



ORIGINAL

Estudio del tiempo de procesamiento de un sistema preanalítico en un laboratorio de atención primaria

B.J. Bravo Ayuso*, R. López Martínez, M.P. Bermejo López-Muñiz, C. Vilanova Navarro, J. Ruiz Altarejos, J. Ramis Fossas y J.M. Navarro Olivella

Laboratori Clínic Bon Pastor, CAP Bon Pastor-Laboratori, Barcelona, España

Recibido el 20 de marzo de 2008; aceptado el 3 de septiembre de 2008

PALABRAS CLAVE

Automatización preanalítica;
Tiempo de procesamiento preanalítico;
Sistema preanalítico modular

Resumen

Objetivo: adaptación del sistema preanalítico modular (MPA) conectado a un sistema modular analítico SWA (Roche Diagnostics) y estudio de la optimización del tiempo de procesamiento preanalítico basándose en cambios en el proceso de alicuotación.

Material y métodos: descripción de la arquitectura y de la configuración funcional del sistema preanalítico. Estudio observacional basado en la carga de trabajo diaria, comparando los tiempos y las velocidades de procesamiento de las muestras tal y como está definido el sistema en la actualidad, con los que se obtendrían de 2 modelos teóricos basados en la agrupación de destinos correspondientes a los analizadores de inmunoquímica.

Resultados: se comentan los cambios en el diseño inicial del sistema. El tiempo de procesamiento para una media de 1.364 especímenes/día es de 255,9 min. La velocidad de procesamiento resultante es de 319 especímenes/h para una media de 0,95 alícuotas/especímen. El tiempo de procesamiento se reduce un 18,3% con la combinación más favorable de los modelos teóricos.

Conclusiones: el diseño actual del sistema preanalítico se adecua a las características del laboratorio (volumen de muestras elevado y horario laboral limitado), aunque deben realizarse mejoras. Con el modelo teórico más favorable, no se disminuye suficientemente el tiempo de procesamiento como para permitir hacer una alícuota destinada al archivo de muestras. Se necesitan estudios suplementarios que incluyan el tiempo total de procesamiento de las muestras en los analizadores, para comprobar si una futura agrupación de analizadores de inmunoquímica y, en concreto, cuál de ellas aumentaría la eficiencia del proceso total.

© 2008 AEBM, AEFA y SEQC. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

*Autor para la correspondencia.

Correo electrónico: jbravo.bcn.ics@gencat.cat (B.J. Bravo Ayuso).

KEYWORDS

Preanalytical automation;
Preanalytical turnaround time;
Modular preanalytical system

Study of the processing time of a preanalytical system in a primary care laboratory**Abstract**

Objective: Adjustment of a Modular Preanalytics (MPA) and Modular Analytics System SWA (Roche Diagnostics) to our laboratory. A study was carried out in order to optimize the turnaround times of the process, changing the system configuration to reduce the number of aliquots.

Material and methods: Description of the preanalytical system and its operational configuration. The study of turnaround times of the preanalytical process on the daily workload was compared with 2 theoretical models in which the serum destined for the immunoassay analyzers were grouped in 2 different ways.

Results: There are comments about the changes in the initial design of the system. For an average workload of 1364 serum samples/day, the turnaround time of the current configuration was 255.9 min. The resulting rate was 319 samples/h with an average of 0.95 aliquots/sample. In the theoretical models, with the most favorable combination of aliquots, the reduction in turnaround time was 18.3%.

Conclusions: The present design of the preanalytical system was adapted to the characteristics of our laboratory, with a large number of samples and with limited working hours, however, improvements should be made. Even the more favorable theoretical model does not allow us to make an aliquot for storage of serum in our work time. Additional studies are needed, including the total turnaround time of process in the immunoassay analyzers, to verify if a possible grouping of immunoassay analyzers and, in particular, which of them, will increase the efficiency of the overall analytical process.

© 2008 AEBM, AEFA y SEQC. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La implantación de sistemas preanalíticos en los laboratorios clínicos se ha convertido en una necesidad en aquellos que procesan un elevado volumen de muestras y poseen una amplia diversidad en la cartera de servicios, ya que posibilitan un aumento en la capacidad de trabajo, disminuyen los errores, aumentan la seguridad biológica¹ y incrementan la eficiencia².

La elección de un sistema preanalítico implica una revisión exhaustiva previa de la estructura física (espacio, tipo de analizadores) y organizativa (personal, horario laboral) del laboratorio. También un estudio de las necesidades, de la posibilidad de reemplazar analizadores, de la aplicación de estrategias que afectan a cambios organizativos y de la redistribución de las cargas de trabajo de los diferentes sistemas analíticos³.

En esta elección, hay que considerar que, las políticas de marketing de la industria del diagnóstico in vitro y la forma de adquisición de instrumentación en los laboratorios públicos, hacen difícil la desvinculación de los sistemas preanalíticos y analíticos. Por otro lado, la mayor carga del trabajo del laboratorio en el área de sueros recae sobre sistemas analíticos de química general y de inmunológica⁴.

Hay una gran diversidad de sistemas robóticos que actúan en la clasificación, la identificación, la centrifugación, el alicuotado, la carga de analizadores y el almacenamiento de muestras. La robotización total incluiría todos los puntos mencionados, y la parcial, algunos de ellos⁵.

El sistema modular preanalítico (MPA) unido al sistema modular analítico SWA (Roche Diagnostics) permite la robotización tanto parcial como total. Realizar alicuotas

previas posibilita el procesamiento analítico simultáneo de las muestras en diferentes analizadores, conectados o no al sistema preanalítico. Es un sistema flexible, modular y mixto, entre un alicuotador y una cadena de transporte, que permite la posibilidad de evolucionar, en función de la experiencia y las necesidades que se van planteando en el tiempo, a un sistema más abierto o más cerrado.

El Laboratorio Clínico Bon Pastor es un laboratorio público de análisis clínicos que integra las áreas de bioquímica, hematología y microbiología, y cuya función principal es dar servicio a los equipos de atención primaria del Área Norte de la ciudad de Barcelona. Se reciben aproximadamente 1.400 especímenes de suero al día, con una carga de 15.400 magnitudes biológicas. Posee una amplia cartera de servicios (bioquímica general, hormonas, marcadores tumorales, proteínas, serología infecciosa, autoinmunidad, diagnóstico prenatal y bioquímica especial derivada al laboratorio de referencia). El funcionamiento es de turno laboral único de 8 h/día, y el personal técnico posee un horario de trabajo de 7 h diarias.

La situación previa a la implantación de la gestión automatizada de muestras era la siguiente:

- Extracción de 2 tubos de suero, uno de ellos exclusivo para serología infecciosa.
- Procesamiento secuencial de tubo primario en los diferentes analizadores o realización de alicuotas manuales.
- Equipamiento analítico: 1 analizador modular ISE-DDPP (Roche Diagnostics), 2 analizadores Architect i2000 (Abbott Diagnostics), 3 analizadores Vitros ECI (Ortho Diagnostics), 1 analizador Immulite 2500 (Siemens Diagnostics), 1 analizador Elecsys 2010 (Roche Diagnostics), 1

analizador Vidas (BioMerieux), 1 analizador de ELISA Zenith (Menarini), 1 analizador Labotech (Palex Diagnostica), 1 analizador Capillarys 2 (Sebia Hispania), 1 fotómetro de llama IL 945 (IZASA) y 1 analizador DELFIA Xpress (Perkin Elmer).

- Procedimientos manuales: técnicas de serología infecciosa, la recogida de muestra para laboratorio externo y la realización de archivo de muestras, por decantación a partir del tubo primario, una vez finalizados los procedimientos analíticos.

La elección del sistema preanalítico se realizó para no realizar cambios radicales en la dotación previa de analizadores, y para disminuir el impacto de la introducción del sistema en la organización del personal. Se planteó que el proceso debería ser dinámico en el tiempo, para poder evolucionar a un sistema más integrado según las futuras necesidades y la experiencia adquirida.

Se escogió el sistema modular preanalítico MPA para unirlo al sistema modular analítico SWA (Roche Diagnostics), con la intención de disponer de un solo tubo de suero, evitar la manipulación de muestras (alícuotación manual y decantación), poseer un sistema automático de control de trazabilidad de la muestra y disponer, en la medida de lo posible, de alícuotas no contaminadas para un archivo informatizado de muestras.

Como condición imprescindible, se decidió que el tiempo de distribución y alícuotación de las muestras debería ser lo más breve posible, para dar tiempo a la finalización del procesamiento de éstas en los analizadores del SWA (ISE-DDPP y E-170), dentro del horario laboral del mismo día de su procesamiento por el MPA.

Este trabajo tiene 2 objetivos:

1. Descripción de la aplicación del MPA conectado a un sistema modular analítico SWA (Roche Diagnostics).
2. Estudio de la velocidad de procesamiento del sistema MPA en condiciones reales de trabajo, y en condiciones teóricas obtenidas a partir de 2 modelos basados en la unificación de destinos de alícuotación. La finalidad de este estudio es conocer las limitaciones de velocidad del sistema preanalítico para mejorar la disponibilidad de muestras en la etapa analítica.

Material y métodos

Descripción del sistema preanalítico

El MPA configurado en nuestro laboratorio consta de los siguientes módulos:

- Módulo de entrada (IBM).
- Módulo destapador (DSP).
- Módulo alícuotador (AQN).
- Módulo etiquetador (BCL).
- Módulo taponador (RSP).
- Módulo distribuidor de alícuotas (FSS).
- Módulo de salida de tubos (OBM).
- Línea de transporte *core* (CTL): transporta los *racks* entre los distintos módulos del sistema.
- Línea de conexión: es la ruta por la que los *racks* de

suero pasan a los módulos analizadores ISE-DDPP y E-170.

Sistema analítico conectado al módulo preanalítico

El SWA está configurado en 2 plataformas unidas mediante la línea de conexión al MPA. La primera ISE-DDPP consta de 2 módulos potenciométricos (ISE900), 2 módulos fotométricos (D2400) y 2 módulos inmunoturbidimétricos e inmunoenzimáticos (P800). La segunda, de un analizador de inmunoluminiscencia (E170).

El sistema integrado MPA-SWA está conectado al sistema informático del Laboratorio Silverlab (DAS, S.L.) mediante el aplicativo Preanalytic System Manager (PSM), que actúa como estación intermedia. El PSM controla y dirige las muestras en el sistema, envía los resultados obtenidos al sistema informático del laboratorio (SIL) y da posición informatizada de archivo de muestras.

Los destinos y la forma de procesamiento diseñados inicialmente por el proveedor basados en nuestros requerimientos se muestran en la [tabla 1](#). Posteriormente, y durante el período de familiarización, se produjo una serie de modificaciones representadas en la [tabla 2](#).

Ya en la fase de diseño, acordamos con la casa comercial no realizar alícuota *on-line* para los ISE-DDPP, por el gran incremento de alícuotas que supondría esta posibilidad, ya que el 93,1% de los sueros introducidos en el MPA requieren ser procesados por los ISE-DDPP y esto no era posible con nuestro horario de trabajo.

Modo operativo del sistema

Se cargan los tubos primarios (Vacuette, España) de 10 mL en *racks* del MPA en el módulo IBM. Son identificados y enviados al módulo destapador desde donde se dirigen al módulo alícuotador que hace las diferentes alícuotas de acuerdo con la configuración de los destinos que se haya programado en el MPA.

Desde el módulo alícuotador, las alícuotas *off-line* pasan al módulo etiquetador y posteriormente al módulo retaponador (actualmente desactivado), y desde aquí son enviadas al módulo distribuidor, excepto una, la alícuota *off-line* de Architect, que por ser el destino de mayor número de tubos, se envía directamente a la salida cuarta del módulo OBM. Se ha configurado de esta forma para poder tener más capacidad en los destinos del módulo distribuidor y no tener que abrirlo con mucha frecuencia, con lo que se evita disminuir la velocidad. En el módulo distribuidor, las alícuotas son colocadas en las bandejas por destinos, de acuerdo con la configuración establecida para los destinos *off-line* ([tabla 2](#)). Los tubos primarios circulan por las líneas de transporte hasta la bandeja tercera del módulo OBM.

Las alícuotas *on-line* circulan por las líneas de transporte y conexión hasta el analizador E-170.

Se cargan de forma manual las bandejas con los tubos primarios en el analizador ISE-DDPP y se anula el destino de alícuota para archivo de muestras, para optimizar la velocidad de procesamiento. Una vez procesados en el ISE-DDPP, los tubos primarios son pasados por el lector de códigos de barras del PSM, para asignarles posición de archivo en seroteca.

Tabla 1 Configuración de destinos inicial

Destino	Tipo de muestra	Módulo de salida FSS	Módulo de salida OBM
Architect	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Coombs indirecto	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Immulite	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Zenith	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Labotech	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Fotómetro de llama	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Capillary	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Pruebas especiales laboratorio externo de bioquímica	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Pruebas especiales laboratorio externo de serología	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Pruebas manuales	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Vidas	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Vitros	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Modular ISE-DDPP	Tubo primario <i>on-line</i>	No	No
E-170	Alícuota <i>on-line</i>	No	No
Archivo de suero	Alícuota <i>off-line</i>		Sí
Errores			Sí
Tubos vacíos			Sí

Tabla 2 Configuración de destinos modificada y definitiva

Destino	Tipo de muestra	Módulo de salida FSS	Módulo de salida OBM
Architect	Alícuota <i>off-line</i>		Sí
Coombs indirecto	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Immulite	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Zenith	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Labotech	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Fotómetro de llama	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Capillary	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Pruebas especiales laboratorio externo de bioquímica	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Pruebas especiales laboratorio externo de serología	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Pruebas manuales	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Vidas	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Vitros	Alícuota <i>off-line</i>	Sí	–
Modular ISE-DDPP	Tubo primario <i>off-line</i>	–	Sí
E-170	Alícuota <i>on-line</i>	No	No
Archivo de suero	No	–	–
Errores			Sí
Tubos vacíos			Sí

Estudio de las velocidades de procesamiento

Durante un periodo de 32 días se obtienen datos de las siguientes variables:

- Tiempo de procesamiento preanalítico. Se entiende como tal el intervalo de tiempo transcurrido desde que el módulo IBM lee el código de barras del primer tubo primario de suero hasta el momento en que sale el último tubo primario por el módulo OBM.
- Número de especímenes de suero procesados en el módulo preanalítico.
- Número de alícuotas realizadas. Obtenido a partir de una extracción en el SIL de un listado con la demanda solicitada para cada uno de los diferentes destinos configurados.
- Cálculo de la velocidad de procesamiento por espécimen procesado y por alícuota producida. Se calcula la media y su intervalo de confianza (IC) para cada una de las variables.
- Cálculo de la velocidad de procesamiento en 2 modelos teóricos. Con la voluntad de realizar en un futuro un menor número de alícuotas y que éstas puedan ser procesadas *on-line* en los módulos E-170, se construyen 2 modelos teóricos producto de la unificación de destinos y

que afectan a los diferentes analizadores de inmunoquímica. El primer modelo agrupa los destinos de E170, Architect y Vitros; el segundo modelo agrupa los destinos de E170, Architect, Vitros e Immulite. La razón de excluir en el primer modelo el destino Immulite es porque interesa estudiarlo por separado, debido a que en éste están incluidas magnitudes biológicas poco frecuentes que, por razones de eficiencia, no se procesan diariamente

Se obtiene para cada modelo el número de alícuotas resultante y la velocidad de procesamiento de las muestras en dichas condiciones.

Para conocer el número de alícuotas teóricas, se realiza una extracción en el SIL de la demanda solicitada para los diferentes destinos diseñados de cada uno de los modelos. La diferencia entre la suma de alícuotas reales y el número de alícuotas teóricas para cada uno de los modelos indica si hay una mejora de la velocidad de procesamiento en estos modelos.

Ejemplo. El día A se hacen 1.347 alícuotas: 592 van al destino Architect, 140 a Immulite, 168 a Vitros y 194 a E-170. Se realizan en total para estos 4 destinos 1.096 alícuotas. Si aplicamos el modelo teórico 2, con la extracción realizada en el SIL, se obtiene 852 alícuotas teóricas. La diferencia entre el modelo real y el teórico es de 244 alícuotas, lo cual representa un ahorro de un 22% de alícuotas.

El cálculo del tiempo de procesamiento de los modelos teóricos se infiere del número de alícuotas teóricas y de los resultados del número de alícuotas y tiempo de procesamiento en condiciones reales de trabajo.

La velocidad de procesamiento de los especímenes, para cada modelo teórico, se realiza dividiendo el número de especímenes reales procesados por el tiempo teórico obtenido.

Se comparan los tiempos y las velocidades de procesamiento obtenidas entre el modelo real y los 2 modelos teóricos.

Resultados

Las modificaciones realizadas en el sistema y los argumentos que han conducido a los cambios en el diseño inicial son los siguientes:

- Anulación funcional del módulo retaponador porque en nuestro caso no aporta ventajas al proceso (la mayoría de las alícuotas se procesan en el mismo día y se externalizan pocas muestras).
- Supresión funcional de la línea de conexión entre MPA y el analizador modular ISE-DDPP por 2 motivos: el primero es que el ISE-DDPP requiere para estar operativo de un tiempo de preparación superior a la capacidad de almacenamiento del búfer de entrada de tubos que proviene del MPA y esto produce interrupciones en el MPA; el segundo es que el sistema no fue pensado originalmente para trabajar con tubos primarios *on-line* y carece de mecanismos de seguridad que impidan que pasen tubos sin destapar, cuando hay errores de destaponamiento. Esto da lugar a que se produzcan

roturas de sondas de muestra. Por ello, se decidió la carga manual en el ISE-DDPP, para realizar una inspección visual de los tubos.

- Salida por la bandeja cuarta del OBM de las alícuotas destinadas a Architect. Este cambio se decidió porque el gran número de alícuotas realizadas para este destino hacía complicada su ubicación en el módulo FSS.
- No realización de alícuotas no contaminadas para el archivo informatizado de muestras, por 2 motivos: en primer lugar, por el gran enlentecimiento de la velocidad de proceso al tener que hacer una media de 1.364 alícuotas diarias más, y en segundo lugar, por el aumento de incidencias por muestra insuficiente. Actualmente, al finalizar el procesamiento de las muestras en el analizador modular ISE-DDPP, se realiza el archivo de muestras en tubo primario, sin decantación, utilizando el PSM para su clasificación. Este archivo se mantiene en nevera a 4–8 °C durante una semana.

Estudio de las velocidades de procesamiento

Durante los 32 días del estudio se procesan en el sistema MPA una media de 1.364,2 (1342,7–1385,7) especímenes de suero/día, con un promedio de 1.294,1 (1271,1–1317,2) alícuotas, que se distribuyen según los destinos especificados en la [tabla 3](#). El número medio de alícuotas generadas por espécimen es de 0,95 (0,93–0,96). El número medio de alícuotas *on-line* (modular E-170) es de 0,15 (0,14–0,16).

El tiempo de procesamiento preanalítico medio por día de trabajo es de 255,9 (247,5–264,3) min –4h y 26 min–, con una oscilación de aproximadamente 15 min.

La velocidad media del proceso es de aproximadamente 320 especímenes/h. Una especificación de los resultados

Tabla 3 Media aritmética del número de alícuotas por destino

Destino	Número alícuotas/día, media (n = 32)	IC del 95%
Architect	572,6	559,2–586,1
Coombs indirecto	22,2	21,0–23,4
E-170	205,7	197,1–214,3
Immulite	133,9	128,6–129,2
Labotech	60,0	56,4–63,5
Zenith	29,0	27,3–30,8
Fotómetro de llama	4,8	3,9–5,7
Capillary	27,3	25,4–29,2
Pruebas derivadas laboratorio externo de bioquímica	40,9	38,1–43,8
Pruebas especiales laboratorio externo de microbiología	4	3,1–4,9
Pruebas manuales	18,1	16,4–19,8
Vidas	9,6	8,3–10,9
Vitros	165,9	159,3–172,5

IC: intervalo de confianza.

Tabla 4 Medias con intervalos de confianza (IC) de las variables estudiadas para las condiciones de trabajo actuales (modelo real) y para los modelos teóricos durante un período de 32 días

	Modelo real	Modelo teórico 1	Modelo teórico 2
Media especímenes/día (IC del 95%)	1364,2 (1342,7–1385,7)	1364,2 (1342,7–1385,7)	1364,2 (1342,7–1385,7)
Media alícuotas/día (IC del 95%)	1294,1 (1271,1–1317,2)	1148,6 (1127,4–1169,7)	1057,4 (1039,4–1075,4)
Media alícuotas/especímen (IC del 95%)	0,95 (0,93–0,96)	0,84 (0,83–0,85)	0,78 (0,76–0,79)
Media tiempo proceso/día, (IC del 95%), min	255,9 (247,5–264,3)	227,1 (219,6–234,5)	209,1 (202,4–215,8)
Media especímenes/h (IC del 95%)	319,9 (311,3–333,0)	360,0 (351,0–375,0)	391,2 (381,1–407,3)

anteriormente mencionados junto con los obtenidos en los modelos teóricos se muestra en la tabla 4. Durante el período de estudio, se observa un rendimiento del sistema de 303 (295–316) alícuotas/h. No se aportan resultados para esta variable de los modelos teóricos, ya que para su obtención es necesario poner en práctica estos modelos.

La carga media de trabajo en magnitudes día de los analizadores que entran en los modelos teóricos fue la siguiente: ISE-DDPP 13200, Architect 930, Vitros ECI 460, Inmulite 240 y modular (E-170) 270.

Con los modelos teóricos 1 y 2 se obtiene respecto al modelo real:

- Una reducción de 145,5 y 236,7 alícuotas/día, respectivamente, lo que representa un 11,2 y un 18,3%, respectivamente, menos del número de alícuotas producido en condiciones normales.
- Una disminución en el número de alícuotas/especímen de 0,11 y 0,18, respectivamente.
- Se reduce el tiempo de proceso en 28,8 y 46,8 min, respectivamente, lo que supone un ahorro de tiempo del 11,3 y el 18,3%, respectivamente, en comparación con las condiciones de trabajo actuales.
- Un aumento de la velocidad del procesamiento de muestras en 40,1 y 71,3 especímenes/h, respectivamente, lo que representa una mejora del 12,5 y el 22,3%, respectivamente.

Conclusiones

La elección de un sistema preanalítico para el procesamiento de especímenes de suero no es una tarea fácil⁶, teniendo en cuenta la diversidad de sistemas en el mercado, así como la variabilidad de funcionamiento de los laboratorios clínicos. Las aproximaciones entre la oferta del proveedor y la demanda del laboratorio se realizan según planteamientos teóricos, ya que no es posible realizar una evaluación in situ, previa a la adquisición del equipo, debido a la complejidad de su instalación.

En nuestro laboratorio, se escogió el sistema preanalítico MPA conectado a un Sistema Modular Analítico SWA por diversos motivos. Es un sistema híbrido, que integra robótica de alícuotación y clasificación de muestras, así como, conexión directa con los analizadores. En nuestro caso su conexión con el ISE-DDPP era compatible, que ya estaba en funcionamiento en el laboratorio y estábamos familiarizados con él. Los módulos son independientes y pueden desconectarse. Se proporciona con la adquisición del MPA, un

gestor de muestras PSM, que, entre otras funciones, permite la trazabilidad de las muestras y la gestión informática del archivo de éstas. Era una opción que se adaptaba al espacio físico del laboratorio y su elección no representaba un cambio radical en su organización.

Si bien el diseño previo realizado por el proveedor no se ajustó exactamente a nuestros requerimientos, en la fase inicial de la aplicación se realizaron los cambios pertinentes para su adecuación.

La introducción del sistema nos ha reportado grandes ventajas. Entre ellas destacamos: la utilización de un único tubo de suero, menor manipulación de las muestras, disminución del número de errores, reducción del riesgo de contaminación biológica del personal, control de la trazabilidad de la muestra, archivo informatizado de la misma y reducción del tiempo de entrega de resultados.

Sin embargo, para optimizar nuestro laboratorio necesitamos mejorar la velocidad de procesamiento de los especímenes en el MPA. La forma más factible de hacerlo es disminuir el número de alícuotas por especímen, unificando destinos de alícuotación. Esto permitiría disminuir el tiempo de procesamiento de los especímenes y el número de incidencias por muestra insuficiente.

Los resultados del modelo real nos indican que comenzando a procesar por el MPA los especímenes a las 11.00 h de la mañana, el proceso preanalítico finaliza a las 15.30 h. Esto nos da un margen de 1 h para poder acabar el procesamiento analítico en el SWA. En las condiciones actuales, la velocidad del proceso es de 320 especímenes/h, para un promedio de 0,95 alícuotas/especímen. La velocidad máxima teórica según las especificaciones del proveedor, tal y como está estructurado nuestro sistema preanalítico, es de 400 especímenes/h, ya que hemos prescindido del módulo de centrifugación, conocedores de que su introducción enlentece el proceso a 250 especímenes/h. Con el modelo teórico 2 se alcanzaría una velocidad de 396 especímenes/h, que es prácticamente la máxima que permite el sistema.

Hay que tener presente que los cálculos realizados para los modelos teóricos son una aproximación a lo que sucedería en la realidad si adaptásemos el sistema a dichas configuraciones, ya que no podemos inferir la presencia de una relación lineal entre la disminución del número de alícuotas y el aumento de la velocidad de generación de éstas. Esta conclusión la corroboran otros autores⁷.

En un estudio realizado en el Hospital Virgen de la Arrixaca⁸, se obtiene una velocidad para este sistema preanalítico de 277 especímenes/h para una media de 1,38 alícuotas/especímen. Si inferimos dicha velocidad de proceso a nuestra carga de trabajo, la velocidad se sitúa en 402 especímenes/h, que es superior a la máxima teórica del

sistema. Esto nos refuerza en la idea de que es arriesgado realizar cambios radicales al implantar un sistema preanalítico: se deben tener datos de estudios reales de las prestaciones que proporciona una determinada configuración de la robótica.

Con la unificación de todas las técnicas inmunoquímicas en un solo destino podríamos obtener un tiempo adicional de 47 min. Como es obvio, esta solución implica disponer de un solo tipo de analizador. En nuestro estudio, la combinación de unificación de destinos en los modelos teóricos 1 y 2 se realizó según la disponibilidad de los proveedores de las pruebas realizadas en los diferentes analizadores. En nuestro caso, E-170 y Architect son los que disponen de un mayor catálogo de pruebas y una mayor velocidad de proceso.

Para aprovechar las ventajas de la conexión al MPA, el analizador E-170 podría ser el escogido. Pero, debido a que el diseño del sistema está pensado para trabajar con alícuotas *on-line*, esta elección nos obligaría a procesar, en el mismo día del procesamiento en el MPA, la mayor parte de las pruebas de inmunoquímica. Evidentemente, con nuestra limitación horaria sería necesario introducir más módulos E-170, ya que el equipamiento actual sería insuficiente para absorber toda la carga de trabajo de este modelo teórico. Otra cuestión que hay que tener en cuenta si se escoge el anterior modelo es la ubicación física de los nuevos módulos en el espacio disponible, porque aumentará considerablemente la longitud de la cadena. Por otro lado, se ha de planificar de forma meticulosa el número de módulos necesarios y rediseñar su conexión a la cadena, ya que los analizadores E170 podrían suponer un “cuello de botella”, si su velocidad de procesamiento es menor que la del sistema preanalítico.

Posiblemente la solución a nuestras necesidades –que podría ser aplicable a otros laboratorios de características similares al nuestro– se basa en un modelo diferente a los estudiados, en el que se repartan las técnicas de inmunoquímica en 2 tipos diferentes de analizadores: Uno conectado al sistema preanalítico y otro externo. Se necesitaría, por tanto, de otro estudio adicional que incluyera los tiempos de procesamiento analítico para saber qué número de pruebas se podrían añadir a E-170 y de qué analizadores se podría prescindir.

Se deduce del estudio que, incluso alcanzando la máxima velocidad de proceso que se apunta en el modelo teórico 2, teniendo en cuenta nuestras limitaciones horarias, no sería factible hacer una alícuota no contaminada para archivo de muestras, ya que implicaría realizar un promedio diario de 2.421,8 alícuotas: esto no sería factible con nuestra organización actual.

En resumen, la aplicación MPA-SWA en nuestro laboratorio se enmarca en un proceso en evolución. Una vez finalizada la primera fase de aplicación, se nos plantean nuevos retos para mejorar las prestaciones del sistema y la organización del laboratorio.

Bibliografía

1. Colman JW, Mifflin TE, Felder A, Demers LM. Evaluation of and automated preanalytical robotic workstation at two academic health centers. *Clin Chem.* 2002;48:540–8.
2. Young DS. Laboratory automation: smart strategies and practical applications. *Clin Chem.* 2000;46:740–5.
3. Hawker CD, Garr SB, Hamilton IT, Penrose JR, Ashwood ER, Weiss RL. Automated transport and sorting system in a large reference laboratory. Part I. Evaluation of needs and alternatives and development of a plan. *Clin Chem.* 2002;278:217–77.
4. Andrade Olivie MA, Torreira Banzas C, Varela Morlón C, Repáraz Andrade A, Mariño Valiño G, González Valverde C. Robotización del área de preanalítica del CHU Xeral-Cies. Implantación de un sistema de gestión de muestras. VIII Reunión de la Sociedad Española de Dirección y Gestión de los Laboratorios Clínicos. Vigo, 2004. Disponible en: http://sediglac.org/congresos/8congreso-4/textos/AndradeOlivieM_01.htm.
5. Casís E, Bedini JL. Fase preanalítica. Taller. VI Reunión de la Sociedad Española de Dirección y Gestión de los Laboratorios Clínicos. Girona, 2002. Disponible en: <http://sediglac.org/congresos/6congreso-02/talleres/CasisE.htm>.
6. Melanson SE, Lindeman NI, Jarolim P. Selecting automation for the clinical chemistry laboratory. *Arch Pathol Lab Med.* 2007;131:1063–8.
7. Coldman JW, Mifflin TE, Felder A, Demers LM. Evaluation of an automated preanalytical robotic workstation at two academic health centres. *Clin Chem.* 2002;48:540–8.
8. Tornel PL, Ayuso E, Martínez P. Evaluation of the turnaround time of an integrated preanalytical and analytical automated modular system, in a medium-sized laboratory. *Clin Biochem.* 2005;38:548–51.