results reveal that the device might be a valuable tool to: monitor the pressure in a precise and systematized way, avoid the errors observed with the manual mechanism and to improve the quality of life of intubated patients reducing complications during and after hospitalization.

*Keywords:* Electronic device, Endotracheal tube, Cuff pressure, Health monitoring

### Introducción

Los circuitos electrónicos han sido implementados en diversos campos de la medicina. Se han desarrollado dispositivos que permiten localizar un paciente dentro del hospital, hasta redes de datos que permiten revisar su historia clínica, aún cuando sus tratamientos anteriores se hayan realizado en otros hospitales, clínicas o incluso consultorios privados.

Actualmente, no existen dispositivos para cuantificar la presión endotraqueal en pacientes internados.

Su estimación queda a cargo de una enfermera que si bien la realiza en intervalos regulares de tiempo, es muy poco precisa. Es posible diseñar un dispositivo que realice el conteo de forma automática, relevando los datos de manera digital. Al igual que en muchas otras disciplinas, el relevamiento digital de datos obtenidos a partir del mundo analógico, presenta una serie de ventajas. Entre ellas, vale la pena destacar la posibilidad de realizar una interfaz sencilla entre, el dispositivo que realiza la medición y un ordenador. De esta manera, se pue-

de acceder a los datos desde cualquier parte del mundo, y llevar un historial de su evolución para contrastar diversas acciones terapéuticas. Además, se pueden *setear* por *software* condiciones de alarma

<sup>a</sup> IIIIE. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras. Universidad Nacional del Sur, Buenos Aires, Argentina, [veroschlenker@fibertel.com.ar](mailto:veroschlenker@fibertel.com.ar).

<sup>b</sup> Departamento de Matemática. Universidad Nacional del Sur, Buenos Aires, Argentina, [virpisani@hotmail.com](mailto:virpisani@hotmail.com)

<sup>c</sup> IIIESS, Universidad Nacional del Sur-CONICET, Buenos Aires, Argentina, [nmoscoso1@gmail.com](mailto:nmoscoso1@gmail.com)

# Insight. Delivered.



From tabletop imaging units to connecting a regional health network, our teams go beyond delivering healthcare systems. They listen. They understand. And, they apply their knowledge and experience to deliver the right solution. Providing better care requires insight. And we deliver.

Learn about Agfa HealthCare at  
[www.agfahealthcare.com](http://www.agfahealthcare.com)

**AGFA**   
HealthCare

ante diversas situaciones, como por ejemplo, súbita disminución del medicamento suministrado.

El Grupo de Investigación en Sistemas Electrónicos y Electromecatrónicos del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras de la Universidad Nacional del Sur (en adelante GISEE) en colaboración con profesionales del Hospital Privado del Sur (ambas instituciones de la Ciudad de Bahía Blanca) desarrollaron una red de sensores inalámbricos que tiene la funcionalidad de monitorear la presión en el manguito del tubo endotraqueal de los pacientes internados en unidades de cuidados intensivos.

El producto fue diseñado a partir de la necesidad de los hospitales locales de contar con un dispositivo que controle de forma confiable y económica la presión endotraqueal en pacientes intubados. Dicha intubación permite ventilar mecánicamente al paciente y a su vez es un medio de distribución de anestesia.

La intubación endotraqueal de apoyo ventilatorio provee beneficios significativos, pero una prolongada permanencia de la misma puede traer complicaciones en el estado de salud del paciente. Una presión excesiva de las sondas sobre faringe, laringe y tráquea pueden provocar un trauma local de la vía aérea, produciéndose desde ulceración y destrucción cartilaginosa hasta necrosis de la tráquea en diversos grados(1).

Algunos autores sostienen que la medida de presión recomendada oscila en los 22 mmHg (milímetros de mercurio)(2)(3). Si hay hiperinflación se puede dañar la mucosa al restringir el flujo sanguíneo capilar. A los 30 mmHg la mucosa se torna pálida, a los 37 mmHg se torna blanca y cesa el flujo sanguíneo a los 45 mmHg. Si por el contrario el

inflado es insuficiente, se incrementa el riesgo de aspiración bronquial(2).

Curiel García *et al.*(3) concluyen en un trabajo realizado con el fin de determinar la correlación que existe entre la presión del manguito y las manifestaciones de dolor traqueal post intubación, que una elevada presión en el manguito del tubo endotraqueal produce dolor traqueal post-intubación en el paciente. A raíz de esto, se recomienda el monitoreo regular como método de prevención del dolor traqueal post-intubación y de lesiones severas que, en casos extremos, requieren de intervención quirúrgica del paciente, con un alto costo para el sistema de salud y una reducción en la calidad de vida del paciente(2)(3).

Si bien se trata de un dispositivo innovador en el mercado de tecnologías médicas, existe abundante literatura que demuestra las ventajas de utilizar redes de sensores en cuidados médicos. Según Chong y Kumar(4) las redes de microsensores inalámbricos son consideradas como una de las tecnologías que más se destacan en el siglo XXI. La implementación de estas tecnologías tienen asociados múltiples beneficios, entre los cuales se encuentra la posibilidad de contar con información en tiempo real, lo que permite una mejora en la productividad y una reducción de los errores del personal médico y personal de apoyo(5). Esta tecnología basada en Radio Frecuencia (RF) evita los cableados de los equipos de monitoreos, los cuales dificultan la atención del paciente (6). El objetivo principal de esta tecnología de redes es tener un gran número de sensores de bajo costo y volumen que permiten monitorear la actividad en un área(7).

El presente trabajo tiene como objetivo relevar la opinión de los ex-

pertos acerca del uso potencial de este dispositivo médico. El trabajo consta de cuatro partes, en la primera se presenta la metodología utilizada definiendo la población objetivo y el tipo de entrevista realizada. En la segunda parte se describen las principales características del producto. En la tercera parte se presentan los resultados obtenidos de las entrevistas. Finalmente se exponen las conclusiones y las referencias bibliográficas.

## Material y métodos

Se llevó a cabo una investigación cualitativa a través de una entrevista abierta realizada a los jefes de servicio de las unidades de terapia intensiva de los hospitales de la ciudad de Bahía Blanca durante el mes de julio de 2011. La entrevista consta de dos partes. La primera tiene por objetivo conocer cómo se realiza actualmente la medición de la presión del tubo endotraqueal y los problemas observados. En la segunda parte se presenta el nuevo producto y se indaga la opinión de los expertos acerca de sus potenciales beneficios.

Se realizaron entrevistas a los siete jefes de servicios de los establecimientos hospitalarios de la Ciudad de Bahía Blanca. Dos de ellos son hospitales públicos (uno que depende del presupuesto provincial y el otro que depende del Municipio de Bahía Blanca)<sup>2</sup>. Un hospital pertenece a una entidad de la seguridad social, y los restantes cuatro hospitales son organizaciones privadas sin fines de lucro. Todos los establecimientos entrevistados poseen el servicio de terapia intensiva, además de los servicios de internación, diagnóstico y tratamiento.

La entrevista consistió en las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo se mide actualmente la presión en el manguito del tubo endotraqueal?
2. ¿Considera que es una forma precisa de conocer la presión en el manguito del tubo endotraqueal? ¿Por qué?
3. ¿Con qué frecuencia monitorea la presión?
4. ¿Puede observar lesiones laringotraqueales en el paciente que ha sido intubado? En caso afirmativo, ¿Con qué frecuencia?

Se presenta el diseño del dispositivo electrónico objeto de estudio el cual permite medir la presión en el manguito del tubo endotraqueal de manera digital y continúa la entrevista con las siguientes preguntas:

1. Considerando las posibles presentaciones del producto, ¿Cuál de estas opciones creería usted que es la más adecuada para realizar el control de la presión endotraqueal?
  - a. Que la información se encuentre en un display in-situ,
  - b. Que la información se encuentre disponible en una computadora personal.
2. ¿Creería necesario el registro digital de la presión en el manguito del tubo endotraqueal?
3. Si la respuesta anterior es positiva continuar con: ¿Considera que el uso de este dispositivo mejoraría los resultados clínicos de los pacientes intubados?

### Descripción del producto

El producto consiste en una red de sensores inalámbricos que permite el monitoreo de la presión en el manguito del tubo endotraqueal de los pacientes internados en unidades de terapia intensiva (en adelante UTI).

El dispositivo contiene un *hardware* y un *software*. El *hardware* consiste en un sensor de presión

Figura 1. Estaciones que componen el sistema



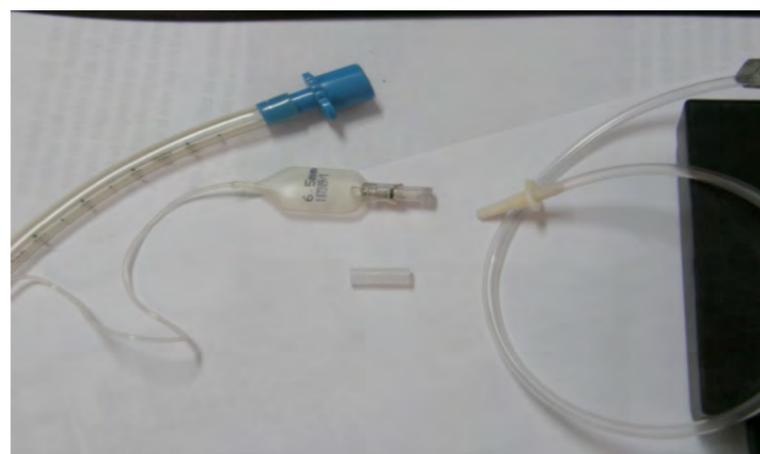
Fuente: Diseño realizado por GISEE.

que está físicamente compuesto por dos unidades, una llamada nodo y otra llamada estación base (Figura 1).

Los nodos son las unidades que contienen los sensores y que deben estar cerca del paciente, cuyos datos se desea monitorear. Generalmente se coloca una jeringa al final del menor tubo, para inflar el manguito; el sensor se coloca en este punto (Figura 2).

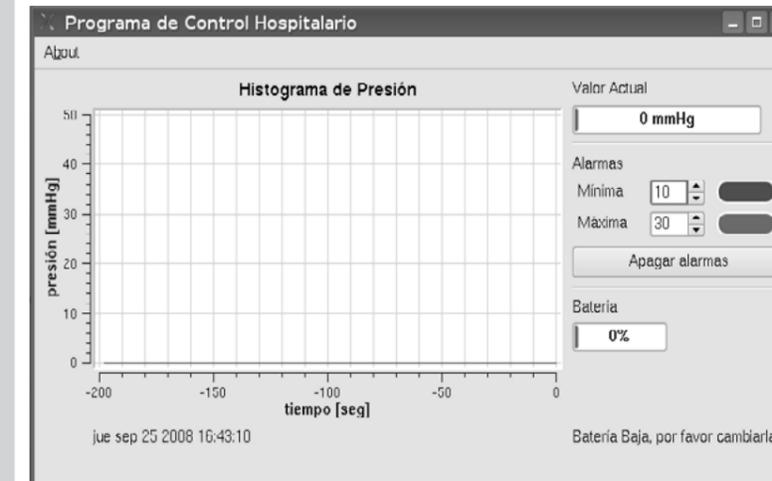
La estación base es la unidad que se conecta a la computadora personal (PC) y es la encargada de recibir los datos de los diversos sensores hospitalarios que se encuentran en la red. Una vez realizada la conexión física del *hardware*, se procede a la utilización del *software* que se debe instalar previamente en una PC, de dónde se obtienen los datos de la presión, su historial y se pueden incluir condiciones de alarma

Figura 2. Conexión al tubo endotraqueal



Fuente: Diseño realizado por GISEE.

Figura 3. Programa desarrollado para el historial de presiones



Fuente: Diseño realizado por GISEE.

(Figura 3). El *hardware* tiene la función de monitorear los sensores disponibles.

Las fortalezas del producto bajo estudio están vinculadas con: i) las características tecnológicas, ii) la reducción de costos en los servicios de internación y iii) los resultados clínicos de los pacientes.

i) Con respecto a las características tecnológicas del producto, el mismo es innovador ya que no existe actualmente en el mercado. Su diseño minimiza la cantidad de componentes dado que es un dispositivo que requiere ser trasladado continuamente. A su vez, tiene un diseño no invasivo lo que evita tener que certificar la esterilidad de los componentes utilizados(8). Tiene un bajo consumo de energía que puede proveerse con una pila o batería, facilitando su portabilidad.

ii) Puede generar una reducción de costos en los servicios de internación, ya que su utilización disminuye las tareas del personal de enfermería. En este caso, la incorporación de tecnología podría sustituir horas de trabajo o permitiría la rea-

signación del personal a otras tareas.

iii) Finalmente, el uso de este dispositivo puede tener impacto en los resultados clínicos de los pacientes ya que otorga agilidad y precisión en la medición de la presión endotraqueal. Contar con información en tiempo real del historial de mediciones permite al profesional tomar mejores decisiones aún cuando el médico se encuentra lejos del paciente.

### Resultados

En todos los hospitales la medición de la presión endotraqueal la realiza el personal de enfermería mediante la utilización de un manómetro. Dada la escasez de personal auxiliar, esta medición se realiza una/dos veces por día, frecuencia que no resulta adecuada para alguno de los entrevistados. En particular, en uno de los hospitales la falta de recursos humanos para realizar este tipo de controles ocasionó una reducción en la capacidad de la unidad de terapia intensiva de 11 a 6 camas.

En seis de las siete entrevistas realizadas consideran reducida la

precisión del método utilizado actualmente y ponderaron la utilidad de un dispositivo que monitoree la presión de forma precisa, continua y en menor tiempo. Aunque sin estadísticas precisas, argumentaron que son frecuentes las lesiones en la tráquea por controles insuficientes y poco exactos.

Entre los beneficios de la incorporación del dispositivo, mencionaron: i) reducción del tiempo de mediciones del personal auxiliar, ii) mejores procedimientos clínicos dada la mayor información disponible, iii) prevención de las secuelas en los pacientes intubados, y iv) reducciones en los costos de internación dado que un paciente intubado puede ser monitoreado en una habitación común cuyo costo diario es menor que si permanece en los servicios de terapia intensiva.

En lo que se refiere a las características físicas del producto los entrevistados resaltaron la utilidad de centralizar los datos del monitoreo de todas las camas en una misma computadora.

Algunos entrevistados mencionaron que muchos de estos pacientes, ya sea por exceso o déficit de la presión en el manguito del tubo, sufren lesiones laringotraqueales por las cuales deben hacer consultas post internación a médicos especialistas en otorrinolaringología, y en algunos casos, ser sometidos a intervenciones quirúrgicas.

Un entrevistado destacó que el dispositivo sería prioritario en los hospitales públicos, dado que son los prestadores naturales de la atención de emergencias (por accidentes principalmente) y es habitual observar pacientes con períodos prolongados de intubación y con mayores probabilidades de contraer lesiones.

## Discusión

En las últimas décadas se ha observado un constante incremento de los costos asociados al sector salud. No solo en Argentina, sino en el resto del mundo, este incremento estuvo asociado a las innovaciones biomédicas que incluyen tanto nuevos bienes de capital como nuevos productos de la industria farmacéutica. Si bien este proceso de innovación ha prolongado la esperanza de vida de los pacientes en general, no siempre se ha garantizado que los años de vida ganados sean vividos con una mayor calidad de vida.

En este contexto, es un compromiso ético evaluar los costos y beneficios asociados a las potenciales innovaciones tecnológicas. El producto analizado en el presente trabajo parecería cumplir con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los pacientes, sin embargo resta avanzar en las estimaciones de costos.

## Conclusiones

Si bien no existen estadísticas a nivel local, los entrevistados revelan la presencia de secuelas en algunos de los pacientes intubados debido a un incorrecto control de la presión endotraqueal.

Se deduce que el diseño de un dispositivo electrónico en las unidades de cuidados intensivos contribuirá a mejorar la calidad de vida del paciente intubado, previniendo afecciones en las vías respiratorias de los críticos. Los profesionales entrevistados mostraron interés en la posibilidad de medir la presión con más exactitud y procedimientos más ágiles para los enfermeros que asisten en los servicios de terapia intensiva.

El dispositivo podría generar un ahorro de recursos dado el menor tiempo utilizado para las mediciones así como por la prevención de tratamientos o intervenciones quirúrgicas post internación.

Habiendo relevado información acerca de la utilidad del producto, en futuras líneas de investigación se espera avanzar en el proceso de innovación, diseño y desarrollo final del dispositivo. Finalmente, una vez que se hayan estimado los costos totales del producto se realizará un estudio de mercado a la luz de evaluar las demandas potenciales y las rentabilidades asociadas al nuevo producto.

## NOTAS

- 1 El dispositivo médico fue desarrollado por el Ing. Pablo Pareja Obregón como parte del desarrollo de su tesis doctoral con la supervisión del Dr. Pedro Julián. Esta investigación fue financiada por el Proyecto de Áreas Estratégicas PAE-PICT-2344.
- 2 Es importante mencionar que el hospital provincial tiene un alcance regional atendiendo a pacientes de todos los partidos cercanos al Municipio de Bahía Blanca.

## Referencias

- 1 Villegas Anzo, F., García Hernández, L. A., Bello Mendoza, E., Sánchez, R., Fernández Sosa, C. "Intubación endotraqueal prolongada". *Rev. Mex. Anest.* vol.15, pp. 33-36, 1992.
- 2 Salazar Escalante, D., Canul Andrade, S. "Eficacia de la monitorización de la presión del manguito del tubo endotraqueal para reducir el dolor traqueal después de la extubación en México". *Revista de la Asociación Mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva*; Vol. 19 No 2, pp. 50-53, 2005.
- 3 Curiel García, J. A., Guerrero Romero, F., Rodríguez Morán, M. "Presión del manguito en la intubación endotraqueal: ¿Debe medirse en forma rutinaria?" *Gaceta Médica de México*; Vol. 137 No 2, pp. 179-182, 2001.
- 4 Chong C., Kumar S. P. "Sensor Networks: Evolution, Opportunities and Challenges". *Proceedings of IEEE*; Vol. 91, No. 8, pp. 1247-1256, 2003.
- 5 Airespace Technology. Improving patient care through wireless mobility. White paper, 2004. Disponible en <http://www.airespace.com>
- 6 Shnayder V., Chen, B., Lorincz, K., Fulford Jones, T.R.F, Welsh, M. "Sensor Networks for medical care". Division of Engineering and Applied Sciences, Harvard University Technical Report, TR-08-05, 2005.
- 7 Cipolletti, M., Pirchio, F., Sañudo, S., Julián, P., Villalba, W., Masson, F., y Mandolesi, P. "Red de sensores inalámbrica para monitoreo de la presión en el manguito del tubo endotraqueal". XII reunión de trabajo en procesamiento de la información y control, 2007.
- 8 Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica: Disposición 2318/2002. "Reglamento Técnico Mercosur de Registro de Productos Médicos". Disponible en [http://www.anmat.gov.ar/webanamt/normativa/Normativa/ProductosMedicos/Disposicion\\_ANMAT\\_2318-2002.pdf](http://www.anmat.gov.ar/webanamt/normativa/Normativa/ProductosMedicos/Disposicion_ANMAT_2318-2002.pdf)

## Bibliografía

- Fulford Jones, T. R. F., Wei, G., Welsh, M. "A Portable, Low-Power, Wireless Two-Lead EKG System". *Proc. of the 26th IEEE EMBS Annual International Conference*, San Francisco, 2004.
- Ganner, C. "The accurate measurement of endotracheal tube cuff pressure," *Br. J. Nurs.*; vol. 10, No. 17, pp. 1127-1134, 2001.
- Herrera Carranza, M. "Iniciación de la ventilación mecánica. Puntos clave". 1ª edición. Editorial Auroch, España 1997. pp. 27-32.
- Kotler P., Armstrong G., Cámara Ibáñez D., Roche I. "Marketing". Décima Edición. Ed. Pearson Education. Madrid 2004.
- MacDaniel C., Gates R. "Investigación de mercados contemporánea". Cuarta Edición. Ed. International Thomson Editores, México. 1999.
- Myung, D., Duncan, B., Malan, D., Welsh, M., Gaynor, M., Moulton. S., "Vital Dust: Wireless sensors and a sensor network for real-time patient monitoring". 8th Annual New England Regional Trauma Conference, Burlington, MA, 2003.

# MIHealth FORUM

## Health Management & Clinical Innovation



## LA INNOVACIÓN COMO MOTOR DE CAMBIO EN EL SISTEMA SANITARIO

MIHealth es el primer foro internacional sobre Innovación Clínica y Gestión Sanitaria. Experiencias, novedades, tendencias e iniciativas, el mejor marco de conocimiento innovador y networking, de la mano de los mejores expertos. El futuro está en MIHealth.



Fira Barcelona

24 - 25 MAYO 2012  
PALAU DE CONGRESSOS DE BARCELONA  
[www.mihealthforum.com](http://www.mihealthforum.com)

Acredítese con este código  
**WN24WDXS**  
obtendrá un 25% de descuento.

Descárguese el programa actualizado



### institutional partners



Para más información: [mihealthforum.visitantes@firabcn.es](mailto:mihealthforum.visitantes@firabcn.es) 902 233 200 / +34 932 332 000