

# El comportamiento de la volatilidad intradía del futuro IBEX-35 ante la llegada de información al mercado

## *Intraday volatility and information arrival in the IBEX-35 futures markets*

**Raquel Quiroga García.** Universidad de Oviedo

**Isidro Sánchez Álvarez.** Universidad de Oviedo

**RESUMEN** Este trabajo persigue un doble objetivo. Por una parte, pretende comprobar si la volatilidad intradía del futuro sobre el IBEX-35, presenta una estructura de componentes, que nos permitiría dividir la misma en un componente transitorio o de corto plazo, y otro permanente o de largo plazo. Una vez comprobada la presencia de esta estructura, introduciremos el volumen y el número de transacciones en la ecuación de la varianza, con el fin de comprobar si la persistencia observada en la volatilidad, desaparece con la introducción de estas variables, tal y como apuntan algunos resultados anteriores. En caso afirmativo, podríamos concluir que la presencia de estos componentes está asociada a los flujos de información y que las variables escogidas son buenos indicadores de la llegada de información al mercado.

**PALABRAS CLAVE** Volatilidad intradía; Persistencia; Información.

**ABSTRACT** The aim of this article is to analyse if the intraday volatility of the IBEX-35 index future contract can be structured into two components: a permanent component, for the long-term, and a transitory one for the short-term. Once we have checked this structure, we introduce in the model the volume and the number of transactions in order to study the reaction of the persistence of the intraday volatility of the IBEX-35 index future contract. If such persistent behaviour disappears, the volume and the number of transactions can be labelled as good proxies for the rate of information flow. At the same time, if those two components are not significant any more, it could be said this components arise because of the information that arrives to the market.

**KEYWORDS** Intraday volatility; Persistence; Information.

## 1. INTRODUCCIÓN

Una de las características más relevantes de la volatilidad de las series financieras es su comportamiento persistente: la repercusión de un cambio en los precios no desaparece de modo inmediato sino que está presente durante varios períodos. Este comportamiento persistente se debe principalmente a que la información sobre las rentabilidades actuales ejerce una gran influencia en el comportamiento de los precios futuros, incluso cuando éstos sean poco predecibles.

El trabajo de Lamoureux y Lastrapes [1990]<sup>(1)</sup> es pionero en el análisis de las relaciones entre volumen y volatilidad en base a la dependencia que ambas variables mantienen con la tasa de llegada de información al mercado. En él se sostiene que la presencia de una es-

(1) De aquí en adelante LyL [1990].

estructura ARCH —autorregresiva y heteroscedástica— en las series de rentabilidades diarias de veinte acciones individuales puede ser explicada por su relación con la llegada de información al mercado utilizando el volumen como proxy de la afluencia de noticias. Comprueban así que la introducción del volumen en el Modelo GARCH (1,1) elimina la persistencia observada para la volatilidad de las distintas acciones, lo que les permite afirmar que el volumen es una buena proxy de la llegada de información al mercado.

Este trabajo se asienta en la línea iniciada por LyL [1990], introduciendo diferentes variaciones sobre su modelo inicial. Para ello, se estudiará en primer lugar la presencia de un comportamiento persistente en la volatilidad intradía del futuro sobre el IBEX-35. A tal fin, se han elegido dos modelos que permiten analizar el comportamiento de dicha volatilidad: el Modelo GARCH (1,1) como modelo de referencia; y una generalización del mismo: el Modelo GARCH de Componentes. Este modelo permitirá analizar la presencia de una estructura de componentes en la volatilidad intradía del futuro IBEX-35.

El estudio de la repercusión de la llegada de información al mercado sobre la persistencia de la volatilidad, se realizará tomando como variables proxies de la afluencia de información el volumen y el número de transacciones, lo que permitirá conocer si a los agentes que participan en el mercado les proporciona mayor utilidad conocer el número total de acciones negociadas (información suministrada por el volumen) o el número de agentes subyacentes a un movimiento en los precios (información aproximada por la variable número de transacciones)<sup>(2)</sup>. Llegado este punto, y una vez seleccionados los mejores modelos en cada caso, se realizará un breve análisis *out-of-sample* en el que se tratará de seleccionar el modelo de mayor capacidad predictiva para cada una de las frecuencias consideradas.

La principal novedad de este trabajo se centra en el hecho de ser uno de los primeros estudios que analizan el mercado de futuros sobre el índice español IBEX-35 a nivel intradiario. Ya que, aunque el mercado español ha sido analizado en el ámbito diario anteriormente por otros autores, ningún análisis se ha realizado hasta el momento sobre la modelización heteroscedástica de la volatilidad y el volumen simultáneamente en términos intradiarios<sup>(3)</sup>.

En lo que se refiere a la persistencia de la volatilidad en los mercados españoles, ésta ha sido analizada ya por algunos autores, véase García [1999] o Aragón y Nieto [2001]. No obstante, ninguno de estos trabajos ha estudiado la repercusión de la introducción de la información en el modelo sobre el comportamiento persistente de la volatilidad intradía del futuro IBEX-35, objetivo último de este trabajo. Por su parte, aunque la volatilidad en el mercado español para diferentes índices o activos sí ha sido ya modelizada en el ámbito diario<sup>(4)</sup>, la presencia de una estructura de componentes en la volatilidad nunca ha sido analizada para el mercado español, por lo que este trabajo también es pionero en ese campo.

Por último, otra de las ventajas del estudio es el período de tiempo sobre el que se realiza el trabajo, ya que al ser muy cercano al momento actual, nos permitirá contribuir a explicar el comportamiento de la volatilidad intradía en una época de grandes incertidumbres en el ámbito de la economía internacional.

(2) En Jones *et al.* [1994] se concluye que el número de transacciones tiene un mayor poder explicativo que el volumen sobre el comportamiento de la volatilidad.

(3) Nieto [1999] analizó la relación entre la volatilidad y el volumen intradía del futuro IBEX-35, pero utilizó una metodología basada en estimaciones por mínimos cuadrados ordinarios distinta a la que aquí se plantea.

El resto del trabajo se estructura de la siguiente forma. A lo largo de la segunda sección, se realizará una revisión de la literatura referente a la presencia de persistencia en la volatilidad de diferentes activos financieros. La tercera sección se dedica a analizar la base de datos y la metodología utilizadas en el trabajo. En la cuarta sección se comentan los resultados obtenidos y la quinta sección presenta las conclusiones más importantes del estudio.

## 2. LA PERSISTENCIA DE LA VOLATILIDAD EN LA LITERATURA

A partir del trabajo de Lamoreux y Lastrapes [1990] han sido numerosos los autores que han extendido este análisis en diferentes direcciones. El trabajo de LyL [1990] comprueba cómo la introducción del volumen en el modelo GARCH (1,1) es capaz de reducir, e incluso eliminar, el comportamiento autorregresivo y heteroscedástico observado en la volatilidad de los títulos del mercado americano. Esto les permite afirmar que el volumen es una buena variable proxy de la llegada de nueva información al mercado.

No obstante, los resultados obtenidos por la literatura para los distintos activos estudiados no son homogéneos. La mayor parte de los trabajos posteriores a LyL [1990], concluye que el volumen únicamente reduce la persistencia de la volatilidad intradía, pero no logra eliminarla por completo. Así se comprueba en trabajos como Sharma *et al.* [1996], García [1999] o el de Omran y McKenzie [2000].

Los trabajos anteriores presentan resultados en la línea de los obtenidos por LyL [1990], pero también se han observado resultados opuestos. Entre ellos, destacar los trabajos de Najand y Yung [1991], Foster [1995] o Rahman y Ping [2000]. En todos estos estudios, los resultados muestran que la persistencia observada en la volatilidad se mantiene elevada tras la inclusión del volumen en el modelo. Como justificación proponen que el volumen se puede interpretar como una variable endógena en el modelo, lo que suscitaría la presencia de un problema de simultaneidad entre ambas variables<sup>(5)</sup>. Para resolver esta situación, introducen el volumen retardado, si bien los resultados obtenidos continúan mostrando la existencia de un comportamiento persistente para la volatilidad analizada. Según Foster [1995], estos resultados apoyan la hipótesis de Blume *et al.* [1994] de que el volumen de negocio proporciona información sobre la dispersión y calidad de las noticias que llegan al mercado, pero no representa la información en sí misma; de ahí que, a pesar de su significatividad estadística, no sea suficiente para explicar el comportamiento observado en la volatilidad. Por este motivo Aragón y Nieto [2001] introducen el volumen total inesperado, es decir, el volumen motivado por el flujo de información que no es previsible por los agentes del mercado<sup>(6)</sup>. Estos autores concluyen que el volumen inesperado constituye un indicador más apropiado para la llegada de noticias al mercado que el volumen total, pues a pesar de no eliminar totalmente los efectos GARCH, tiene un efecto mayor sobre el comportamiento de la volatilidad condicional.

Uno de los trabajos más recientes que analizan la persistencia en la volatilidad es el de McMillan y Speight [2002]. En su estudio, no se limitan a seguir el modelo propuesto por LyL [1990], sino que primeramente analizan la presencia de una estructura de componentes en la volatilidad intradía del futuro sobre el bono británico y, a continuación, tratan de

(5) Este problema de simultaneidad también ha sido discutido en los trabajos de Harvey [1989] y LyL [1990].

(6) También Easley y O'Hara [1992] y Bessembinder y Seguin [1993] consideran que la presencia de volúmenes anormalmente altos o bajos son signos potenciales de la llegada de información nueva al mercado.

comprobar el efecto sobre ambos componentes de la introducción del volumen en el modelo. Utilizan para ello, datos intradía de dos futuros sobre dos bonos negociados en el mercado británico uno de corto plazo y otro de largo plazo, que agrupan en frecuencias de 5, 15 y 60 minutos, así como de un cuarto de día, medio día y diaria. En este trabajo, comprueban cómo la volatilidad intradía de ambos contratos de futuros se puede explicar mejor a través de una estructura de componentes: uno permanente cuyos efectos están presentes durante varios días y otro transitorio cuyos efectos desaparecen al cabo de unas horas. Asimismo, tratan de comprobar si el volumen es capaz de contribuir a explicar la presencia de los mismos, apoyándose en la hipótesis mantenida por Andersen y Bollerslev [1997] de que la existencia de componentes en la volatilidad intradía es debida a la llegada de información heterogénea al mercado. Introducen, para ello, el volumen en la ecuación del componente permanente y posteriormente en la del componente transitorio, observando que, en el primer caso, la introducción del volumen en el componente permanente, conlleva una reducción en su persistencia y en la significatividad del resto de coeficientes. En el segundo caso, tras introducir el volumen en la ecuación del componente transitorio, se observa que aunque sí se produce una reducción en los coeficientes de ambos componentes, para el permanente el efecto es menor. En ambos casos, los coeficientes correspondientes al volumen resultan positivos y significativos para todas las frecuencias y para los dos contratos considerados. En conclusión, estos resultados apoyan los resultados obtenidos en el trabajo de LyL [1990] con la salvedad de que en algunos casos no se logra eliminar completamente los efectos GARCH, sino únicamente reducirlos.

La abundante literatura sobre este tema pone de manifiesto la relevancia de las relaciones entre la volatilidad y las noticias que llegan al mercado aproximadas principalmente por el volumen de negociación. En este sentido, este trabajo trata de analizar los efectos que la llegada de información tiene sobre la volatilidad intradía del mercado de futuros IBEX-35. Para ello, se escogieron como variables proxies de la llegada de información al mercado, el volumen y el número de transacciones. Y, siguiendo los trabajos de García [1999] y de McMillan y Speight [2002], se introducirán estas variables en el modelo GARCH (1,1) y en las ecuaciones de los componentes del Modelo de Componentes. Así se conocerá el grado de persistencia de la volatilidad intradiaria y de sus componentes, a la vez que se tratará el comportamiento de la misma tras la consideración de dichas variables en los modelos econométricos anteriores. Por último, se analizará la capacidad predictiva de los modelos con la finalidad de conocer aquellos que mejor aproximan el comportamiento futuro de la volatilidad intradía del futuro IBEX-35.

### 3. DATOS Y METODOLOGÍA

#### 3.1. DATOS

Para la realización de este trabajo disponemos de una base datos facilitada por MEFF Sociedad Holding, del mercado de derivados español que incluye datos de cotizaciones y volúmenes tick a tick de todos los contratos de activos derivados negociados en el entorno de MEFF. Para este trabajo se han tomado los datos correspondientes al futuro sobre el IBEX-35, durante el período que abarca desde el 17 de enero de 2000, hasta el 30 de diciembre de 2002<sup>(7)</sup>.

(7) Se ha tomado este período, dado que durante el mismo no se produce ninguna variación en el horario de negociación, sien-

A partir de estos datos se han generado series de rentabilidades, volúmenes y número de transacciones agregadas en períodos de 5, 15, 60 minutos y medio día<sup>(8)</sup>. En cada una de estas series la variable rentabilidad se ha calculado como  $R_t = \log(P_t / P_{t-1})$ , donde  $P_t$  es el precio del futuro para el período  $t$  y  $P_{t-1}$  es el precio del futuro para el período inmediatamente anterior. Para generar una serie continua de rentabilidades y dado que cada día están abiertos a negociación contratos de diferentes vencimientos se ha considerado siempre el contrato de vencimiento más cercano, pasando a considerar el contrato de siguiente vencimiento cuando su volumen de contratación es mayor que el del contrato de vencimiento más cercano<sup>(9)</sup>.

Se dispone, por tanto para realizar el estudio de un total de 741 días de negociación. Lo que da lugar a series de 76.323 datos para la frecuencia de 5 minutos, 25.194 datos para la de 15 minutos y 6.669 y 1.482 para las frecuencias de una hora y medio día respectivamente.

La presencia de estacionalidad en los mercados financieros ha sido contrastada por numerosos autores como Andersen y Bollerslev [1997b] o Wood *et al.* [1985] entre otros. Concretamente, para el mercado de futuros IBEX-35 Quiroga y Sánchez [2005] evidencian la presencia de comportamientos estacionales intradiarios en la volatilidad y el volumen. Por este motivo, las series de volatilidades con las que se trabaja en este estudio han sido previamente desestacionalizadas a fin de evitar que la presencia de patrones sistemáticos de comportamiento puedan afectar a los resultados obtenidos. La desestacionalización realizada es similar a la propuesta por Andersen y Bollerslev [1997a, b] y consiste en dividir la rentabilidad calculada para cada intervalo entre la media de los rendimientos en términos absolutos de cada intervalo considerado.

Como variables indicativas de la llegada de información al mercado se han propuesto el volumen, definido como el número de contratos negociados en cada intervalo considerado (de 5, 15, 60 minutos y medio día) y el número de transacciones, que recoge el número total de operaciones realizadas en el intervalo.

### 3.2. METODOLOGÍA

Para analizar el comportamiento de la volatilidad se propuso el análisis de dos modelos. El primero de ellos es el modelo GARCH (1,1) cuya especificación es la siguiente:

$$R_t = m_t + \varepsilon_t$$
$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad [1]$$

donde  $R_t$  es la rentabilidad del período  $t$ , y  $\sigma_t^2$  su varianza. En este modelo, la persistencia de la volatilidad viene dada por la suma  $\alpha + \beta$ . El estudio del comportamiento de la persistencia ante la llegada de información al mercado, se ha realizado a través de la introducción en el modelo de dos variables proxies de la llegada de información: el volumen y el nú-

(8) Estas series han sido convenientemente estandarizadas siguiendo el procedimiento propuesto por Andersen y Bollerslev [1997] y que consiste en dividir la rentabilidad calculada para cada intervalo entre la media de los rendimientos en términos absolutos de cada intervalo considerado.

(9) Generalmente, el rollover se produce el día del vencimiento, salvo en algunos casos en que se produce el día inmediatamente anterior.

mero de transacciones. A tal fin, se han planteado dos variaciones del modelo GARCH (1,1) consistentes en la inclusión de estas variables en la ecuación de la varianza. Así tenemos:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 + \lambda_i X_t \tag{2}$$

donde  $X_t$  hace referencia a la inclusión en el modelo del volumen o el número de transacciones del período según corresponda.

El segundo modelo propuesto para explicar el comportamiento de la volatilidad analizando, en este caso, la posible existencia de dos componentes en la volatilidad intradía es el Modelo GARCH de Componentes [Engle y Lee, 1993]. La consideración de este segundo modelo se debe a que el modelo GARCH (1,1) en muchos casos, no explica correctamente la persistencia de la volatilidad dado que tiende a infraestimar el impacto de los movimientos de los precios más recientes y más alejados en el tiempo, mientras que sobrestima la importancia de los movimientos que se producen en los momentos intermedios. A su vez, este modelo permite explicar la volatilidad a través de una función de descomposición mucho más flexible que la utilizada en el modelo GARCH (1,1). Para ello incluye dos términos en la ecuación de la varianza: uno se corresponde con el término a largo plazo, componente permanente, y otro con el término a corto plazo, componente transitorio. Este modelo puede reducirse a un modelo GARCH (2,2), sin más que combinar las dos ecuaciones de la varianza, lo que nos demuestra que se trata de un caso particular de un modelo GARCH (2,2) no lineal y restringido. En este modelo, la varianza se especifica como:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_t^2 - q_t &= \alpha (\varepsilon_{t-1}^2 - q_{t-1}) + \beta (\sigma_{t-1}^2 - q_{t-1}) \\ q_t &= \omega + \rho q_{t-1} + \phi (\varepsilon_{t-1}^2 - \sigma_{t-1}^2) \end{aligned} \right\} \tag{3}$$

El componente permanente viene determinado por  $q_t$  que representa la volatilidad hacia la que converge en el largo plazo, y el valor de  $\rho$  nos indica la persistencia de los shocks con efectos en el largo plazo. El componente transitorio, viene dado por la diferencia  $\sigma_t^2 - q_t^2$ . Es decir, la diferencia entre el valor total de la volatilidad, y el valor del componente permanente o de largo plazo. La persistencia de los shocks transitorios está cuantificada por la suma  $\alpha + \beta$ .

Para comprobar cómo evoluciona la persistencia de la volatilidad ante la llegada de información al mercado, introducimos en las ecuaciones de la varianza del modelo anterior las variables volumen y número de transacciones como variables explicativas. En primer lugar, se introduce la información únicamente en la ecuación del componente permanente [4]. En segundo lugar únicamente en la del componente transitorio [5]. Y, por último, se plantea su consideración como explicativa de modo simultáneo en las dos ecuaciones [6].

$$\left. \begin{aligned} \sigma_t^2 - q_t &= \alpha (\varepsilon_{t-1}^2 - q_{t-1}) + \beta (\sigma_{t-1}^2 - q_{t-1}) \\ q_t &= \omega + \rho q_{t-1} + \phi (\varepsilon_{t-1}^2 - \sigma_{t-1}^2) + \lambda_3 X_t \end{aligned} \right\} \tag{4}$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_t^2 - q_t &= \alpha (\varepsilon_{t-1}^2 - q_{t-1}) + \beta (\sigma_{t-1}^2 - q_{t-1}) + \lambda_4 X_t \\ q_t &= \omega + \rho q_{t-1} + \phi (\varepsilon_{t-1}^2 - \sigma_{t-1}^2) \end{aligned} \right\} \tag{5}$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_t^2 - q_t &= \alpha (\varepsilon_{t-1}^2 - q_{t-1}) + \beta (\sigma_{t-1}^2 - q_{t-1}) + \lambda_3 X_t \\ q_t &= \omega + \rho q_{t-1} + \phi (\varepsilon_{t-1}^2 - \sigma_{t-1}^2) + \lambda_6 X_t \end{aligned} \right\} \quad [6]$$

Al igual que en [2],  $X_t$  hace referencia a la introducción en el modelo de las variables volumen y número de transacciones.

#### 4. RESULTADOS

Como punto de partida, se propuso explicar la volatilidad intradía a través de un modelo GARCH (1,1). Con el fin de comprobar si las series de rentabilidades presentaban raíces unitarias o no, previamente se realizaron tanto sobre las series de rentabilidades como sobre las series de volúmenes, un contraste ADF (Augmented Dickey Fuller test) cuyos resultados permiten afirmar que las series en niveles de rentabilidades presentan un comportamiento estacionario <sup>(10)</sup>.

Para garantizar la consistencia de los coeficientes estimados a través de los modelos considerados, incluso bajo el supuesto que los errores estandarizados no sigan una distribución normal y presenten problemas de heteroscedasticidad, estos coeficientes se han obtenido bajo criterios de máxima verosimilitud y aplicando el método propuesto por Bollerslev y Wooldridge [1992] que garantiza la consistencia de los estimadores ante una distribución no normal de los residuos.

Los resultados obtenidos a través de los modelos GARCH (1,1) y de Componentes propuestos para explicar el comportamiento de la volatilidad intradía del futuro sobre el IBEX-35 para las diferentes frecuencias consideradas se recogen en las tablas del apéndice.

En los resultados obtenidos a través de la especificación 1 planteada para el modelo GARCH (1,1) se observan valores para el coeficiente  $\beta$  muy próximos a 1 en la mayor parte de los casos. Este hecho podría estar indicando la necesidad de trabajar con modelos integrados al menos de grado 1. Con el fin de estudiar esta posibilidad, se ha realizado para todos los modelos el correspondiente test de Wald, sobre la igualdad a 1 de dicho coeficiente. En todos los casos se ha rechazado la hipótesis de igualdad a 1, por lo que no se considera necesario recurrir a un modelo integrado.

Asimismo, de los resultados se desprende la presencia de un alto nivel de persistencia en la volatilidad del futuro sobre el IBEX-35 en todas las frecuencias consideradas. Así, para la frecuencia de 5 minutos la persistencia es de 0'989, para la serie de 15 minutos de 0'991, para la de 1 hora de 0'994 y de 0'985 para la de medio día. A partir de los valores de los coeficientes de la ecuación de la varianza del Modelo GARCH (1,1) es posible calcular lo que se conoce como la vida media <sup>(11)</sup> de la volatilidad. La vida media se define como el tiempo que tarda la volatilidad en reducirse a la mitad del valor al que tiende en el largo plazo tras un cambio en los precios. Las vidas medias para la volatilidad de las distintas series son de 5'37 horas para la frecuencia de 5 minutos, 20'91 horas para la de 15 minutos, 129 horas para la de 60 minutos y 24 días en el caso de la frecuencia de medio día; ratificando en todos los casos la presencia de un alto nivel de persistencia en el comportamiento de la volatilidad intradía del futuro sobre el IBEX-35.

(10) Los resultados no se muestran por razones de brevedad.

(11) En el modelo GARCH la vida media de la volatilidad se calcula como  $\log 0,5 / \log (\alpha + \beta)$ .

Para comprobar la validez de los diferentes modelos especificados para explicar el comportamiento de la volatilidad intradía del futuro IBEX-35, se procedió a analizar los residuos obtenidos en cada caso. El estudio de los mismos se realizó en función de sus estadísticos más representativos —media, desviación típica, asimetría y curtosis— así como también se realizaron diferentes test sobre las características de la distribución de esos residuos. El test Jarque-Bera, para analizar la normalidad de las series, el test ARCH-LM, para estudiar la presencia de efectos ARCH en los residuos y, por último, el test BDS que permite analizar la hipótesis nula de independencia de la serie frente a una alternativa no especificada<sup>(12)</sup>.

Los resultados obtenidos tras el análisis de los residuos del Modelo GARCH (1,1), desvelan la presencia de unos residuos no normales y con una distribución *iid* para todas las frecuencias consideradas. El test ARCH-LM, por su parte, únicamente permite rechazar la presencia de una estructura ARCH en los residuos para el caso de la frecuencia de medio día. Este hecho puede ser, al menos en parte, debido al problema ya comentado que presenta el modelo GARCH (1,1) al trabajar con datos de alta frecuencia.

Otro de los objetivos de este trabajo, consistía en comprobar la presencia de una estructura de componentes en el comportamiento de la volatilidad intradía del futuro IBEX-35, para lo cual se recurrió al Modelo GARCH de Componentes. Los resultados obtenidos en esta ocasión muestran como el componente transitorio resulta significativo únicamente para las frecuencias más elevadas, mientras que el componente permanente es significativo en todos los casos. Estos resultados apoyan la hipótesis de la presencia de una estructura de componentes para la volatilidad, ya que el componente transitorio estará recogiendo la repercusión que sobre el comportamiento de la volatilidad en el corto plazo tiene un shock en los precios; razón por la cual deja de ser significativo para las frecuencias de 60 minutos y media hora. Por su parte el componente permanente recoge la repercusión que en el largo plazo provoca un cambio en los precios, por lo que está presente para todas las frecuencias consideradas.

También en esta ocasión se han calculado las vidas medias de los dos componentes<sup>(13)</sup> para las distintas frecuencias consideradas. Así tenemos, para el componente transitorio una vida media de 0'89 horas para la frecuencia de 5 minutos y, de 1'21 horas para la de 15 minutos. En el caso del componente permanente las vidas medias son, lógicamente, mucho más elevadas, observándose unas vidas medias de 16 horas en el caso de 5 minutos, 141 horas en el de 15, 135 horas para el de 60 minutos y de 15 días para la frecuencia de medio día. Los elevados valores de las vidas medias indican la presencia de un alto nivel de persistencia en ambos componentes. Así para el componente transitorio la persistencia es de 0'937 y 0'886 para las series de 5 y 15 minutos respectivamente, mientras que la persistencia observada para el componente permanente es más elevada alcanzando valores de 0'996 para la frecuencia de 5 minutos, 0'998 para la de 15 minutos, 0'994 para la de 60 minutos y 0'977 en el caso de la frecuencia de medio día.

Del análisis de los residuos realizado para este modelo de Componentes, los resultados muestran la presencia de distribuciones no normales, que excepto para la frecuencia de 5

(12) Para determinar la significatividad del estadístico, nos hemos basado en los resultados de la simulación de Monte Carlo realizada para el modelo GARCH (1,1) y recogida en Brock *et al.* [1991].

(13) Para el modelo de Componentes la vida media del componente permanente se calcula como el  $\log 0,5/\log \rho$  y la vi-



minutos no presentan efectos ARCH. Los resultados del estadístico BDS permiten concluir la presencia de unos residuos *iid* para todas las series analizadas.

La segunda fase del estudio consistía en la introducción de una variable proxy de la llegada de información al mercado en los modelos, con el fin de observar si la persistencia presentada por la volatilidad intradía del futuro sobre el IBEX-35 puede ser provocada por la tasa de llegada de información al mercado. Como posibles proxies de dicha tasa se utilizaron las variables volumen y número de transacciones. En el caso de que, tal y como apuntan LyL [1990], se lograra eliminar o al menos reducir, la persistencia de la volatilidad se podría considerar a estas variables buenas proxies de la llegada de información al mercado.

En un primer paso, se introdujo en el modelo GARCH (1,1) la variable volumen [2]. Los resultados obtenidos nos permiten comprobar que aunque no se logra eliminar completamente la presencia de una estructura autorregresiva para la volatilidad, sí se observa una reducción sustancial en los niveles de persistencia de la volatilidad que pasan de los valores muy cercanos a 1, obtenidos para el modelo general a valores de incluso 0'033 para la frecuencia de 60 minutos en la que se aprecia una mayor reducción de la persistencia. En todas las series consideradas el coeficiente que acompaña al volumen, es significativo y positivo, lo que indica la capacidad explicativa de esta variable como proxy de la llegada de información al mercado.

La introducción de la variable número de transacciones en el modelo GARCH (1,1) [2] arroja unos resultados similares. Cabe destacar, el hecho de que el coeficiente que acompaña a dicha variable en el modelo es siempre mayor que el obtenido para el volumen. Además también en la mayoría de las series, la reducción observada sobre la persistencia de la volatilidad es mayor que en la especificación anterior.

El segundo paso, consistió en la introducción de estas proxies en las diferentes ecuaciones de la varianza del modelo de Componentes. Esto permitió comprobar la repercusión de la llegada de información al mercado en el comportamiento a corto y a largo plazo de la volatilidad intradía del futuro IBEX-35. En esta ocasión se plantearon tres escenarios distintos para cada variable proxy de la llegada de información al mercado. En el primero, se introdujo la variable proxy —volumen o número de transacciones— en la ecuación de la varianza del componente permanente [4], posteriormente en la ecuación correspondiente al componente transitorio [5], para por último introducir cada proxy en ambas ecuaciones [6].

Tras la introducción del volumen en cualquiera de las tres especificaciones realizadas para el modelo de Componentes, se observa cómo el componente transitorio deja de ser significativo en todos los casos, mientras que la persistencia del componente permanente se reduce aunque no llega a presentar niveles tan bajos como los observados para la persistencia de la volatilidad del modelo GARCH (1,1). En referencia a los valores de los coeficientes que acompañan a la variable volumen, únicamente destacar que en la práctica totalidad de los casos han resultado significativos y positivos, lo que ratifica a la variable volumen como una buena proxy de la llegada de información al mercado.

Por último, se introdujo la variable número de transacciones como proxy de la llegada de información al mercado en el modelo de Componentes. Los resultados obtenidos; análogos a los del caso de la consideración del volumen en dicho modelo, muestran como el compo-

nente de corto plazo ya no resulta significativo a la vez que la persistencia del componente permanente se reduce, observándose las mayores reducciones en los casos en los que únicamente se introduce el número de transacciones en la ecuación del componente permanente. Al igual que sucedía tras la consideración del volumen en el modelo, los coeficientes obtenidos para la variable número de transacciones resultan significativos y, en la mayoría de los casos, positivos.

Destaca también el hecho de que de forma general es siempre mayor el coeficiente obtenido para la variable número de transacciones que el correspondiente para el volumen. Este hecho parece indicar que, aunque ambas variables puedan ser utilizadas como proxies de la llegada de información al mercado, ya que ambas reducen la persistencia observada para la volatilidad del futuro sobre el índice IBEX-35, el número de transacciones parece poseer un mayor poder explicativo. Como posible explicación a este efecto, se encuentra el hecho de que el número de transacciones proporciona una mayor información sobre cuántos agentes están participando en el mercado, y por tanto del número de agentes que consideran cada noticia suficientemente relevante como para operar y cambiar su posición en el mercado. Mientras que el volumen únicamente indica el número total de contratos intercambiados, pero no aporta información sobre el número de agentes que han provocado ese nivel de contratación. En definitiva, apoyando a Jones *et al.* [1994], podemos señalar que el número de transacciones parece tener un mayor poder explicativo que el volumen sobre el comportamiento de la volatilidad intradía del futuro IBEX-35.

Analizando la repercusión en términos de la persistencia de la volatilidad intradía del futuro IBEX-35 tras la consideración de ambas variables en el modelo de Componentes, los resultados parecen apuntar al hecho de que el comportamiento de dicha volatilidad en el corto plazo viene provocado en su mayoría por los movimientos que se producen en los precios tras la llegada de información al mercado. Por su parte los valores de la volatilidad en el largo plazo, aunque afectados por la información que sacude los mercados, están más condicionados por los valores que ha tomado anteriormente como muestra su aún elevada persistencia.

Como ya se comentó en la revisión literaria efectuada en la segunda sección del trabajo, algunos autores consideran que al incluir directamente el volumen en el modelo, se está cometiendo un error debido a que esta variable se puede interpretar como endógena en el modelo lo que provocaría la presencia de problemas de simultaneidad entre el volumen y la volatilidad [Harvey 1989; Lamoureux y Lastrapes 1994, entre otros]. Para comprobar si los resultados obtenidos en este trabajo están afectados por este problema, se realizó el mismo análisis pero tomando en este caso como proxies de la llegada de información al mercado el volumen retardado y el número de transacciones retardadas. Desde un punto de vista teórico la inclusión de estas variables está justificada ya que el movimiento del precio en un determinado período vendría condicionado por el volumen o el número de transacciones que se han dado en el período anterior.

Los resultados obtenidos tras la introducción de dichas variables retardadas, son semejantes a los ya comentados para las variables sin retardos<sup>(14)</sup>. Únicamente destacar el hecho de que el valor de los coeficientes para las variables retardadas es sustancialmente menor que el observado para las variables sin retardos. Esto puede ser debido a que al utilizar datos de alta frecuencia y agruparlos en períodos mínimos de 5 minutos, nos este indicando que

(14). No mostramos estos resultados por razones de brevedad, pero están disponibles bajo petición a los autores.

al inversor le interesa más lo que ocurre en ese período que en momentos más alejados en el tiempo. No obstante, consideramos que sería conveniente realizar un análisis en mayor profundidad para poder extraer alguna conclusión de ese hecho.

Una vez analizada la presencia de una estructura de componentes en la volatilidad intradía del futuro IBEX-35 y comprobada la repercusión de la información, medida a través del número de transacciones y del volumen, en el comportamiento de la volatilidad, se hace necesario establecer algún criterio que nos permita elegir el modelo que mejor aproxima el patrón de conducta de la volatilidad intradiaria. Para ello, se ha escogido el criterio de Información de Schwarz para la elección del modelo tal y como proponen Engle y Patton (2001), como criterio más adecuado para seleccionar entre modelos GARCH. Los resultados nos muestran que tal y como se intuía anteriormente, aquellos modelos que toman como proxy el número de transacciones son mejores a la hora de explicar el comportamiento de la volatilidad intradiaria del futuro IBEX-35, dado que son los que menores valores presentan para el coeficiente de información de Schwarz. La aplicación de este criterio nos permite seleccionar los modelos que mejor se ajustan al comportamiento de la volatilidad intradía del futuro IBEX-35, pero sería interesante conocer también si éstos modelos son adecuados como predictores del comportamiento de la misma.

Para estudiar este contexto, se ha realizado un análisis out-of-sample con la finalidad de conocer qué modelo será el de mayor capacidad predictiva para el comportamiento de la volatilidad del futuro IBEX-35. A lo largo del estudio hemos comprobado la presencia de una estructura de componentes para la volatilidad y, tal y como acabamos de ver, el criterio de información de Schwarz nos permite escoger los modelos en los que interviene la variable número de transacciones, por ser aquellos que mejor explican el comportamiento del mercado. Por todo ello, el análisis de la capacidad predictiva de los modelos se ha centrado en las diferentes especificaciones generadas para el modelo de componentes en las que el número de transacciones actúa como proxy de la llegada de información al mercado.

Para la realización del análisis out of sample, se han estimado de nuevo las diferentes especificaciones del modelo de Componentes en las que interviene el número de transacciones, pero utilizando los últimos diez períodos de cada serie como horizonte máximo de predicción. Así, se obtienen predicciones para los valores que tomará la volatilidad del futuro IBEX-35 en los siguientes diez períodos<sup>(15)</sup>. Se ha escogido este horizonte máximo de predicción ya que al trabajar con datos intradiarios parece lógico que los modelos sean más potentes a la hora de predecir el comportamiento más inmediato de la volatilidad que el comportamiento de ésta en momentos más alejados en el tiempo.

Los criterios elegidos para evaluar la capacidad predictiva de los modelos son: el Error Medio (ME), el Error Absoluto Medio (MAE) y el criterio de la Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE); que se definen del siguiente modo:

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (\hat{\sigma}_t^2 - \sigma_t^2)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N |\hat{\sigma}_t^2 - \sigma_t^2|$$

(15) En los resultados aparecen únicamente los resultados para un horizonte temporal máximo de 5 o de 10 períodos, si bien los resultados para los períodos intermedios están disponibles bajo petición a los autores.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (\hat{\sigma}_t^2 - \sigma^2)^2}$$

donde  $N$  representa el número de observaciones,  $\hat{\sigma}_t$  la volatilidad estimada para el período  $t$  y  $\sigma$ , la volatilidad realizada en el momento  $t$ . El criterio del Error Medio ha sido elegido por tratarse de un criterio asimétrico, lo que permitirá comprobar si los modelos escogidos sobrevaloran o infravaloran el comportamiento futuro de la volatilidad intradía del futuro sobre el IBEX-35<sup>(10)</sup>. Por su parte, los criterios MAE y RMSE nos servirán como ayuda complementaria para identificar el modelo que presente una mayor capacidad predictiva del comportamiento del mercado.

Los resultados obtenidos aparecen recogidos en el apéndice y muestran que, a excepción de la frecuencia de 60 minutos, todos los modelos están infravalorando el comportamiento futuro de la volatilidad, tal y como nos muestra el signo del ME. Por otra parte, los resultados de los criterios MAE y RMSE muestran que para las frecuencias de 15 y 60 minutos el modelo que mayor capacidad predictiva presenta se corresponde con la ecuación [6], es decir, será aquel en el que el número de transacciones se introduce en las ecuaciones de ambos componentes de la volatilidad. En lo que se refiere a la frecuencia de 5 minutos, el modelo escogido en atención a ambos criterios, MAE y RMSE, será aquel en que la llegada de información únicamente se recoge en el componente transitorio [4], mientras que para la frecuencia de medio día el modelo en el que el número de transacciones se incluye en el componente permanente [5] resulta el de mejor capacidad predictiva.

Estos resultados apoyan los obtenidos anteriormente, en los que se observaba que la llegada de información al mercado tiene una mayor repercusión en el comportamiento de la volatilidad transitoria especialmente para las frecuencias de observación superiores, como las de 5 y 15 minutos. Mientras que a medida que disminuye la frecuencia de observación, la importancia del componente transitorio desaparece y aumenta el poder explicativo y, como se observa también predictivo, del componente permanente, tal y como ocurre para las frecuencias de 60 minutos y medio día.

## 5. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha analizado el comportamiento de la volatilidad intradía del futuro IBEX-35 en varios aspectos. Por una parte, se ha comprobado cómo la volatilidad intradía del futuro sobre el IBEX-35 presenta una estructura de componentes es decir, se puede descomponer en una parte que recoge el comportamiento en el largo plazo, componente permanente, y un componente transitorio que englobaría los movimientos de la volatilidad en el corto plazo. Simultáneamente, se ha comprobado la presencia de una elevada persistencia en dicha volatilidad, así como en la de cada uno de sus componentes.

Siguiendo los trabajos de LyL [1990], se ha analizado la repercusión en términos de volatilidad de la introducción en el modelo de dos variables proxy de la llegada de información al mercado. Según estos autores la consideración del volumen en el modelo GARCH debería eliminar la persistencia observada para la volatilidad. Los resultados obtenidos, están en línea con los de LyL [1990], ya que observamos que tras la introducción del volumen y

del número de transacciones, la persistencia aunque no desaparece sí se reduce de forma notable. Asimismo, se observa que la incidencia es mayor cuando la variable que se utiliza como proxy de la información es el número de transacciones y no el volumen. Esto apoya los resultados de Jones *et al.* [1994] y justifica la hipótesis de que el número de transacciones aporta mayor información que el volumen al indicar el número de agentes que consideran una noticia tan relevante como para cambiar su posición en el mercado.

Por último, en línea con los resultados obtenidos, el análisis de la capacidad predictiva de los modelos nos indica que para las frecuencias inferiores el mejor modelo es aquél en el que la información se incluye en el componentes de largo plazo de la volatilidad intradía del futuro IBEX-35. Mientras que para la frecuencia de cinco minutos resulta más relevante introducir la información en el componente de corto plazo de dicha volatilidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSEN, T., y BOLLERSLEV, T. [1997a]: «Heterogeneous information arrivals and return volatility dynamics: Uncovering the long-run in high frequency returns», *Journal of Finance*, Vol. 52, pp. 975-1005.
- [1997b]: «Intraday periodicity and volatility persistence in financial markets», *Journal of Empirical Finance*, Vol. 4, pp. 115-118.
- ARAGÓ, V., y NIETO, L. [2001]: *Heteroscedasticidad en los rendimientos de los principales índices bursátiles mundiales: Volumen versus efectos GARCH*, Presentado en el XI Congreso AECA celebrado en Madrid, septiembre 2001.
- BESSEMBINDER, H., y SEGUIN, P. J. [1993]: «Price volatility, trading volume and market depth: Evidence from the futures markets», *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 28, pp. 21-39.
- BLUME, L.; EASLEY, D., y O'HARA, M. [1994]: «Market statistics and technical analysis: The role of volume», *Journal of Finance*, Vol. 49, pp. 153-181.
- BOLLERSLEV, T., y WOOLDRIDGE, J. [1992]: «Quasi-Maximum likelihood estimation and inference in dynamic and empirical evidence», *Journal of Econometrics*, Vol. 52, pp. 5-59.
- BRAILS福德, T. J., y FAFF, R. W. [1996]: «An evaluation of volatility forecasting techniques», *Journal of Banking and Finance*, Vol. 20, pp. 419-438.
- BROCK, W. A.; HSIEH, D. A., y LeBARON, B. [1991]: *Nonlinear dynamics, chaos, and instability: Statistical theory and economic evidence* (Massachusetts: MIT Press).
- EASLY, D., y O'HARA, M. [1992]: «Time and the process of security price adjustment», *Journal of Finance*, 47, pp. 577-605.
- ENGLE, R., y LEE, G. [1993]: «A permanent and transitory component model of stock return volatility», *Discussion Papers*, n.º 92-44R, Dpt. of Economics, University of California.
- ENGLE, R., y PATTON, A. [2001]: «What good is a volatility model?», *Quantitative Finance*, Vol. 1, pp. 237-245.
- FOSTER, A. [1995]: «Volume-volatility relationships for crude oil futures markets», *Journal of Futures Markets*, Vol. 15, pp. 929-951.
- GARCÍA MONTALVO, J. [1999]: «Volume versus GARCH effects reconsidered: An application to the Spanish Government Bond Futures Market», *Applied Financial Economics*, Vol. 9, pp. 469-475.
- GLOSTEN, L. R.; JAGANNATHAN, R., y RUNKLE, D. [1993]: «On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks», *Journal of Finance*, Vol. 47, pp. 1.779-1.801.
- JONES, C.; KAUL, G., y LIPSON, M. L. [1994]: «Transactions, volume and volatility», *Review of Financial Studies*, Vol. 7, pp. 631-651.
- HARVEY, C. R. [1989]: «Time-Varying Conditional Covariances in Tests of Asset Pricing Models», *Journal of Financial Economics*, Vol. 24, pp. 289-317.

- HARVEY, C. R., y HUANG, R. D. [1991]: «Volatility in the foreign currency futures market», *Review of Financial Studies*, Vol. 4, pp. 543-569.
- LAMOUREUX, C., y LASTRAPES, W. [1994]: «Endogenous trading volume and momentum in stock-return volatility», *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol. 12, pp. 253-260.
- [1990]: «Heteroskedasticity in stock return data: Volume versus GARCH effects», *Journal of Finance*, Vol. 45, pp. 221-229.
- LEÓN, A., y MORA, J. [1999]: «Modelling conditional heteroskedasticity: Application to the "IBEX-35" stock-return index», *Spanish Economic Review*, Vol. 1, pp. 215-238.
- MCMILLAN, D., y SPEIGHT, A. [2002]: «Temporal aggregation, volatility components and volume in high frequency UK bond futures», *European Journal of Finance*, Vol. 8, pp. 70-92.
- NAJAND, M., y YUNG, K. [1991]: «A GARCH examination of the relationship between volume and price variability in futures markets», *Journal of Futures Markets*, Vol. 11, pp. 613-621.
- NIETO, L. [1999]: *Análisis de las relaciones entre volumen y precios en el mercado español de futuros sobre renta variable*, Actas del VII Foro de Finanzas, Valencia.
- OMRAN, M., y MCKENZIE, E. [2000]: «Heteroskedasticity in stock return data revisited: Volume versus GARCH effects», *Applied Financial Economics*, Vol. 10, pp. 553-560.
- QUIROGA, R., y SÁNCHEZ, I. [2005]: «Comportamiento intradía de la volatilidad y el volumen del futuro IBEX-35», *Estrategia Financiera*, n.º 214, pp. 60-65.
- RAHMAN, S., y PING ANG, K. [2000]: *Intraday return volatility process: Evidence from NASDAQ stocks*, Working Paper 2000-11 Nanyang Business School.
- ROBLES, M.<sup>a</sup> D. [2002]: «Medidas de volatilidad», *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, Vol. 114, pp. 1.073-1.110.
- SHARMA, J. L.; MOUGOUÉ, M., y KAMATH, R. [1996]: «Heteroscedasticity in stock market indicator return data: Volume versus GARCH effects», *Applied Financial Economics*, Vol. 6, pp. 337-342.
- WOOD, R. A.; McINISH, T. H., y ORD, J. K. [1985]: «An investigation of transactions data for NYSE stocks», *Journal of Finance*, Vol. 40, pp. 723-739.

## APÉNDICE

A continuación se muestran los resultados obtenidos para los diferentes modelos y frecuencias. Si no aparecen los resultados de un modelo se debe a que no resulta convergente. En todos los casos, \*, \*\*, \*\*\* indican, respectivamente, significatividad al 10%, 5% y 1%. Entre paréntesis, los errores estándar. La última fila recoge los resultados del criterio de información de Schwarz realizado para la elección del modelo.

TABLA 1  
MODELO GARCH 5 Y 15 MINUTOS

	5 MINUTOS			15 MINUTOS		
	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
$\omega$	0'020948*** [0'001661]	0'301918*** [0'024772]	0'311899*** [0'010738]	0'015644*** [0'002257]	0'404055*** [0'019926]	0'208415*** [0'016723]
$\alpha$	0'049953*** [0'002130]	0'214595*** [0'006746]	0'090712*** [0'006065]	0'038952*** [0'002886]	0'100169*** [0'009266]	0'088088*** [0'009809]
$\beta$	0'939352*** [0'002515]	0'328798*** [0'071419]	-0'069175*** [0,008381]	0'952794*** [0'003345]	-0'032879** [0'013661]	-0'073230*** [0'005229]
Volumen		0'005182*** [0'001178]			0'004096*** [0'000105]	
N.º transac.			0'032934*** [1'70 E-07]			0'011677*** [0'000221]
Criterio de Schwarz	3'325437	3'318843	3'239730	3'333502	3'304750	3'238958

**TABLA 2**  
**MODELO GARCH 60 MINUTOS Y MEDIO DÍA**

	60 minutos			Medio Día		
	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
$\omega$	0'00572*** [0'003006]	0'152540*** [0'031542]	0'014918 [0'017090]	0'024031** [0'010557]	0'365310*** [0'084671]	-0'436951*** [0'073053]
$\alpha$	0'027102*** [0'004814]	0'090920*** [0'013809]	0'090024*** [0'013887]	0'047894*** [0'014745]	0'067666*** [0'024831]	0'057244 [0'041850]
$\beta$	0'967543*** [0'005215]	-0'057489*** [0'018833]	-0'024960*** [0'006472]	0'937667*** [0'017789]	-0'415642** [0'044247]	-0'019663 [0'052595]
Volumen	0'001184*** [2'05 E-08]	0'000310*** [1'37 E-05]				
N.º transac.	0'002881*** [8'51 E-05]	0'000854*** [4'10 E-05]				
Criterio de Schwarz	3'374741	3'311613	3'253017	3'258721	3'223903	3'168393

La columna 1ª de las Tablas 1 y 2 recoge los resultados del modelo GARCH (1,1), [1]. Las columnas segunda y tercera muestran los resultados de la introducción en dicho modelo de la información [2] tomando como proxy de la misma el volumen y el número de transacciones respectivamente

**TABLA 3**  
**MODELO DE COMPONENTES 5 MINUTOS**

		1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª
Permanente	$\omega$	1'869473*** [0'247836]	0'678504*** [0'111131]	1'005822*** [0'015423]	1'174929*** [0'015288]	0'286769*** [0'009387]	0'551275*** [0'025624]	0'719756*** [0'010737]
	$\rho$	0'999642*** [0'00110]	0'499448*** [0'093876]	0'956059*** [0'003393]	0'894471*** [0'007567]	0'068795*** [0'005891]	0'978693*** [0'002490]	0'908412*** [0'004724]
	$\phi$	0'005062*** [0'000639]	0'771810 [0'582269]	0'034784*** [0'002219]	0'073464*** [0'004511]	1'196199 [4'080158]	0'033644*** [0'001980]	0'068012*** [0'002866]
	Volumen		0'005171*** [0'001430]		3'15 E-05*** [1'73 E-07]			
	N.º transac.					0'032525*** [0'000440]		-5'79 E-06*** [5'65 E-07]
Transitorio	$\alpha$	0'061703*** [0'003409]	-0'651647 [0'594302]	0'031198*** [0'005282]	0'033908*** [0'006368]	-1'090025 [4'082868]	0'017459** [0'007754]	0'004406 [0'004525]
	$\beta$	0'875921*** [0'007008]	1'046700*** [0'626935]	0'007184 [0'020187]	0'004393 [0'009462]	1'109276 [4'272930]	-0'154454*** [0'028218]	-0'187893*** [0'017955]
	Volumen			0'003123*** [3'54 E-07]	0'002688*** [0'000165]			
	N.º transac.						0'015735*** [5'92 E-05]	0'014033*** [0,000509]
Criterio de Schwarz	3'316276	3'304298	3'258935	3'280212	3'224069	3'165826	3'192004	

TABLA 4  
MODELO DE COMPONENTES 15 MINUTOS

		1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª
Permanente	$\omega$	1'771031*** [0'234643]	0'516216*** [0'018161]	0'922761*** [0'031121]	1'396268*** [0'043520]	0'229225*** [0'016908]	0'425323*** [0'015522]	0'735100*** [0'023726]
	$\rho$	0'998777*** [0'000397]	0'076510*** [0'013615]	0'685722*** [0'071504]	0'614299*** [0'086739]	-0'003549 [0,017679]	0'638143*** [0'061278]	0'597328*** [0'058196]
	$\phi$	0'009985*** [0'001472]	0'746879 [1'561407]	0'081347*** [0'018019]	0'097478*** [0'023698]	0'431994 [4'505808]	0'092968*** [0'015199]	0'119568*** [0'017704]
	Volumen		0'003434*** [1'19 E-07]		-0'000249*** [7'57 E-08]			
	N.º transac.					0'011868*** [0'000272]		-0'001058*** [0'000363]
Transitorio	$\alpha$	0'067072*** [0'007315]	-0'640347 [1'563082]	0'029230 [0'018133]	0'017604 [0'023347]	-0'336006 [4'508146]	0'006343 [0'014871]	0'014892 [0'017372]
	$\beta$	0'799193*** [0'024135]	0'638512 [1'756787]	-0'038625 [0'060909]	-0'031529 [0'117048]	0'266053 [5'387485]	-0'142731*** [0'020270]	-0'115524*** [0'039768]
	Volumen			0'001697*** [3'68 E-07]	0'001324 [7'62 E-05]			
	N.º transac.						0'008466*** [0'000190]	0'008559*** [0'000487]
Criterio de Schwarz	3'323774	3'294381	3'296474	3'335223	3'229973	3'201080	3'213306	

TABLA 5  
MODELO DE COMPONENTES 60 MINUTOS

		1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª
Permanente	$\omega$	1'972015*** [0'397748]		1'000923*** [0'077134]	0'217058** [0'108363]	0'025199 [0'044889]	0'504650*** [0'040741]	0'054274 [0'047214]
	$\rho$	0'994891*** [0'097983]		0'958303*** [0'008213]	0'937031*** [0'007224]	0'073723*** [0'028482]	0'952370*** [0'005846]	0'741383*** [0'032719]
	$\phi$	-0'046751 [50'98517]		0'050072*** [0'007221]	0'056158*** [0'006249]	0'402077 [1'810657]	0'032934*** [0'003589]	0'069425*** [0'009668]
	Volumen				2'25 E-05*** [5'66 E-06]			
	N.º transac.					0'002881*** [0'000109]		0'000378*** [5'23 E-05]
Transitorio	$\alpha$	0'073867 [50'98529]		0'031995** [0'013906]	0'000470 [0'011722]	-0'312928 [1'811805]	0'017659*** [0'006406]	0'012722 [0'010159]
	$\beta$	0'920928 [50'97276]		-0'243045 [0'151253]	-0'006780 [0'027546]	0'297629 [2'326118]	-0'270180*** [0'026417]	-0'483521*** [0'036129]
	Volumen			0'000415*** [2'16 E-07]	0'000712*** [2'45 E-05]			
	N.º transac.						0'001879*** [5'92 E-05]	0'001770*** [8,92 E-05]
Criterio de Schwarz	3'377382		3'299926	3'275608	3'251857	3'228065	3'233220	



**TABLA 6**  
**MODELO DE COMPONENTES MEDIO DÍA**

		1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª
Permanente	$\omega$	1'68805*** [0'33732]	0'23907 [1'01908]	0'21849** [0'09343]	-0'17849 [0'13444]	-0'42765*** [0'10613]	0'07388 [0'10675]	-0'63812*** [0'17893]
	$\rho$	0'97762*** [0'01436]	0'98205*** [0'00876]	0'98510*** [0'00483]	0'95356*** [0'01403]	0'03567 [0'08052]	0'96367*** [0'01247]	0'95187*** [0'01194]
	$\phi$	0'08382 [0'06325]	0'05213*** [0'01994]	0'02121*** [0'00532]	0'03879*** [0'00878]	0'42663 [3'75275]	0'02636*** [0'00909]	0'02722*** [0'00776]
	Volumen		4'45 E-06 [3'78 E-06]		4,22 E-06*** [6'46 E-08]			
	N.º transac.					0'000842*** [4'24 E-05]		177 E-05*** [1'16 E-07]
Transitorio	$\alpha$	-0'06027 [0'05542]	-0'02514 [0'04088]	0'01991 [0'02290]	0'00060 [0'02129]	-0'36514 [3'75132]	-0'02304 [0'03638]	-0'01055 [0'02607]
	$\beta$	0'95780*** [0'15828]	0'61778 [0'83353]	-0'30256*** [0'03178]	-0'31506*** [0'02960]	0'32870 [4'45963]	-0'11347 [0'09998]	-0'21858** [0'09376]
	Volumen			0'00024*** [6'01 E-08]	0'000281*** [2'27 E-05]			
	N.º transac.	0'000628*** [4'46 E-05]	0'000661*** [5'23 E-05]					
	Criterio Schwarz	3'26579	3'27064	3'18164	3'18425	3'17593	3'15185	3'15022

Las Tablas 3 a 6 muestran los resultados obtenidos para las ecuaciones [3], [4], [5] y [6]. La primera columna recoge los resultados para el modelo de componentes especificado por la ecuación [3]. La segunda y quinta columna la introducción respectivamente, del volumen o el número de transacciones en la ecuación del componente permanente [4]. La introducción de estas variables proxy en la ecuación del componente transitorio [5] se recoge en las columnas tercera y sexta, mientras que la introducción del volumen o número de transacciones simultáneamente en ambas ecuaciones [6], se muestra en las columnas cuarta y séptima, respectivamente.

Las siguientes tablas (pág. sig.) recogen los resultados de los test de predicción realizados para los modelos de componentes [4], [5] y [6], tomando como proxy para la llegada de información el número de transacciones. En la primera de ellas el intervalo de predicción se corresponde con cinco períodos, mientras que en la segunda el intervalo es de diez períodos.

<i>5 períodos</i>		<i>ME</i>	<i>MAE</i>	<i>RMSE</i>
5 Min.	Ec. 4	-0.31343738	0.4695400	0.5196613
	Ec. 5	-1.54298671	0.3796824	0.4261538
	Ec. 6	-0.19784303	0.732220	0.8797407
15 Min.	Ec. 4	-0.91198143	0.2768434	0.3534952
	Ec. 5	-2.17028323	0.3378394	0.4263279
	Ec. 6	-0.35141744	0.2041214	0.2755897
60 Min.	Ec. 4	0.48173313	0.2010366	0.2393617
	Ec. 5	2.17299046	0.6108080	0.6289605
	Ec. 6	0.28580374	0.1272404	0.1730680
Medio Día	Ec. 4	-0.0488594	0.0401580	0.0556377
	Ec. 5	-0.03577245	0.0753094	0.1025737
	Ec. 6	-0.0163465	0.1155456	0.1319417

<i>10 períodos</i>		<i>ME</i>	<i>MAE</i>	<i>RMSE</i>
5 Min.	Ec. 4	-0.73905942	0.4726565	0.5281735
	Ec. 5	-2.72945347	0.4912335	0.5644476
	Ec. 6	2.76537115	0.7434649	0.8743345
15 Min.	Ec. 4	-0.75876922	0.2443230	0.3470581
	Ec. 5	-1.46392507	0.30334627	0.4063553
	Ec. 6	-0.26515244	0.2845195	0.3638403
60 Min.	Ec. 4	0.17735204	0.1855341	0.2194515
	Ec. 5	2.25180815	0.6153022	0.6257666
	Ec. 6	0.12685875	0.1261232	0.1610294
Medio Día	Ec. 4	-0.16558899	0.0730548	0.1214995
	Ec. 5	-0.00095778	0.0770682	0.1021149
	Ec. 6	0.08729508	0.1486025	0.1746085