



# Inteligencia autónoma en control de errores de medicación

García Marco D

Servicio de Farmacia. Hospital Nacional de Parapléjicos. Toledo  
email: davidg@sescam.org



David García Marco.

---

## Resumen

El programa Altomedicamentos ([www.altomedicamentos.es](http://www.altomedicamentos.es)) es un proyecto virtual inteligente que analiza por sí solo los tratamientos farmacológicos valorando la relevancia clínica de cada uno de los errores o posibilidades de mejora encontrados. Contiene una base de datos con más de un millón de celdas con información de 32 316 medicamentos.

El programa ahora realiza un control de: dosis, días de duración de tratamiento alarmantes; vías de administración adecuadas por principio activo y por medicamento; insuficiencia renal (con valor de creatinina o sin ella en función solo de la edad); insuficiencia hepática; interacciones; medicamentos semejantes o duplicidad; medicamentos por vía enteral, y dosis mínima. Más de 70 hospitales se interesaron en realizar una validación asistida de forma virtual con Altomedicamentos y 52 hospitales europeos (públicos y privados, de 12 comunidades autónomas españolas y de otro país de la unión europea) realizaron validación asistida durante los primeros 24 meses del proyecto. En estos 2 años se analizaron 7,7 millones de tratamientos reales correspondientes a más de 300 000 pacientes, clasificando la importancia clínica de lo encontrado en Alerta, Revisar e Informativa. El programa detectó 173 939 alertas (2,23% de los tratamientos) y 925 423 (11,89%) indicaciones de que se debía revisar el tratamiento por problemas menores.

El problema grave fundamental detectado fue el control de dosis, en donde el número de errores o posibilidades de mejora se aproximó al 1%. De los errores no graves, el más frecuente resultó la duración de tratamientos, debido especialmente a que en los hospitales la terapia secuencial de cambio de la vía intravenosa a oral no se produce adecuadamente.

El programa ha sido compatible con múltiples sistemas informáticos europeos y detecta el doble de errores o mejoras que el sistema humano tradicional.

## Autonomous intelligence in control of medication errors

### Abstract

The Altomedicamentos program ([www.altomedicamentos.es](http://www.altomedicamentos.es)) is an intelligent virtual project that analyzes by itself the pharmacological treatments assessing the clinical relevance of each one of the errors or possibilities of improvement found. It contains a database, with more than 1 million cells with information of 32 316 medicines.

The program now monitors: dose, alarming treatment duration days; appropriate routes of administration by active principle and per drug; renal insufficiency (with or without creatinine value based only on age); liver failure; interactions; similar drugs or duplicity; enteral medications; and minimum dose. More than 70 hospitals were interested in virtual assisted validation with altomedicamentos and 52 European hospitals (public and private, 12 Spanish autonomous communities and another country of the European Union) performed assisted validation during the first 24 months of the project. In these two years, 7.7 million real treatments corresponding to more than 300 000 patients were analyzed, classifying the clinical importance of what was found in Alert, Review and Informational. The program detected 173,939 alerts (2.23% of treatments) and 925 423 (11.89%) indications that treatment should be reviewed for minor problems.

The main serious problem detected was the dose control, where the number of errors or possibilities of improvement approached 1%. Of the non-serious errors, the most frequent was the duration of the treatment, due in particular to the fact that in hospital sequential therapy of intravenous-to-oral switching does not occur properly.

The program has been compatible with multiple European computer systems and detects twice errors or improvements that the traditional human system.

---

### Introducción

La integración laboral con las máquinas inteligentes ya forma parte de nuestro presente en el siglo XXI. En la vida fuera del trabajo estamos conectados a los demás por medio de teléfonos inteligentes y sus aplicaciones. Es decir, vivimos en un mundo conectado, sin embargo el trabajo del sanitario se realiza en un mundo desconectado de los demás profesionales o especialistas cuando toma cada decisión clínica, ya que tiene al paciente delante y en ese momento muchas veces no dispone de tiempo para consultar cada dosis o actuación a realizar. En muchas ocasiones se trabaja en solitario, de forma rápida y sin un control inteligente que tome decisiones por él mismo y a su vez controle si la decisión puntual que estas tomando es acertada.

El presente es vivir conectado tanto en la vida personal como profesional, de forma que los conocimientos o forma de trabajo de otro compañero pase a ti, por medio de sistemas inteligentes como Altomedicamentos. En el mundo sanitario la transformación que se va a producir es muy importante, debemos prepararnos para la integración con las máquinas inteligentes antes de que esta se lleve por delante muchos puestos de trabajo, como sucederá en otras profesiones.

El punto de partida de nuestro proyecto fue poder analizar con un programa ya realizado por nosotros en Excel otros tres hospitales diferentes, uno de más de 1000 camas, otro intermedio y un geriátrico, con un intercambio de conocimientos y formas de trabajo muy productivas para todos. Todos aprendimos de los otros, por lo que comprendimos que abrir esta red a los demás sería beneficioso para todos. Poco a poco se fueron enganchando más hospitales, lo que hizo que el sistema se tuviera que adaptar y abrir a la forma de trabajo de decenas de hospitales; más tarde llegó la compleja integración del análisis de hospitales de otros países, fase en la que nos encontramos.

El hecho de que decenas de hospitales españoles hayan participado y que a nivel internacional haya surgido la necesidad de integrarse en nuestra plataforma indica que también en el mundo sanitario, al igual que en el personal, las nuevas tecnologías han venido para cambiar nuestra vida personal y laboral.

Podríamos resumir que:

- Se ha producido una mejora de la calidad de los tratamientos al incorporar este nuevo sistema, al duplicar las acciones de mejora o detección de errores.
- La validación virtual es dominante en eficiencia, al mejorar tanto la efectividad como los costes del proceso frente a la validación tradicional.
- La validación tradicional no cumple las expectativas deseadas, al pasar desapercibidas la mitad de las intervenciones.
- El programa automático es extrapolable a nivel, al funcionar correctamente en más de 52 hospitales públicos y privados europeos.
- Aunque el sistema automático detecta más errores o mejoras del tratamiento, sigue habiendo errores que un sanitario detectaría y el sistema automático no, por ello es conveniente combinar los dos sistemas.
- La clasificación por importancia clínica es fundamental al permitir una optimización de tiempo, incidiendo en aquellos tratamientos que según determina el programa, en base a sus propios algoritmos de decisión, pueden ser muy peligrosos.
- Es preciso continuar trabajando en modelos automatizados que utilicen tanto datos de control como algoritmos de decisión para mejorar el uso seguro de los medicamentos.
- El control automático inteligente de tratamientos con valoración de la relevancia clínica del error detectado ya es una realidad en los hospitales europeos.

- La experiencia española de análisis inteligente de tratamiento es referente a nivel internacional, comenzando a integrar tratamientos no españoles.

## Objetivos del proyecto o experiencia

Los errores con medicamentos son un problema que afecta a un elevado número de pacientes, con porcentajes que oscilan entre un 3 y un 13% de los pacientes ingresados. No queda claro cuál es el valor real del porcentaje de errores, pero claramente es excesivamente elevado debido a la complejidad de los tratamientos y a la sobrecarga asistencial.

El objetivo del proyecto es analizar la implantación de un sistema inteligente de detección de errores sobre pacientes reales de decenas de hospitales y compararlo a su vez con el sistema humano tradicional.

## Método

Se realiza una compleja base de datos que recopila información que afecta a los tratamientos farmacológicos. La base de datos del programa Altomedicamentos® contiene más de un millón de celdas con información de unos 30 000 medicamentos:

- 545 818 celdas con información sobre las dosis elevadas en adultos, ancianos y Pediatría (por tramo de edad de neonatos a 12 años) de aproximadamente 26 554 medicamentos.
- 39 912 celdas con la dosificación por cada vía de administración de los principios activos, con las dosis en diferentes unidades de medida según sean prescritos estos principios activos, con información sobre las dosis elevadas en adultos, ancianos y Pediatría (por tramo de edad de neonatos a 12 años).
- 4209 celdas con información sobre la dosificación en insuficiencia renal de 1181 principios activos.
- 2374 celdas con información de los días elevados por principio activo.
- 271 252 celdas con información de los medicamentos comercializados y sus principios activos, así como las vías de administración de las especialidades farmacéuticas.
- 27 150 celdas con la información de las interacciones de los medicamentos. Clasificadas por su relevancia clínica: unas 2700 interacciones.
- 3293 celdas con información sobre la dosificación de 824 principios activos en insuficiencia hepática.
- 46 684 celdas con información sobre los 5848 medicamentos que no se pueden administrar por vía enteral o se deben tomar precauciones, dada las características del medicamento (especialidad farmacéutica).

- 5401 celdas con información de porque vía se pueden administrar los principios activos.
- 79 celdas de los subgrupos terapéuticos repetibles.

También se crea un sistema que captura los tratamientos de los diferentes hospitales, los anonimiza y de forma anonimizada los analiza en internet. El resultado anonimizado obtenido se descarga y es desanonimizado en el propio ordenador del usuario. Todo este proceso se realiza a fin de salvaguardar la confidencialidad de los pacientes.

## Resultados obtenidos

Se analizaron con Altomedicamentos<sup>®</sup>, en 24 meses, 7 783 802 tratamientos correspondientes a más de 300 000 pacientes de 52 hospitales europeos. El sistema de forma automática pudo clasificar las acciones a realizar según su relevancia clínica individual en base a la situación clínica de cada paciente:

- Alertas: 173 939 (2,23% de los tratamientos):
  - Dosis: 94 757; 1,22%.
  - Insuficiencia renal ficticia: 5832; 0,07%.
  - Insuficiencia renal real: 10 730; 0,14%.
  - Interacciones: 25.170; 0,32%.
  - Duplicidades: 37.450; 0,48%.
- Problemas menores, clasificados como “Revisar”:
  - Dosis: 85 857; 1,10%.
  - Días: 521 813; 6,70%.
  - Insuficiencia renal ficticia: 40 533; 0,52%.
  - Insuficiencia renal real: 23 550; 0,30%.
  - Vía enteral: 25 844; 0,33%.
  - Vía de administración: 46 231; 0,59%.
  - PA vía no habitual: 54 822; 0,70%.
  - Dosis mínima: 43 393; 0,56%.
  - Interacciones: 21 579; 0,28%.
  - Insuficiencia hepática: 40 222; 0,52%.

Para analizar su eficacia se realizaron dos estudios. En el primero, en cuatro hospitales, se pasa de 0,56% de detección con el sistema tradicional a un 1,55% con el sistema automático. En el segundo estudio, en ocho hospitales, se pasa de un 0,89% a un 1,13%. Es decir, el número de intervenciones detectadas con el sistema automático es 2,77 veces mayor al número detectado con el sistema tradicional en el primer estudio y 1,27 veces en el segundo; siendo la media de ambos estudios de 2,02.

La efectividad es 2,02 veces superior con el sistema virtual, y el tiempo es 4,84 veces inferior, por lo que su coste es 4,84 veces inferior, al ser actualmente un proyecto gratuito. La eficiencia es 9,77 veces superior en el sistema virtual frente al tradicional del siglo XX. Si realizamos un análisis de sensibilidad con los mejores y peores tiempos y la mejor y peor efectividad, encontramos que en la peor situación sería 4,26 veces superior la validación virtual y que en la mejor situación sería 33,78 veces superior la validación virtual.

### **Innovación. ¿Cuáles son las características más novedosas del proyecto o experiencia que se presenta?**

En otros sectores de la tecnología se trabaja por mejorar la seguridad en la automoción con sistemas automáticos que toman decisiones: *airbags*, ABS, ESP o los futuros coches autoguiados de Tesla, Google, Apple... En el sector sanitario en breve viviremos también la cuarta revolución industrial, con la integración laboral entre el hombre y la máquina. Parece razonable irnos adaptando a la nueva situación creando productos tecnológicos europeos que puedan funcionar en diversos hospitales y mejorar la eficiencia del proceso de control de tratamientos farmacológicos, reconociendo automáticamente la relevancia clínica de los errores u opciones de mejora detectados como lo haría un sanitario.

Hasta el momento no existían sistemas autónomos que detectaran errores y valorasen la relevancia clínica del error detectado. El presente proyecto demuestra no solo que es posible llegar a detectar errores con un proceso informático, sino que su implantación en la vida real es claramente aceptada tanto por nuestro Sistema Nacional de Salud como a nivel internacional, aplicándose en centros públicos y privados.

Para que esta integración haya sido posible nos hemos adaptado a diversos programas informáticos que van desde *software* específico, como el de Osakidetza, a *software* más estándar a nivel nacional: Farmatools (Dominion), Savac, Farhos, HP-HCIS, APD (Athos, Pharmasyst), como a *software* de otros países.

Los algoritmos de decisión en base a la situación clínica del paciente consiguen aproximarse a la práctica asistencial real, por ello están siendo utilizados por decenas de hospitales como valor real de mejora asistencial diaria, habiendo superado los 7 millones de tratamientos analizados en sus primeros 2 años de vida.

## **Calidad. ¿Qué mejoras en calidad se han obtenido al desarrollar el proyecto o experiencia?**

Los errores de medicación suponen un problema fundamental en la calidad asistencial del paciente. De hecho, nuestro sistema actúa fundamentalmente sobre los errores con riesgo clínico real. En el primer estudio realizado con el sistema se ha conseguido reducir a la mitad los errores con implicación clínica que llegan al paciente. Con el modelo tradicional se detectan el 30,5% de las posibles intervenciones y pasan desapercibidas el 69,5% (un porcentaje excesivamente elevado); mientras que, realizando solo la revisión automática de nuestro sistema, sin la tradicional, se detectan el 84% de las posibles intervenciones y pasan desapercibidas únicamente el 16%.

Es decir, la potencia de detección del sistema automático es muy superior a la humana, y deben ser combinadas, dado que de momento lo que los sistemas autónomos no tienen el sentido común de los humanos.

## **Mejora de la gestión y/o evaluación en salud. ¿Qué aportación realiza el proyecto o experiencia para la mejora de la gestión y/o la evaluación de resultados en salud?**

Los tiempos empleados en el estudio realizado en cinco hospitales muestra una clara reducción de tiempos con nuestro sistema automático frente al sistema tradicional. El tiempo empleado con el apoyo del sistema automático fue de 0,044 minutos por línea de tratamiento, frente a 0,214 minutos del sistema tradicional del siglo XX. Es decir, el sistema automático mejora 4,84 veces el tiempo necesario para realizar el control de los tratamientos. Asumiendo que un minuto de facultativo tiene un coste de 0,59 € (58 215,76 € por 1645 horas), los costes asociados a controlar una línea de tratamiento con el sistema tradicional son de 0,12626 € frente a 0,02596 € en el virtual.

La efectividad es 2,02 veces superior con el sistema virtual, y el tiempo es 4,84 veces inferior, por lo que su coste es 4,84 veces inferior, al ser actualmente un proyecto gratuito. La eficiencia es 9,77 veces superior en el sistema virtual frente al tradicional del siglo XX. Si realizamos un análisis de sensibilidad con los mejores y peores tiempos y la mejor y peor efectividad, encontramos que en la peor situación sería 4,26 veces superior la validación virtual (3,35 veces en tiempo y 1,27 veces en efectividad); y que en la mejor situación sería 33,78 veces superior la validación virtual (12,19 veces en tiempo y 2,77 veces en efectividad).

Es decir, la integración laboral con sistemas inteligentes no solo es mucho más rápida, 250 pacientes/minuto, si no que mejora también la detección de errores de forma muy importante. Los sanitarios necesitamos a los sistemas inteligentes para mejorar nuestro trabajo.

## **Aplicabilidad y facilidad de extensión a otras organizaciones del sector salud. ¿En qué medida es aplicable o extensible el proyecto o experiencia a otros centros u organizaciones del sector salud?**

El programa ha funcionado correctamente en los 52 hospitales participantes. Como el programa analiza los tratamientos y clasifica los errores o mejoras en los tratamientos según su posible repercusión clínica en: "alertas", "revisar" e "informativa"; los sanitarios pueden centrarse en las prioridades que marca el programa, en este caso las alertas, y si tienen tiempo pueden bajar a analizar los "revisar". Los datos encontrados sugieren que casi la mitad de las posibles intervenciones pasan desapercibidas por el método tradicional del siglo XX.

El error de dosis es el problema grave más frecuentemente detectado en el tratamiento con medicamentos. A igual que se detecta en publicaciones de búsqueda de errores, es decir, detecta los errores que ya sabemos que van a ocurrir. Dentro de los errores no graves, la duración del tratamiento especialmente por vía intravenosa es el problema más frecuente.

El sistema se está generalizando en muchos hospitales españoles porque analiza la relevancia clínica de los posibles avisos para evitar la fatiga por alertas; hasta ahora muchos sistemas producen alertas, sin embargo, para el clínico son poco relevantes y al final no hace caso a ninguna alerta. Lo importante no es alertar de forma indiscriminada, sino alertar con sentido clínico, como haría un humano. Si producimos decenas de alertas en la jornada laboral diaria de un clínico, no hará caso a ninguna de ellas. Los sistemas integrados que emplean datos de control y también complejos algoritmos de decisión son necesarios para evitar la fatiga por alertas.

Este sistema funciona tanto a nivel hospitalario como en residencias de ancianos e incluso para analizar el tratamiento del paciente en su casa. Podemos seguir a toda la población o a grupos específicos, ancianos, niños, pacientes con insuficiencia renal... Podemos cambiar el control que hasta ahora se ejerce sobre los pacientes en su casa.

## **Bibliografía**

- Aranaz Andrés JM, Aibar Remón C, Vitaller Burillo J, Ruiz López P. Estudio nacional sobre los efectos adversos ligados a la hospitalización. ENEAS 2005. En: Ministerio de Sanidad y Consumo [en línea]. Disponible en: [http://www.msp.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/pdf/excelencia/opsc\\_sp2.pdf](http://www.msp.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/pdf/excelencia/opsc_sp2.pdf)
- Aranaz Andrés JM. Estudio APEAS. Estudio sobre la seguridad de los pacientes en atención primaria de salud. En: Ministerio de Sanidad y Consumo [en línea]. Disponible en: <http://www.msc.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/docs/LibroAPEAS.pdf>
- Campos MA, Tutau F, Gallego M, Delgado L. Desarrollo de un software integrado de ayuda a la validación farmacéutica. Farm Hosp. 2012;36:351-5.



- Campos MA, Tutau F, Gallego M, Delgado L. Desarrollo de un software integrado de ayuda a la validación farmacéutica. *Farm Hosp.* 2012;36:351-5.
- Chang J, Ronco C, Rosner MH. Computerized decision support systems: improving patient safety in nephrology. *Nat Rev Nephrol.* 2011;7:348-55.
- Classen DC, Pestotnik SL, Evans RS, Burke JP. Description of a computerized adverse drug event monitor using a hospital information system. *Hosp Pharm.* 1992;27:774-83.
- Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS. To err is human: building a safer health system. Committee on Health Care in America. Institute of Medicine. Washington (DC): National Academy Press; 1999.
- Lerma Gaude V, Poveda Andrés JL, Font Noguera I, Planells Herrero C. Sistema de alertas asociado a prescripción electrónica asistida: análisis e identificación de puntos de mejora. *Farm Hosp.* 2007:276-82.
- Otero MJ, Agra Y, García MJ. Evolución de la implantación de prácticas seguras de utilización de medicamentos en los hospitales españoles (2007-2011). En: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad [en línea]. Disponible en: [http://www.msssi.gob.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/pdf/EPS\\_MEDICAMENTOS\\_Corregido.pdf](http://www.msssi.gob.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/pdf/EPS_MEDICAMENTOS_Corregido.pdf)
- Pedersen CA, Schneider PJ, Santell JP. ASHP national survey of pharmacy practice in hospital settings: prescribing and transcribing-2001. *Am J Health Syst Pharm.* 2001;58:2251-66.
- Strategies to Reduce medication errors: working to improve medication safety. En US Food and Drug Administration [en línea]. Disponible en: <http://www.fda.gov/Drugs/ResourcesForYou/Consumers/ucm143553.htm>
- The Joint Commission, Joint Commission Internacional, World Health Organization. Patient Safety Solutions Preamble - May 2007. WHO Collaborating Centre for Patient Safety Solutions. En: Organización Mundial de la Salud [en línea]. Disponible en: <http://www.who.int/patientsafety/solutions/patientsafety/Preamble.pdf>
- Thomas EJ, Studdert DM, Burstin HR, Orav EJ, Zeena T, Williams EJ, et al. Incidence and types of adverse events and negligent care in Utah and Colorado. *Med Care.* 2000;38:261-71.