

LATENCIA Y CALIDAD DEL MERCADO: EL CASO DEL SIBE SMART EN EL MERCADO ESPAÑOL

Catalina Úrsula Gaebler Palou

Trabajo de investigación 006/015

Master en Banca y Finanzas Cuantitativas

Tutor: Dr. Roberto Pascual

Universidad Complutense de Madrid

Universidad del País Vasco

Universidad de Valencia

Universidad de Castilla-La Mancha

www.finanzasquantitativas.com

Latencia y calidad del mercado:

El caso del SIBE Smart en el Mercado Español

Catalina Úrsula Gaebler Palou

Trabajo de investigación
Máster en Banca y Finanzas Cuantitativas

Tutor: Dr. Roberto Pascual
Universidad de las Islas Baleares

Universidad Complutense de Madrid

Universidad del País Vasco

Universidad de Valencia

Universidad de Castilla la Mancha

www.finanzascuantitativas.com

Latencia y calidad del mercado: El caso del SIBE Smart en el Mercado Español

Catalina Úrsula Gaebler Palou

Trabajo de investigación
Máster en Banca y Finanzas Cuantitativas

Tutor: Dr. Roberto Pascual
Universidad de las Islas Baleares

Resumen

Actualmente, la velocidad en la negociación se ha convertido en un aspecto determinante para los mercados. El día 16 de abril del 2012, la Bolsa de Mercados Españoles introdujo una nueva plataforma de negociación para el mercado de renta variable, el SIBE Smart, siendo su principal objetivo la disminución de la latencia. Se observa que el cambio de plataforma lleva consigo un aumento de la participación de los HFT en el mercado y, con él, una disminución de la calidad del mercado. La liquidez y la eficiencia en precios disminuyeron, mientras que la volatilidad y los costes de selección adversa aumentaron.

6 de julio de 2015

1. Introducción

El entorno actual de los mercados bursátiles se caracteriza por estar altamente automatizado y ser rápido en todos los aspectos. El aumento de inversores que utilizan algoritmos para negociar hace que la velocidad del procesamiento de órdenes sea un elemento esencial en los mercados financieros. A pesar de ello, existe discrepancia sobre si la automatización y la velocidad de las negociaciones aumentan la calidad del mercado.

La velocidad con la que los inversores se conectan al mercado se conoce como latencia. El concepto de latencia se puede definir como el tiempo de procesamiento de una orden. Por tanto, es el tiempo que transcurre desde que un inversor presenta una orden al mercado, éste procesa la información, y el inversor recibe una respuesta del mercado sobre la orden que ha enviado. Gracias a la innovación tecnológica y a la implantación de los mercados electrónicos de negociación, la latencia ha ido disminuyendo de manera sustancial en la última década, hasta el punto que en un primer momento se medía en minutos y actualmente se mide en milisegundos¹ o en microsegundos².

Los cambios regulatorios acontecidos a finales de 2007, con la entrada en vigor de la MiFID en Europa y la Reg. NMS en EEUU, han dado lugar a un contexto de negociación caracterizado por una mayor fragmentación de los mercados y una mayor innovación en los sistemas de negociación, que han favorecido el desarrollo de la negociación algorítmica (AT) y, en particular, de los traders de alta frecuencia (HFTs). Los mercados invierten en tecnologías de baja latencia para favorecer la actividad de este tipo de traders.

¹ Es la milésima parte de un segundo.

² Es la millonésima parte de un segundo.

Los ATs utilizan programas de ordenador (algoritmos) para la toma de decisiones de inversión sin necesidad de intervención humana. Los HFTs son ATs caracterizados por: (a) utilizar algoritmos extremadamente rápidos para generar, enviar y gestionar órdenes; (b) utilizan tecnología de alta latencia para entrar y salir rápidamente del mercado; (c) contratan servicios ofrecidos por los mercados, como la colocación, para reducir su latencia;³ (d) generan un elevado tráfico de mensajes entre órdenes y cancelaciones; (e) generan un aumento sustancial del volumen negociado, mayormente entre algoritmos y (f) establecen y liquidan posiciones en periodos muy cortos de tiempo, intentando mantener un inventario cero (e.g., SEC Concept Release on Equity Market Structure, 75 Fed. Reg. 3603, January 21, 2010). Por estos motivos, los HFTs se convierten en los mayores beneficiarios de cualquier medida que conlleve una reducción de la latencia. Se puede asumir, por tanto, que el impacto de una reducción de latencia en un determinado mercado dependerá en última instancia del tipo de HFTs dominantes en dicho mercado.

En este sentido, Menkveld y Zoican (2015), entre otros, distinguen dos tipos de HFTs dominantes. Los HFTs creadores de mercado, que se dedican a proporcionar contrapartidas y realizar la horquilla. La reducción de latencia les favorece en cuanto a que pueden actualizar sus órdenes de manera más rápida cuando llega información al mercado, reduciendo sus costes de selección adversa. Además, les facilita la gestión de inventario, ya que pueden tomar posiciones y deshacerlas con menor margen de tiempo. Sus bajos costes de crear mercado permiten a estos HFTs ofrecer precios más competitivos, lo que redundará en una

³ La colocación es un servicio ofrecido por los centros de negociación. Los traders pagan para poder colocar sus ordenadores en un lugar muy próximo a los ordenadores centrales donde se negocian las órdenes, habitualmente a pocos metros de ellos.

mayor liquidez. El segundo tipo de HFTs son los discrecionales (o “*bandits*”). Éstos explotan su ventaja en velocidad para extraer rentas de los traders de baja frecuencia y de otros algoritmos más lentos. Reducciones en latencia hacen más rentables este tipo de estrategias. Si el cociente entre HFTs discrecionales y HFTs creadores de mercado aumenta tras una reducción de latencia, los costes de selección adversa podrían aumentar, lo que afectaría negativamente a la liquidez.

Carrion (2013) estudia estos dos tipos básicos de HFTs. Observa que los HFTs utilizan estrategias de creadores de mercado cuando la liquidez es escasa y eligen estrategias direccionales cuando hay mucha liquidez. También muestran que los HFTs discrecionales aumentan los costes de selección adversa de los no HFTs. Por tanto, cuando los HFTs demandan liquidez, el impacto en los precios aumenta, mientras que cuando proveen disminuye. Por último, concluyen que los precios se tornan más eficientes cuando los HFTs demandan liquidez.

En nuestro estudio, analizamos el impacto sobre la calidad de la Bolsa Española (BME) de una reducción de latencia causada por una mejora del sistema de negociación electrónico. En concreto, analizamos la puesta en marcha del SIBE Smart, la nueva plataforma de negociación de BME, el 16 de abril del 2012. Según el propio BME (ver artículo Nueva plataforma SIBE, 2º trimestre de 2012. *Revista de Bolsas y Mercados españoles*), el SIBE Smart redujo el tiempo de procesamiento de órdenes, estando actualmente por debajo del milisegundo. Por calidad de mercado entendemos una variable multidimensional que incluye las dimensiones de liquidez, volatilidad, y eficiencia en precios. Así, la calidad de un mercado será tanto mayor cuanto mayor sea la liquidez, menores los costes de proveer liquidez, y los precios sean menos volátiles y más eficientes. Para estudiar el efecto de la

reducción de la latencia sobre la calidad del mercado se ha realizado un estudio de evento centrado en la fecha de puesta en marcha de la nueva plataforma, y utilizando como muestra los 35 activos que formaban parte del IBEX-35 en dicho momento.

Al aumentar la velocidad de negociación, la información y respuestas del mercado se actualizan de manera inmediata y la horquilla entre el precio de venta y el precio de compra se ajusta rápidamente después de cada movimiento en el libro de órdenes. Así, se prevé que las desviaciones con respecto al precio eficiente se minimicen y, por tanto, la volatilidad a corto plazo sea ínfima (e.g., Riordan y Storckenmaier, 2012). Bank y Baumann (2015) concluyen que ante un evento informativo, gracias a la reducción de la latencia, la mayor parte del ajuste del precio se produce 30 segundos después de publicar la información. De esta manera las decisiones financieras de cualquier inversor se convierten en más seguras y eficientes (e.g., Hendershott y Moulton, 2011).

Respecto a las diferentes dimensiones de la calidad de mercado, Riordan y Storckenmaier (2012) concluyen que gracias a la rapidez de negociación, tanto las cotizaciones como la horquilla efectiva disminuyen y que este aumento de liquidez se debe a la disminución de los costes de selección adversa. Bank y Baumann (2015) analizan el mismo mercado que los autores anteriores, y observan que la reducción de la latencia también mejora la calidad del mercado, no solo de manera general, sino también cuando llega nueva información al mercado. Conrad, Wahal y Xiang (2014) observan que la reducción de la latencia lleva consigo una reducción de los costes de negociación y que el precio de los activos se vuelve más eficiente.

Igualmente, Easley, Hendershott y Ramadorai (2014) concluyen que la reducción de la latencia mejora la liquidez y aumenta el número de transacciones.

No todos los estudios concluyen que mayor latencia implica mayor calidad del mercado. Menkveld y Zoican (2015) concluyen que una disminución de latencia puede empeorar la calidad del mercado, aumentando la horquilla efectiva y la selección adversa. Igualmente, el estudio de Hendershott y Moulton (2011) concluye que reducir la latencia lleva consigo un aumento de la horquilla cotizada y la horquilla efectiva, la última debido a un aumento del componente de selección adversa.

En cuanto al HFT, existen estudios que apuntan a un impacto positivo del HFT en la calidad del mercado (e.g., Hasbrouck y Saar, 2013; Conrad, Wahal y Xiang, 2014; Hendershott, Jones y Menkveld, 2011). Estos estudios encuentran que los HFTs contribuyen a la formación del precio y, por tanto, a una eficiente asignación de recursos; disminuyen los costes de transacción; aumentan la liquidez y reducen la volatilidad a corto plazo. No obstante, no escasean las voces críticas. Así, Carrion (2013) destaca los riesgos y la potencial injusticia de crear un mercado a dos velocidades. Kwan y Philip (2015) observan que los costes relativos de negociación de los no HFTs aumentan con respecto a los de los HFTs una vez reducida la latencia. Chakrabarty, Jain, Shkilko y Sokolov (2014) observan que tras una prohibición de acceso al mercado a HFTs la selección adversa disminuye. Otro tema de debate es si los HFTs hacen que el mercado sea más frágil, más vulnerable a fallos dramáticos.⁴ Para evitar estos episodios, algunos mercados han regulado la

⁴ Un ejemplo de ello es el “Flash Crash” que sucedió el 6 de mayo del 2010 en Estados Unidos (e.g., Kirilenko et al., 2011). Otro caso conocido es el de la firma Knight Capital (1/8/2012) cuando introdujo en el mercado un algoritmo que tenía un error y produjo distorsiones en el mercado.

participación de los HFT, proponiendo diferentes medidas.⁵ Goldstein, Kumar y Graves (2014), Jones (2013) y SEC (2014) proporcionan éstas y otras claves de este debate.

En nuestro estudio de la entrada del SIBE Smart en el BME, concluimos que la reducción de latencia conllevó una reducción significativa de la liquidez y un aumento substancial de la volatilidad a corto plazo de los activos del IBEX-35. En concreto, tras la entrada del SIBE Smart, en media para las 35 acciones, la horquilla relativa (efectiva) aumentó un 40,77% (46,69%); la profundidad del libro de órdenes disminuyó un 19,99%, y la elasticidad de las curvas de oferta y demanda del libro disminuyó un 26,42%. Estos cambios en liquidez fueron más importantes para los activos de mayor capitalización, donde cabe esperar que los HFTs centren gran parte de su actividad (e.g., Carrion, 2013). Por otro lado, la volatilidad realizada, calculada sobre rentabilidades en intervalos de 1 minuto, aumentó de manera significativa un 45,06%. Además, los precios experimentaron una pérdida significativa de eficiencia, del 15,89% para toda la muestra y del 38,2% para los activos de mayor capitalización.

Por otro lado, nuestros resultados sugieren que la entrada del SIBE Smart incentivó una mayor participación de los HFTs. El tráfico de mensajes aumentó 13,67% (18,74%) para toda la muestra (los activos de mayor capitalización), mientras que el número de actualizaciones del punto medio de la horquilla creció un 81,38% (88,75%). Esta mayor presencia de los HFTs se tradujo también en un aumento del volumen negociado del 19,68% y del número de operaciones en un 12,5%, aunque gran parte se debe a los activos de mayor capitalización.

⁵ Por ejemplo, imponer una tasa a la excesiva introducción de órdenes limitadas y un tiempo mínimo de exposición de las órdenes, entre otras (e.g., Goldstein et al., 2014; Jones, 2013).

Analizamos también el impacto de la entrada del SIBE Smart en los costes de selección adversa mediante técnicas de descomposición de la horquilla efectiva (e.g., Huang and Stoll, 1996; Lin, Sanger and Booth, 1995). Encontramos un aumento estadísticamente significativo del componente de selección adversa en la horquilla de precios del 4,5% (o 46,66% respecto al punto medio de la horquilla), mientras que el beneficio obtenido por los proveedores de liquidez, medido a través de la horquilla realizada, disminuyó un 1,71% (o aumentó un 19,76%) de manera no significativa. Por tanto, el aumento de la horquilla efectiva es debido a un aumento de la selección adversa.

En general, nuestros resultados apoyan las conclusiones de otros estudios que muestran que disminuciones en la latencia pueden reducir la calidad del mercado y aumentar el riesgo de asimetrías de información (e.g., Menkvel y Zoican, 2015; Chakrabarty, et al., 2014; Hendershott y Moulton, 2011).

El estudio se estructura como sigue. En la sección 2, se revisa la literatura sobre latencia, HFT y calidad del mercado. En la sección 3, se describe el Mercado de Valores Español. En la sección 4, se presentan la muestra. En la sección 5, se exponen las medidas de calidad de mercado y de HFT. En la sección 6, se estudia el efecto de la entrada del SIBE Smart sobre la calidad del mercado utilizando contrastes de medianas. En la sección 7, se estudia el efecto de la entrada del SIBE sobre la calidad del mercado utilizando modelos de panel. En la sección 8, se analizan los costes de selección adversa tras la entrada del SIBE Smart. Finalmente, concluimos en la sección 9.

2. Latencia, HFT y calidad del mercado: Revisión de la literatura

Nuestro estudio se basa en el análisis de una disminución de latencia, siendo los principales beneficiados los HFT. Así, se espera, que una vez disminuida la latencia, los HFT estén más presentes en el mercado observando un aumento de sus características (gestión rápida de las órdenes, generar alto tráfico de mensajes, salir y entrar rápidamente del mercado, etc.). En este sentido, Hendershott y Riordan (2013) muestran que los HFTs gestionan de forma más activa sus órdenes mediante el uso de algoritmos. Hasbrouck and Saar (2009) muestran que los HFTs utilizan mucho el recurso de cancelar órdenes limitadas pocas milésimas después de haber introducido la orden (*fleeting orders*)⁶. Kwan y Philip (2015) también concluyen que los HFT tienen una supervisión del mercado más activa, y que cancelan el 65% de órdenes que presentan al mercado. Finalmente, Egginton, Van Ness, and Van Ness (2013) evidencian el uso del llamado *quote stuffing*, una estrategia basada en introducir un volumen anormalmente alto de órdenes en un intervalo muy corto de tiempo, simplemente para provocar respuestas en otros algoritmos.

Nuestro interés reside en la calidad del mercado después de una disminución de latencia. La actuación de los HFT afecta a diferentes dimensiones de calidad del mercado. Respecto a la volatilidad, en la literatura, encontramos modelos teóricos que predicen que los HFTs aumentarán el componente informativo de la volatilidad (e.g., Martinez y Rosu, 2013), y otros que predicen que aumentarán el componente ruidoso de la volatilidad (e.g., Jarrow y Protter, 2012). Entre los trabajos empíricos existentes que analizan el vínculo entre HFT y

⁶ Para datos del NASDAQ, Hasbrouck y Saar (2009) que el 90% de las órdenes introducidas en el mercado son limitadas, y que de éstas, solamente un 6% se ejecuta de manera total o parcial. Además, 1/3 de las órdenes limitadas se cancelan, como mucho, dos segundos más tarde.

volatilidad, algunos pocos muestran que los HFTs ayudan a estabilizar precios (e.g., Hasbrouck y Saar, 2013; Hagströmer y Nordén, 2013), mientras que otros muestran todo lo contrario (e.g., Dickey, Huang y Zhou, 2011; Egginton et al., 2011; Boehmer, Fong, y Wu, 2012; Hasbrouck, 2013).

Otro aspecto fundamental en los mercados es la liquidez. Existe disparidad de opiniones respecto a la relación entre latencia y liquidez. Mientras que Riordan y Storckenmaier (2012), Conrad, Wahal y Xiang (2014), y Easley, Hendershott y Ramadorai (2014) observan que reducciones en la latencia llevan consigo un aumento de la liquidez, Menkveld y Zoican (2015) y Hendershott y Moulton (2011) concluyen que una disminución de latencia aumenta la horquilla efectiva. También, existen diversos estudios centrados en la relación entre HFT y liquidez. Algunos estudios analizan eventos que favorecen (como en nuestro experimento de reducción de latencia en el SIBE) o perjudican la actividad de los HFTs, con el fin de poder establecer una relación causal entre HFT y liquidez. Algunos ejemplos serían la entrada del primer HFT en el Mercado Bursátil Holandés (e.g., Janovic y Menkveld, 2012); la introducción del “autoquote” en el NYSE en 2003 (e.g., Hendershott, Jones y Menkveld, 2011); la introducción de servicios de colocación (e.g., Boehmer, Fong y Wu, 2012); reducciones de latencia (e.g., Brogaard et al., 2013), o la introducción de una tasa que penaliza altos cocientes de órdenes sobre transacciones en la Bolsa Italiana (e.g., Friederich y Payne, 2013). En general, todos estos estudios concluyen que mayor HFT implica mayor liquidez. Hendershott y Riordan (2013) encuentran que es más probable que los AT consuman liquidez cuando la horquilla es relativamente estrecha y proporcionen liquidez cuando es relativamente ancha. Por tanto, concluyen que los AT ayudan a estabilizar la liquidez. Hasbrouck y Saar (2013) estudian el impacto de variaciones en la

intensidad de la actividad de los HFTs. Concluyen que periodos de mayor participación de los HFTs coinciden con menores horquilla efectivas y mayor profundidad. Como observan Chordia et al. (2013), estos resultados solo indican que en mercados dominados por HFTs, cuanto más participen mejor. Existen, no obstante, importantes excepciones. Por ejemplo, Chakrabarty, Jain, Shkilko y Sokolov (2014) estudian los efectos de una prohibición de la SEC al acceso directo al mercado norteamericano. Esta restricción perjudicaba especialmente a los HFTs, como demuestra que el tráfico de mensajes se redujo en un 33%. Estos autores encuentran que la prohibición conllevó a aumentos en la liquidez y reducciones en los costes de selección adversa. Egginton, Van Ness, and Van Ness (2013) muestran que el *quote stuffing* se asocian a menor liquidez. Gai, Yao, y Ye (2012) encuentran que un aumento en la velocidad de negociación de milisegundos a nanosegundos aumenta el tráfico de mensajes, pero no tiene efecto ni sobre la liquidez, ni sobre el volumen negociado.

Respecto a la eficiencia de los precios, Foucault (2013) apunta a 3 motivos por los que los HFTs pueden hacer los precios menos eficientes. En primer lugar, los HFTs pueden tener un sesgo cortoplacista, lo que puede llevar a que negocien en base a información que tiene poco o nada que ver con el verdadero valor del activo. En segundo lugar, los HFTs pueden limitarse a ser *free riders*, explotando información adquirida por otros inversores y que se refleja en sus decisiones de inversión. De hecho, los HFTs podrían desincentivar a aquellos a seguir invirtiendo en adquirir o buscar nueva información. Finalmente, como las estrategias de los HFTs se basan en la velocidad en la toma de decisiones, corren el riesgo de realizar valoraciones precipitadas e imprecisas de la nueva información. Algunos trabajos empíricos aportan evidencia sobre la relación entre latencia o HFT y eficiencia.

Conrad, Wahal y Xiang (2014) concluyen que reducir la latencia conlleva mejoras en eficiencia. Brogaard, Hendershott, y Riordan (2014) y Carrion (2013) concluyen que la actividad de los HFTs contribuye a la formación del precio. Menkveld (2013) ilustra cómo los HFTs pueden ayudar a eliminar oportunidades de arbitraje. Pero también encuentra que la gestión de inventario por parte del HFT afecta a los precios del mercado.

Por último, los estudios sobre cambios en latencia aportan resultados inconsistentes en cuanto a su impacto sobre los costes de selección adversa (CSA), entendidos como el riesgo que los proveedores de liquidez soportan ante la posibilidad de negociar con agentes mejor informados (e.g., Kyle, 1985 and Glosten and Milgrom, 1985). Riordan y Storckenmaier (2012) concluyen que en el mercado Alemán la reducción en la horquilla efectiva observada tras una reducción en latencia se explica por los menores CSA. Por el contrario, Conrad et al. (2014) observan que en el mercado de Tokio la horquilla efectiva disminuye debido a una disminución de la horquilla realizada. Hendershott y Moulton (2011) concluyen que en NYSE la horquilla efectiva aumenta debido al componente de selección adversa después de una reducción de latencia. Igualmente, Menkveld y Zoican (2015) concluyen que para el caso del NASDAQ-OMX, una reducción en latencia conllevó un incremento de los CSA. En cuanto a la literatura sobre HFT, éstos soportan CSA cuando actúan como creadores de mercado. No obstante, su ventaja en velocidad les permite actualizar sus cotizaciones en pocos milisegundos ante cualquier acontecimiento en el mercado. Ésta ultra rápida capacidad de reacción les permite reducir su riesgo exposición ante agentes informados. Por tanto, un incremento en la participación de los HFT creadores de mercado tras la entrada del SIBE Smart podría traducirse en una disminución de los CSA. Por el contrario, un aumento en

la presencia de los HFT direccionales tras la entrada del SIBE Smart, podría aumentar los CSA, porque éstos agentes podrían utilizar su ventaja en velocidad para negociar contra ordenes limitadas que estén “en dinero”, infringiendo mayores cotes de exposición a los proveedores de liquidez. Los modelos teóricos de Biais, Foucault, y Moinas (2013), y Foucault, Hombert, y Rosu (2012) apuntan en esta dirección.

3. Descripción del mercado de BME

El mercado bursátil español actual es el resultado de diferentes reformas a lo largo de los años, las cuales tienen como objetivo adecuar la estructura de negociación a los entornos y necesidades de cada momento.

Con anterioridad a la Ley 24/1988 del Mercado de Valores, el mercado bursátil español se caracterizaba por su fragmentación, ya que la negociación se ejecutaba de forma aislada en alguna de las cuatro bolsas españolas (Madrid, fundada en 1831; Barcelona, 1915; Bilbao, 1890 y Valencia, 1970)⁷. En 1989 se implantó la primera plataforma de contratación electrónica, conectando así las cuatro bolsas españolas en el llamado Sistema de Interconexión Bursátil (SIB), fue el sistema CATS (Computer Assisted Trading System). En 1995 se sustituyó el sistema CATS por el Sistema de Interconexión Bursátil Español (SIBE). Debido a las nuevas exigencias del mercado, el SIBE fue sustituido por el SIBE Smart en el 2012, siendo en la actualidad la plataforma que soporta el funcionamiento del Mercado de Acciones Español.

⁷ Sociedad de Bolsas (2012). Descripción del modelo de mercado. Mercado Bursátil de Acciones, Derechos y Mercado Latibex.

El SIBE está gestionado por la Sociedad de Bolsas, sociedad anónima participada por las Sociedades Rectoras de las cuatro Bolsas de valores españolas. Los miembros del mercado pueden ser Sociedades de Valores, Agencias de Valores y Entidades de Crédito, estando sujetas a la supervisión y control de la Comisión Nacional del Mercado de Valores (CNMV).

Los precios cotizados, tanto en el antiguo SIBE como en el SIBE Smart, sirven para calcular diferentes índices de referencia de la Bolsa española; IBEX-35, compuesto por las 35 empresas más líquidas del SIBE ponderadas por capitalización; IBEX-MEDIUM CAP, empresas cotizadas de mediana capitalización ponderadas por capitalización, formado por las 20 compañías más importantes después del IBEX-35; IBEX-SMALL CAP, empresas cotizadas de pequeña capitalización ponderadas por capitalización, formado por las 30 compañías más importantes después del IBEX-MEDIUM CAP⁸.

El SIBE Smart recoge las características del antiguo SIBE, organizándose a través de un libro central de órdenes, el cual se actualiza continuamente, asegurando así un único precio por valor. La comunicación entre las Bolsas es directa y en tiempo real, aumentando la liquidez y profundidad del mercado.

Las sesiones de negociación de la Bolsa española tienen lugar de lunes a viernes con el siguiente horario:

- Subasta de apertura de las 8:30-9:00h. con un cierre aleatorio de 30 segundos
- Sesión abierta de 9:00-17:30h. donde los valores se negocian de manera continua

⁸ <http://www.bmerv.es>

- Subasta de cierre de las 17:30-17:35h. con un cierre aleatorio de 30 segundos

Existen subastas de volatilidad, las cuales se aplican a aquellos valores cuyos precios pudieran alcanzar o sobrepasar los límites máximos de variación estipulados. Tienen una duración de 5 minutos con un cierre aleatorio de 30 segundos.

El modelo de mercado español se caracteriza por ser un sistema continuo dirigido por órdenes, complementado con la existencia de algunos proveedores de liquidez sobre ciertos valores. El sistema es multilateral y automático. Se ofrece información sobre las negociaciones efectuadas (precio, volumen y los miembros intervinientes en la negociación), así como las 20 mejor posiciones de compra y de venta e información sobre los índices IBEX, garantizando así pre y post transparencia. La prioridad de transacción se determina por el precio y, en caso de igualdad de precios, por la prioridad temporal de introducción de órdenes. La unidad de contratación es una acción, mientras que la variación mínima de las cotizaciones se establece en función de la liquidez, del precio de cotización del valor y los decimales con que cotiza el valor.

Asimismo existen diferentes segmentos de mercado con mecanismos de contratación específica; mercado FIXING, los valores se negocian a través de dos subastas diarias; Latibex, compuesto por valores latinoamericanos que cotizan en euros; Mercado de Bloques, donde se negocian operaciones de gran volumen, Mercado de Operaciones Especiales, se negocian operaciones que deben cumplir con unos requisitos una vez que el mercado se ha cerrado y el Mercado Alternativo

Bursátil, mercado para empresas de reducida capitalización que buscan expandirse.

3.1. SIBE Smart

La nueva plataforma de negociación en los segmentos de Renta Variable, el SIBE Smart, fue implantado paulatinamente, iniciándose en julio de 2010 y completando la sustitución el 16 de abril del 2012.

El SIBE Smart ha sido desarrollado con tecnología propia, por los técnicos de BME. La nueva plataforma aprovecha los principios básicos del antiguo sistema de negociación, ya que desde la puesta en marcha del SIBE, éste ha generado confianza y seguridad a los inversores. La plataforma Smart está en uso en el Sistema de contratación de Warrants desde febrero 2009 (Smart-Warrants) y para el segmento de ETFs desde febrero de 2010, con resultados satisfactorios. En el segmento de contratación electrónico de Renta Fija la plataforma se implementó en diciembre del 2013 (Send Smart).

Las características técnicas de la nueva plataforma se pueden resumir en:

- Desarrollo abierto para cualquier sistema operativo Unix/Linux
- Escalabilidad de los equipos, servidores, etc. debido a las necesidades de capacidad y de crecimiento transaccional
- Nuevos procesos de *matching*, "*trading units*" para reducir las latencias medias
- Recuperación del Sistema en las infraestructuras de contingencias y back-up
- Plataforma multiproducto con especificaciones de interfaz basadas en el protocolo FIX

El protocolo FIX es de uso generalizado y extendido en los mercados internacionales. De esta manera, la nueva plataforma permite aumentar el nivel de operaciones al facilitar una mayor capacidad de transacciones por segundo, así como una mayor flexibilidad y eficiencia en la introducción de órdenes.

El nuevo sistema de contratación se actualiza a los nuevos entornos del mercado. Su objetivo principal es la reducción de tiempos de respuesta y una mayor capacidad de proceso de órdenes debido a las nuevas demandas de negociadores de alta frecuencia. Gracias a esta innovación las latencias medias de transacciones están por debajo del milisegundo, pues la capacidad del Sistema ha aumentado y los tiempos de respuesta del antiguo SIBE se han reducido hasta en 10 veces.

Para mejorar la calidad, la competitividad y la accesibilidad del mercado, junto con la innovación de la plataforma, se han ofrecido servicios de colocación y la nueva datafeed, la cual ofrece a los miembros del mercado recibir la información pública de precios y posiciones de los valores de manera instantánea. Actualmente, los técnicos de BME están ultimando los trabajos para la apertura de un HUB de acceso a BME situado en las instalaciones de Equinix en Londres para finales de 2015. Gracias a ello, se reducirá un 20% la latencia entre Londres y Madrid, suponiendo un gran avance en cuanto a la velocidad, calidad y facilidad de acceso a los mercados, contribuyendo así a mejorar la liquidez del mercado⁹.

⁹ Ver Nueva plataforma SIBE (2º trimestre de 2012). Bolsa: Revista de Bolsas y Mercados españoles, 36-41.

4. Base de datos y muestra

El presente estudio tiene como objetivo analizar el impacto de la introducción de la plataforma SIBE Smart el día 16 de abril de 2012 sobre diferentes dimensiones de calidad de mercado. Para ello se utilizan datos de alta frecuencia del libro de órdenes (LOB) y datos sobre las transacciones de acciones ordinarias negociadas en la plataforma electrónica del mercado español. Los datos originales han sido suministrador por BME MarketData. El periodo de análisis abarca tres meses, desde marzo de 2012 hasta mayo de 2012. Finalmente, la muestra de acciones está formada por las 35 acciones constituyentes del IBEX-35, el índice de referencia del mercado de valores español.

La información sobre el LOB incluye las cinco mejores cotizaciones, tanto a la compra como a la venta, que se actualizan cada vez que se introduce un nuevo mensaje al mercado, ya sea una orden limitada, una orden de mercado, una cancelación, una modificación de orden, etc. Para cada nivel del LOB y para cada valor, se tiene información sobre las cotizaciones, el número de órdenes existentes a cada nivel de cotización, y la profundidad mostrada. No se dispone de información sobre la profundidad oculta¹⁰.

La información sobre las transacciones incluye, para cada transacción, el precio y el tamaño (número acciones). Las órdenes de compra o de venta de gran tamaño pueden provocar un barrido de cotizaciones del LOB. Por tanto, en tales casos, el precio de transacción es en realidad el precio marginal, es decir, el precio al que se ha negociado la última acción de la transacción. Tanto la información del

¹⁰ En el Mercado de Acciones Español se permiten órdenes iceberg, pero no se permiten órdenes ocultas. Por tanto, todas las posibles cotizaciones aparecen en LOB pero no toda la posible profundidad a cada nivel. Para más información sobre el uso de órdenes iceberg en el mercado español ver Pardo y Pascual (2012).

LOB como la información sobre las transacciones del Mercado Español tienen un código de secuencia, lo que permite fusionar de forma perfecta las dos fuentes de información.

Puesto que en el MBE no son posibles las mejoras de precios (transacciones dentro de la horquilla) y cada transacción consume liquidez, es sencillo asignar la dirección de cada transacción. Éstas se clasifican de compra (venta) si el inversor que inicia la negociación consume liquidez en el lado de la oferta (demanda) del LOB. Para nuestro estudio, no se tienen en cuenta las subastas, ya sean de apertura, de cierre o de volatilidad¹¹. También se excluyen las transacciones pre-acordadas. Por tanto, en nuestro estudio tenemos en cuenta, exclusivamente, cotizaciones y transacciones ordinarias correspondientes a la sesión continua.

Como se ha indicado anteriormente, la muestra de acciones se restringe a empresas constituyentes del IBEX-35. En el Apéndice 1 se incluye el ticker y el nombre de las 35 acciones. A partir de la información disponible en la página web de la Sociedad de Bolsas¹², se ha recopilado la composición del IBEX-35 durante todo el periodo de la muestra, teniendo en cuenta tanto las revisiones ordinarias (cada semestre) como las extraordinarias (ad hoc). Desde el 2 de enero de 2012 hasta el 2 de mayo de 2012 el IBEX-35 estuvo formado por 36 acciones de manera extraordinaria. La muestra analizada sólo tiene en cuenta aquellas acciones que formaron parte del índice durante todo el periodo de análisis, por tanto, el estudio se centra en 35 acciones. A la hora de reportar nuestros resultados, consideraremos tres submuestras por capitalización bursátil. El Grupo 1 contiene los 11 activos con mayor capitalización de toda la muestra; el Grupo 2 está

¹¹ Para más detalles sobre las subastas de volatilidad del Mercado Español, ver Abad y Pascual (2010).

¹² <http://www.bmerv.es/esp/asp/Portada/Portada.aspx>

formado por los 12 activos con mayor capitalización después de los activos del Grupo 1, y el Grupo 3 contiene los 12 activos de menor capitalización del IBEX-35.

El SIBE Smart fue introducido entre dos periodos con restricciones a la venta en corto. El primer periodo empezó el 11 de agosto de 2011 y terminó el 15 de febrero de 2012. El segundo periodo empezó el 23 de julio de 2012 y finalizó el 31 de enero de 2013. En un intento de minimizar cualquier impacto de estos dos periodos de prohibiciones sobre nuestro análisis, y así aislar el efecto de la introducción del SIBE Smart, se restringe el periodo de análisis. Éste se limita a un mes y medio antes y un mes y medio después de la entrada de la nueva plataforma. Por lo tanto, el período antes de la entrada del SIBE Smart (pre Smart) cubre todos los días de negociación entre el 1 de marzo de 2012 y el 15 de abril 2012, y el período posterior a la entrada (post Smart) cubre todos los días de negociación entre el 16 de abril 2012 (entrada del SIBE Smart) y el 31 de mayo 2012.

5. Medidas de calidad del mercado y HFT

Para evaluar la calidad del mercado antes y después de la entrada del SIBE Smart, se analizarán diferentes medidas de liquidez, de volatilidad y de eficiencia de precios. Además, vamos a utilizar diferentes medidas de actividad de negociación, y algunos indicadores de actividad de los *high-frequency traders* (HFTs). Las medidas que se presentan a continuación son medidas de alta frecuencia, que se calculan por transacción o por registro del LOB. Después, se promedian por activo y día para obtener series diarias que cubren todo el periodo de análisis.

5.1. Medidas de liquidez

Liquidez significa facilidad y rapidez para encontrar la mejor contrapartida posible a bajo coste (costes de inmediatez), y con el menor impacto posible en precios (profundidad). La liquidez es, pues, un concepto multidimensional y un elemento fundamental en cualquier mercado financiero. Mayor liquidez implica menores costes indirectos por negociar, pero también se asocia a menor volatilidad en precios, precios más eficientes y mayor competitividad del mercado (e.g., Madhavan, 2000; Biais, Glosten, y Spratt, 2005).

En nuestro estudio, evaluamos la liquidez del mercado utilizando diferentes medidas, las cuales, se presentan a continuación. Clasificamos las medidas en “ex ante” y “ex post”. Las medidas ex ante se calculan a partir de datos exclusivamente del LOB. Las medidas ex post evalúan la liquidez tras la ejecución de una transacción, por tanto tienen en cuenta tanto información del LOB como información sobre transacciones ejecutadas.

5.1.1. Medidas de liquidez ex ante

A menos que se indique algo en contra, todas estas medidas se presentan a continuación se promedian ponderando por el tiempo entre registros del LOB.

- **La horquilla relativa (HR):** Es la diferencia entre el mejor precio de compra y el mejor precio de venta (horquilla de precios) sobre el punto medio. El punto medio es el promedio entre el mejor precio de compra y el mejor precio de venta.

$$HR_{i,t} = \frac{Ask_{i,t} - Bid_{i,t}}{Q_{i,t}} \quad [1]$$

donde $Ask_{i,t}$ es el mejor precio de compra del valor i en el momento t ; $Bid_{i,t}$ es el mejor precio de venta del valor i en el momento t , y $Q_{i,t}$ es el punto medio de la horquilla

$$Q_{i,t} = \frac{Ask_{i,t} + Bid_{i,t}}{2} \quad [2]$$

La HR es la principal medida de costes de inmediatez, incluye los costes indirectos (primas y descuentos) asociados a negociar de forma inmediatamente con los proveedores de liquidez, esto es, los inversores pasivos del mercado. Por tanto, el mercado será más líquido si esta medida es pequeña. Esta medida solamente es representativa de transacciones de tamaño relativamente pequeño (no agresivas¹³).

- **La profundidad acumulada en el LOB (PROF):** Se trata del promedio entre las acciones acumuladas en las cinco mejores posiciones de compra y las acciones acumuladas en las cinco mejores posiciones de venta. A mayor profundidad, menor será el impacto de cualquier transacción en precios. Por tanto, a mayor profundidad, mayor liquidez.

$$PROF_{i,t} = \frac{Prof_Ask_{i,t} + Prof_Bid_{i,t}}{2} \quad [3]$$

- **La elasticidad del LOB (ELOB):** Es el promedio entre las elasticidades de la curva de oferta y de la curva de demanda del LOB, tal y como la calculan Naes y Skjeltorp (2006). Esta medida capta dos dimensiones de liquidez, los costes de inmediatez y la profundidad. Por tanto, es una medida resumen y va a centrar nuestra atención en posteriores análisis.

¹³ Una orden no agresiva es aquella que no consume toda la profundidad disponible al primer nivel del LOB.

5.1.2. Medida de liquidez ex post

- **Horquilla efectiva (HE):** Se define como dos veces la diferencia entre el precio de transacción y el punto medio de la horquilla, multiplicado por la dirección de la transacción (1 = compra, -1 = venta), y dividida nuevamente por el punto medio. En este caso, la medida se promedia ponderando por el tamaño de las transacciones.

$$HE_{i,t} = \frac{2 \times (P_{i,t} - Q_{i,t}) \times D_{i,t}}{Q_{i,t}} \quad [4]$$

donde $P_{i,t}$ es el precio marginal de la transacción del activo i en el momento t ; $D_{i,t}$ es 1 si la transacción es iniciada por un comprador, es decir, el comprador es quien toma liquidez, y -1 si la transacción es iniciada por un vendedor, es decir, el vendedor es quien toma liquidez.

La HE difiere de la HR en que tiene en cuenta que los precios pueden diferir de las mejores cotizaciones de compra o venta. Mide por tanto los costes indirectos reales (no potenciales) del tomador de liquidez. La HE y la HR coinciden si las órdenes que toman liquidez son no agresivas. Si son agresivas, el precio de transacción (marginal) termina siendo mayor que el mejor ask o menor que el mejor bid existente cuando la orden llega al mercado.¹⁴

5.2. Medidas de eficiencia en precios

- **El cociente de volatilidades (VRatio):** Se calcula como el cociente entre la volatilidad realizada calculada sobre intervalos de 1 minuto y la volatilidad

¹⁴ Otra medida de liquidez ex post considerada inicialmente en el estudio fue la medida de iliquidez de Amihud (2002). No se presentan los resultados con esta variable al observar que, al menos dentro de nuestro periodo de análisis, tenía un comportamiento muy errático e inestable. En cualquier caso, los resultados obtenidos con esta medida son consistentes.

realizada calculada sobre intervalos de 30 minutos, todo multiplicado por la raíz cuadrada de 30.

$$VRatio(1,30) = \frac{\sqrt{30} \sigma(r_1)}{\sigma(r_{30})} \quad [5]$$

Bajo el supuesto de que los precios siguen un paseo aleatorio¹⁵, la volatilidad medida en intervalos de 1 minuto debería ser proporcional a la volatilidad medida en intervalos de 30 minutos. El VRatio mide la existencia de dicha proporcionalidad. Cuanto más se alejen los precios del paseo aleatorio debido a ruido en el proceso de formación del precio, mayor será el VRatio. Por tanto, un incremento en VRatio indica una menor eficiencia en precios o, si se prefiere, mayor ruido en precios.

- **La auto-correlación de las rentabilidades (AUT):** Se trata de la auto-correlación de primer orden de las rentabilidades calculadas en intervalos de 1 minuto. Nuevamente, si los precios son eficientes y siguen un paseo aleatorio, los cambios de precios deberían ser impredecibles. Mayor auto-correlación, por tanto, indica menor eficiencia en precios.

5.3. Medidas de actividad y volatilidad

Al igual que estudiamos el impacto de la entrada del SIBE Smart sobre liquidez y eficiencia, evaluaremos el impacto que el SIBE Smart ha tenido sobre el nivel de actividad y la volatilidad.

- **La volatilidad realizada diaria (VR):** Es la desviación estándar de las rentabilidades minuto a minuto.

¹⁵ En frecuencias bajas, los precios son totalmente impredecibles. En cambio, en datos de frecuencia alta, el supuesto de paseo aleatorio no es totalmente satisfactorio, debido a la presencia de un componente ruidoso en los precios. Roll (1984) demostró que dicho componente genera auto-correlación negativa en los cambios de precios.

- **El volumen negociado diario (V):** Es la suma del tamaño (número de acciones) de todas las transacciones negociadas en una sesión.
- **El número de transacciones diario (T):** Es el número de operaciones completadas durante la sesión.

5.4. Estadísticos descriptivos de liquidez actividad y volatilidad

En la Tabla I se presentan algunos estadísticos descriptivos para el periodo pre Smart de algunas de las medidas anteriormente definidas. De esta manera, se obtiene una visión general de las características del mercado y de la nuestra muestra de acciones antes de introducir la nueva plataforma.

[Tabla I]

La HR (HE) media para todos los activos de la muestra es de 0,126% (0,11%). Los costes de inmediatez decrecen con la capitalización bursátil media de los activos. Así, los activos del Grupo 1 tienen una HR media del 0,076% (0,066%), mientras que para el Grupo 3 es de 0,167% (0,149%).¹⁶ De la misma manera, los activos de mayor capitalización son los que presentan un mayor volumen negociado. En promedio, los activos del Grupo 1 muestran un V medio diario de 12.191.526,6 acciones antes de la entrada del SIBE Smart, mientras que el promedio para toda la muestra es de 5.222.103,7 acciones por día. Estos resultados son esperables, ya que los activos con mayor capitalización suelen ser los más negociados y más líquidos. La PROF del Grupo 2 (40.379,9 acciones) es mayor que la del Grupo 1 (38.178,8 acciones), recogiendo el hecho de que el precio medio de los activos del Grupo 2 es menor que los del Grupo 1. Finalmente, la volatilidad realizada es mayor para los activos menos negociados (0,085% para el

¹⁶ Nótese que HE y HR no son directamente comparables, ya que las HE se calculan transacción por transacción, mientras que las HR se miden por registro del LOB.

Grupo 1 y 0,121% para el Grupo 3), consistente con la habitual relación negativa entre liquidez y volatilidad.

A pesar de que los activos analizados son los más líquidos del MBE, existen diferencias significativas entre ellos en términos de liquidez, volatilidad y actividad.

5.5. Indicadores de HFT

Como se ha indicado en la introducción, las mejoras en latencia benefician especialmente a los inversores de alta frecuencia (HFTs). Las fuentes de información del presente análisis no identifican las transacciones o las órdenes que involucran a HFTs. Por tanto, no podemos evaluar directamente el impacto de la entrada del SIBE-Smart sobre el volumen negociado o la liquidez proporcionada por los HFTs, o evaluar el efecto que los HFTs tienen sobre la calidad del mercado. Indirectamente, sin embargo, podemos hacer cierta inferencia utilizando ciertos indicadores que se asocian a la presencia de los HFTs, y que deberían intensificarse tras la entrada de la nueva plataforma si el SIBE-Smart efectivamente incentiva la entrada de este tipo de traders.

En este trabajo se utilizan indicadores basados en el tráfico de mensajes, que debe incrementarse si aumenta la actividad de los HFTs (e.g. Hendershott, Jones y Menkveld, 2011)¹⁷. En concreto, se calculan las siguientes medidas:

- **El tráfico de mensajes por minuto (MT):** Es la suma de todos los cambios en el LOB por minuto, equivalente a sumar todas las órdenes, transacciones y cancelaciones que se hayan producido.

¹⁷ Otros estudios que utilizan este tipo de medidas son Janovic y Menkveld (2012); Riordan y Storckenmaier (2011); Boehmer, Fong, y Wu (2012); Brogaard et al. (2013), y Friederich y Payne (2013).

- **El tráfico de mensajes sobre volumen en euros (MT/V€):** Cociente de MT sobre y el volumen negociado en euros durante una sesión.
- **El tráfico de mensajes por transacciones (MT/T):** Cociente entre MT y T.
- **Número de cambios en el punto medio (CQ):** Cantidad de cambios en el punto medio del libro de órdenes que no sean cero.

6. Efectos de la entrada del SIBE Smart: Contrastes de medianas

Procedemos a resumir los resultados de nuestro análisis empírico de los efectos de la entrada del SIBE Smart. Para aportar robustez a nuestras conclusiones, se muestran los resultados obtenidos utilizando diferentes enfoques estadísticos y/o econométricos.

En primer lugar, realizamos un contraste simple de diferencias de medianas entre los periodos pre y post SIBE-Smart para cada una de las variables de interés. Tal y como se ha indicado en la sección 5, hemos construido series de periodicidad diaria a partir de los datos de alta frecuencia. Por lo tanto, nuestro primer análisis contrasta la significatividad de los cambios en la mediana diaria de cada variable antes y después de la entrada del SIBE Smart. Para una definición precisa de cada variable, véase la sección 5. Para evaluar la significatividad estadística de los cambios se utiliza el contraste no paramétrico de Wilcoxon (*rank-sum test*). La hipótesis nula es que hay un incremento en la actividad de los HFTs tras la implantación del SIBE-Smart. Se realizan contrastes tanto a nivel de activo, como a nivel de muestra. Para éste último, se construyen series promedio de cada medida en sección cruzada, tanto ponderadas por capitalización, como sin ponderar (medias simples).

6.1. Impacto del SIBE Smart sobre el HFT

Una menor latencia permite introducir más órdenes en un tiempo dado. Como consecuencia, cabe esperar un aumento del tráfico de mensajes. Las prácticas llevadas a cabo por los HFT, mencionadas en la sección 2, deben conllevar incrementos en indicadores tales como $MT/V\text{€}$ y CQ .

En la Tabla II se muestran los resultados de los contrastes para los indicadores de HFT. En el Panel A, se pueden ver los resultados a nivel de toda la muestra y las 3 submuestras por capitalización bursátil. En este caso, se aporta la diferencia de medianas entre el periodo post Smart y el pre Smart dividido por la mediana del periodo pre Smart. En el Panel B, se resumen los resultados de los contrastes por activo. En este caso, se muestra el porcentaje de activos para los que se rechaza la hipótesis nula al menos al 5% de significatividad, y de ellos, el porcentaje de activos en los que la medida aumenta y el porcentaje de activos en los que la medida disminuye.

[Tabla II]

En el Panel A de la Tabla II, los contrastes indican un aumento significativo en la mayoría de los indicadores de HFT tras la entrada del SIBE Smart, tanto para la muestra como para las 3 submuestras por capitalización. Los resultados más débiles se obtienen para la medida de tráfico de mensajes sobre número de transacciones (MT/T). No obstante, al controlar por capitalización, tanto entre submuestras, como dentro de cada submuestra, las diferencias son significativas y positivas al 1%. En general, los resultados muestran que el tráfico de mensajes aumenta tras la entrada del SIBE Smart, tanto en términos absolutos (MT), como también en términos relativos al volumen negociado ($MT/V\text{€}$). También se

observa un aumento en el número de cambios del punto medio (CQ). Estos patrones son consistentes con una mayor participación de los HFTs en la negociación de los componentes del IBEX-35 tras la entrada del SIBE Smart.

En el Panel B de la Tabla II se muestran los resultados por activo. Podemos observar que el incremento no es generalizado para todos los activos de la muestra. Salvo en el caso de CQ, con un 83% de rechazos, el porcentaje de rechazos es inferior o igual al 50%. Para MT, MT/V€, y CQ, cuando la diferencia en las medianas post y pre Smart es significativa, ésta tiende a ser positiva.

El hecho de que la hipótesis se rechace con más fuerza en los activos del Grupo 1 y en los activos del Grupo 2 y 3 al controlar por capitalización, es consistente con la evidencia en, por ejemplo, Carrion (2013) y Brogaard et al. (2014), los cuales observan que los HFT son más activos en acciones de alta capitalización.

Dado que los resultados con los indicadores CQ y MT/V€ parecen ser más consistentes, en lo que resta de nuestro análisis utilizaremos exclusivamente estos dos estadísticos como indicadores de HFT en el MBE.

6.2. Impacto del SIBE Smart sobre el nivel de actividad y la volatilidad

En este apartado analizamos el impacto de la entrada del SIBE Smart en el volumen negociado y la volatilidad. Como se ha explicado con anterioridad, los HFTs se caracterizan por mantener inventarios reducidos en diversos activos a la vez sobre periodos muy cortos de tiempo. Por tanto, toman posiciones y las cancelan continuamente. Tampoco mantienen posiciones abiertas entre sesiones. Esto provoca que fraccionen las órdenes en tamaños muy pequeños, provocando un aumento del número de transacciones, una disminución del tamaño medio por

transacción y un aumento del volumen en gran medida por negociaciones entre algoritmos. Cabe esperar que una reducción de latencia facilite la gestión del inventario por parte de los HFT, y que les permita realizar más transacciones. Así, esperamos un aumento en V y en T tras la entrada del SIBE Smart.

Una de las principales suspicacias que levantan los HFTs es que, al no estar obligados a proporcionar liquidez o a actuar como último recurso, en momentos de elevada incertidumbre la liquidez del mercado se puede resentir y la volatilidad transitoria aumentar. Por otro lado, las prácticas de *quote stuffing* y *fleeting orders* comentadas con anterioridad, entre otras, pueden también provocar mucho ruido en el proceso de formación del precio, aumentando así la volatilidad no deseada.

En la Tabla III mostramos los resultados de los contrastes de diferencias en medianas para las variables de actividad (V y T) y de volatilidad (VR). Los resultados de este primer análisis apuntan hacia un efecto positivo, aunque débil, de la nueva plataforma sobre el nivel de actividad. Cuando consideramos la totalidad de las acciones en la muestra, los contrastes rechazan la nula de que tanto V como T han aumentado con la entrada del SIBE Smart (1% de significatividad). Al evaluar el efecto con las submuestras por capitalización, sin embargo, las diferencias sólo resultan ser altamente significativas (al 1%) para los activos del Grupo 1 y cuando no controlamos por capitalización, y en menor grado (5%) para los activos del Grupo 2 si y solo si ponderamos por capitalización. Finalmente, los resultados en el Panel B de la Tabla III indican que los cambios en actividad son significativos sólo para el 50% de la muestra, aunque ciertamente en la mayoría de casos, los cambios son hacia un aumento del nivel de actividad.

[Tabla III]

Los resultados en términos de variaciones en volatilidad a corto plazo son mucho más robustos. La volatilidad realizada ha aumentado tras la entrada del SIBE Smart de manera altamente significativa en todos los casos analizados. El Panel B de la Tabla III muestra que para el 97,14% de los activos analizados, la volatilidad realizada ha aumentado. Sin recurrir a técnicas estadísticas más sofisticadas (e.g., Pascual y Veredas, 2010), no podemos descomponer este aumento en sus componentes informativo (deseable) o ruidoso (indeseable). No obstante, los resultados en la siguiente sección pueden aportar algo de luz sobre esta cuestión.

6.3. Impacto del SIBE Smart sobre la liquidez

Como se ha discutido en la introducción de este trabajo, existen diversos trabajos que han estudiado el impacto de reducciones de latencia sobre liquidez, llegando a resultados inconsistentes. En la sección dos de este trabajo, también se presentan diferentes estudios que llegan a diferentes conclusiones respecto a la relación entre HFT y liquidez. Nuestro estudio aporta nueva evidencia respecto a esta cuestión.

Para nuestro estudio, los resultados de los contrastes de igualdad de medias para las medidas de liquidez definidas en la sección 5 se muestran en la Tabla IV. Tanto a nivel agregado (Panel A), como a nivel individual (Panel B), nuestros resultados muestran una significativa reducción en la liquidez tras la entrada del SIBE Smart. Los costes de inmediatez, tanto ex ante (HR) como ex post (HE) aumentan; la profundidad en el LOB disminuye, y las curvas de oferta y demanda del LOB (ELOB) se hacen más inelásticas. Obsérvese como, por ejemplo, la HR (HE) aumenta para el 100% (91%) de los activos de la muestra, mientras que la ELOB

disminuye para el 97% de los activos considerados. Por tanto, nuestros contrastes preliminares sugieren que la entrada del SIBE Smart trajo consigo un empeoramiento en la calidad del MBE en cuanto a la provisión de liquidez se refiere.

[Tabla IV]

6.4. Impacto del SIBE Smart sobre la eficiencia en precios

Finalmente, analizamos el impacto de la entrada del SIBE Smart en la eficiencia en precios, utilizando las medidas introducidas en la sección 5: el cociente de volatilidades (VRatio) y la auto-correlación de primer orden en las rentabilidades (AUT).

En la medida en que disminuciones de latencia ayudan a que la información se incorpore más rápidamente a los precios; aumente la rapidez con la que el mercado corrige desviaciones temporales respecto al precio eficiente, y permita que desaparezcan más rápidamente las oportunidades de arbitraje, las cotizaciones serán más informativas sobre el verdadero valor del activo. Esto es, los precios serán más eficientes.

Las nuevas tecnologías han permitido aumentar la capacidad de los HFTs para vigilar el mercado, encontrar inconsistencias entre activos y/o mercados, e incluso buscar anuncios públicos que aún no se hayan incorporado a los precios. Los HFTs por tanto, podrían hacer que los precios fuesen más eficientes.

Los resultados de los contrastes de medianas sobre las medidas de eficiencia se resumen en la Tabla V. Observamos como la entrada del SIBE Smart no tiene impacto significativo sobre el VRatio. Sólo observamos diferencias estadísticamente significativas para AUT para la muestra agregada. En Panel B de

la Tabla V indica que, de haber cambios significativos, son en la dirección de reducir la eficiencia en precios, pero sólo para un porcentaje muy reducido de la muestra (14% según VRatio, 17% según AUT). Por tanto, de manera general, nuestros resultados hasta este punto del estudio muestran o ningún efecto o efectos débiles o marginales sobre la eficiencia en precios de la entrada del SIBE Smart.

[Tabla V]

7. Efectos de la entrada del SIBE Smart: Modelos de panel.

En esta sección, utilizamos un análisis econométrico como segundo enfoque empírico para testar el impacto de la entrada del SIBE Smart en la calidad del MBE. Este enfoque nos permite estimar el impacto medio de la entrada del SIBE Smart sobre un conjunto de activos, controlando al mismo tiempo por las propiedades de las series temporales analizadas. Concretamente, para cada una de las variables en las Tablas II a V, se ha estimado una regresión de panel para toda la muestra y para las 3 submuestras por capitalización bursátil. El modelo a estimar es¹⁸:

$$Y_{i,t} = \alpha + \beta_1 Smart_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad [6]$$

donde el subíndice i hace referencia a las acciones y t a los días de negociación. La variable explicativa ($Smart$) es una variable *dummy* que toma el valor 0 los días anteriores a la puesta en marcha del SIBE Smart (16/4/2012) y 1 el resto de días. La constante del modelo (α) recoge la mediana de la variable dependiente durante el periodo pre Smart, mientras que el coeficiente β_1 captura incremento en la dicha

¹⁸ Todas las estimaciones se han realizado utilizando las funciones correspondientes en Stata12.

mediana tras la introducción del SIBE Smart. Es decir, la mediana de la variable en el periodo post Smart sería $\alpha + \beta_1$.

Como errores estándar de los coeficientes estimados, se usan los errores de Thompson (2011), que permiten controlar por correlación en los residuos tanto entre acciones como a lo largo del tiempo. El estimador de la matriz de varianzas-covarianzas resultante en este método es equivalente al estimador resultante de estimar el modelo con efectos fijos por activo más el estimador resultante de estimar el modelo con efectos fijos por día y restarle el estimador habitual robusto a heterocedasticidad de White.

En la Tabla VI mostramos los coeficientes estimados del modelo en la ecuación [6] para los indicadores de HFT MT/V€ y CQ, y para las variables de actividad V y T. Nuestras estimaciones confirman el incremento en los indicadores de HFT tras la entrada del SIBE Smart. El coeficiente β_1 es positivo y significativo para la totalidad de la muestra tanto para MT/V€ como para CQ. Al analizar las submuestras por capitalización, observamos que la hipótesis nula ($\beta_1 = 0$) se rechaza con más fuerza (1%) para los activos de mayor capitalización (Grupo 1) que para los activos del Grupo 2 (rechazada al 5%), y del Grupo 3 (rechazada al 10% para MT/V€ y al 1% para CQ). En términos de variación porcentual, el incremento relativo en MT/V€ para el Grupo 1 es del 17%, mientras que para el Grupo 2 y 3 es del 31% y 33%, respectivamente.

[Tabla VI]

Si nos fijamos el tráfico de mensajes por minuto (MT), no incluido en la Tabla VI, vemos que éste aumenta un 13,67% para la muestra total, un 18,74% para el Grupo 1, un 6,81% para el Grupo 2 y un 7,76% para el Grupo 3. De forma

similar, CQ aumenta un 81,38% para toda la muestra, un 88,75% para el Grupo 1, un 74,55% para el Grupo 2 y para el Grupo 3 un 75,79%. Por otro lado, si nos centramos en las estimaciones para las series de actividad (V y T) en la Tabla VI, vemos que tanto V como T aumentan para la muestra total, pero este aumento se debe exclusivamente a los activos del Grupo 1 (27,7%). Por tanto, nuestros resultados sugieren un incremento del tráfico de mensajes especialmente importante para los activos de mayor capitalización. En términos relativos, $MT/V\text{€}$ aumenta menos para los activos del Grupo 1 que para los activos de los Grupos 2 y 3 porque el denominador también aumenta para el Grupo 1 mientras que no cambia significativamente para los Grupos 2 y 3.

Las estimaciones en la Tabla VI, por tanto, sugieren que la entrada del SIBE Smart provocó un aumento de la actividad de los HFTs en el MBE, aumentando sustancialmente el tráfico de mensajes en todos los activos, pero traduciéndose en mayor volumen negociado y más transacciones solamente entre los activos de mayor capitalización.

En la Tabla VII mostramos los coeficientes estimados del modelo en la ecuación [6] para las medidas de volatilidad (VR) y de eficiencia en precios (VRatio y AUT). En sintonía con los resultados de los contrastes de medianas de la sección 6, la Tabla VII muestra un aumento significativo de la volatilidad realizada tras la implantación del SIBE Smart para toda muestra (45%), pero también para las diferentes submuestras por capitalización. Todas estas diferencias son significativas al 1%. En cuanto a la eficiencia en precios, nuestras estimaciones indican que tanto el VRatio como la AUT aumentan significativamente, un 4,4% y 15,9% respectivamente, para toda la muestra. Esta reducción en eficiencia se

explica exclusivamente por los activos del Grupo 1 (mayor capitalización), con aumentos del VRatio y de la AUT del 8,5% y 38,2% respectivamente, y los del Grupo 3 (menor capitalización), con un aumento significativo en la AUT del 17,19%. Nuestros resultados sugieren que la entrada del SIBE Smart provocó un aumento de la actividad de los HFT que resultó en una mayor volatilidad de corto plazo y en una significativa reducción en la eficiencia en precios para éstos activos.

[Tabla VII]

Finalmente, en la Tabla VIII mostramos los coeficientes estimados del modelo en la ecuación [6] para las medidas de liquidez (HR, HE, PROF y ELOB). En general, nuestras estimaciones muestran un empeoramiento de todas las dimensiones de liquidez tras la implantación del SIBE Smart, tanto para las 35 acciones de la muestra, como para las submuestras por capitalización. Los resultados son consistentes con los analizados en la sección 6. Los costes de inmediatez efectivos (HE), por ejemplo, aumentan un 46,69% para la muestra total, un 31,96% para el Grupo 1, un 44,18% para el Grupo 2 y un 54,58% para el Grupo 3. La PROF en el LOB disminuye para la muestra entera, pero solamente es significativo al 1% para los activos del Grupo 1. La ELOB, nuestra medida de liquidez de referencia, ha disminuido un 26,42% para la muestra total, un 25,21% para el Grupo 1, un 27,43% para el Grupo 2 y un 27,91% para el Grupo 3.

[Tabla VIII]

Nuestras estimaciones por tanto sugieren que la introducción del SIBE Smart (reducción de latencia) tuvo un impacto negativo sobre la calidad del mercado para los activos del IBEX-35 que se tradujo en menor liquidez, mayor

volatilidad a corto plazo, y precios menos eficientes, siendo los activos de mayor tamaño los que experimentaron los impactos más significativos.

Menkveld y Zoican (2015, p.1) afirman que “el impacto del cambio de latencia depende de las estrategias utilizadas por los inversores ultra rápidos, por ejemplo los HFT”. El mismo argumento lo comparten otros estudios, como los de Bank y Baumann (2015) y Hasbrouck y Saar (2013). Al fin y al cabo, los traders de baja frecuencia, es decir, los que no utilizan algoritmos para la toma de decisiones financieras, son incapaces de reaccionar en milisegundos o microsegundos a los acontecimientos del mercado. Podemos por tanto concluir que la introducción del SIBE Smart incentivó la participación de los HFTs en el MBE, especialmente en los activos de mayor capitalización. El impacto de esta mayor participación de los HFTs ha sido un empeoramiento de la calidad del mercado.

El impacto de la reducción de latencia en el MBE es consistente con los resultados aportados por Menkveld y Zoican (2015) en su análisis del NASDAQ-OMX. Estos autores proponen un modelo teórico en el que, una disminución de latencia solo mejorará el mercado si los HFTs son mayoritariamente proveedores de liquidez (creadores de mercado) y no traders direccionales (*news traders* o HFT “*bandits*”). Los aumentos en horquilla, tanto cotizada como efectiva, sugieren que la menor latencia del SIBE Smart conllevó un aumento relativamente mayor de HFTs direccionales que de HFTs creadores de mercado, aumentando los costes de selección adversa y con ello la horquilla de precios (e.g., Carrion, 2013). En la siguiente sección, aportamos evidencia sobre esta hipótesis evaluando el impacto de la entrada del SIBE Smart sobre los costes de selección adversa.

8. Impacto del SIBE Smart sobre los costes de selección adversa

En este nuestro estudio utilizamos dos enfoques alternativos para medir el riesgo de asimetrías de información o CSA: la metodología de Huang y Stoll (1996) y el modelo de Lin, Sanger y Booth (1995). Ambos enfoques tienen en común que permiten descomponer la horquilla efectiva en un componente informativo (CSA) y un componente realizado por el proveedor de liquidez (horquilla realizada o HRZD), que cubriría los costes reales (costes operativos, costes de inventario etc.). A través de estos análisis se podrá observar si el aumento de la horquilla efectiva observado en las secciones anteriores es debido a un aumento de la HRZD, que implicaría un aumento en los beneficios de los proveedores de liquidez, o debido a un aumento de los CSA. El uso de dos enfoques diferentes se justifica por la búsqueda de mayor consistencia y robustez en nuestras conclusiones.

Empezamos por estimar los parámetros del modelo de Lin, Sanger y Booth (1995) (LSB95). En este modelo se estudian los cambios de la horquilla efectiva transacción por transacción. El modelo descompone la horquilla efectiva en sus componentes teóricos a partir de la estimación de 3 parámetros: el parámetro de CSA (λ), el parámetro fricciones reales (γ) y el parámetro de persistencia en el signo de las transacciones (θ), donde $\gamma = 1 - \lambda - \theta$ es la HRZD. Para estimar estos parámetros, LSB proponen el siguiente sistema de ecuaciones:

$$Q_{t+1} - Q_t = \lambda Z_t + e_{t+1} \quad [7]$$

$$Z_{t+1} = \theta Z_t + \eta_{t+1} \quad [8]$$

donde Q_t es el punto medio de la horquilla en el momento t ; $Z_t = P_t - Q_t$ es la horquilla efectiva (sin multiplicar por el signo de la transacción), siendo P_t el precio de transacción, y e_t y η_t son los errores de la regresión, que se asume no

están correlacionados. Obsérvese que todos los parámetros del modelo se expresan en porcentaje sobre el tamaño de la horquilla efectiva. Si compras y ventas llegasen aleatoriamente al mercado ($\theta = 0$), $\gamma + \lambda = 1$, de tal manera que la HE sería la suma de la HRZD (γHE) y los CSA (λHE). En la práctica, se espera que transacciones de un determinado signo sigan a transacciones del mismo signo con mayor probabilidad que a transacciones de signo contrario ($1 > \theta > 0$), con lo que $\gamma + \lambda < 1$. Las ecuaciones [7] y [8] se estiman por MCO con errores robustos por día y activo.

La metodología de Huang y Stoll (1996) (HS96) es ampliamente utilizada en la literatura. La horquilla efectiva se descompone en HRZD e impacto en precios, que sería el equivalente al componente de CSA. La horquilla realizada se calcula teniendo en cuenta el impacto que cada transacción puede tener sobre los precios. Concretamente,

$$HRZD_{i,t} = \left(\frac{P_{i,t} - Q_{i,t+x}}{Q_{i,t}} \right) \times D_{i,t} \quad [9]$$

donde $Q_{i,t+x}$ es el punto medio de la horquilla x segundos periodos después de la transacción, y $D_{i,t}$ es el signo de la transacción (1 = compra, -1 = venta). La elección de x es ad hoc. Si bien la literatura tradicionalmente ha tomado intervalos de 300 segundos (5 minutos) o más, en mercados de alta frecuencia valores menores para x parecen mucho más apropiados. Nosotros consideramos dos posibles opciones: 5 y 30 segundos. De esta forma los resultados serán comparables con los del enfoque de LSB95.

De la diferencia entre la HE y la HRZD emerge la medida de CSA, el impacto en los precios. Se obtiene como,

$$PI_{i,t} = HE_{i,t} - HR_{i,t} = \left(\frac{Q_{i,t+x} - Q_{i,t}}{Q_{i,t}} \right) \times D_{i,t} \quad [10]$$

En las dos metodologías, la horquilla realizada mide la compensación real obtenida por el proveedor de liquidez una vez se ha efectuado la transacción. Es el impacto transitorio de la negociación. Por otro lado, si una transacción aporta información al mercado, se espera que esta provoque un ajuste en las cotizaciones del mercado. Tanto el parámetro de CSA del modelo de LSB95, como el PI del modelo de HS96 captan la información contenida en la negociación. Cuanto mayor sea el riesgo de asimetrías de información de un activo, mayor será el impacto en los precios de las transacciones. Se puede entender como la pérdida de los demandantes de liquidez debido a los CSA.

En la Tabla IX se aportan medias y desviaciones típicas en sección cruzada para los 35 activos de la muestra y para las 3 submuestras por capitalización bursátil de los parámetros de modelo de LSB95, así como de la HRZD y PI del modelo de HS96 para el periodo pre Smart.

[Tabla IX]

La Tabla IX Panel A muestra que, antes de la entrada del SIBE Smart, y según el modelo de LSB95, los CSA representaban el 35% de la HE en media para los 35 activos del IBEX. La horquilla realizada representaba otro 35%. Por tanto, antes de la entrada del SIBE Smart, la horquilla efectiva se repartía en partes más o menos iguales entre proveedores de liquidez y especuladores informados. No encontramos diferencias sustanciales dentro de la muestra. Se observa que para un $x = 5$, el PI representa para el total de la muestra un 34,6% del punto medio, mientras que la HRZD representa un 13,2%. Estas estimaciones se traducen en que el PI (CSA) representa un 72,4% de la HE, mientras que proveedor de liquidez

realiza el 27,6% restante. Al considerar $x = 30''$, el peso del componente del PI aumenta. Estas diferencias son esperables. Al ampliar x aumentamos la probabilidad de captar mayores cambios en precios.

Las diferencias entre LSB95 y HS96 también son esperables. LSB95 equivale a considerar un x variable según la frecuencia de negociación del activo. Para activos muy negociados, x puede ser menos de un segundo. Por otro lado, HS96 no controla por la auto-correlación en el signo de las transacciones.

En la Tabla X estimamos el modelo de panel de la ecuación [6] para los parámetros de LSB95 y para los componentes de la horquilla según HS96 ($x = 5''$)^{19, 20}. Los resultados obtenidos con las dos metodologías son consistentes, lo que añade robustez a nuestras conclusiones. Con respecto a la muestra total, los CSA aumentaron de manera significativa después de la entrada del SIBE Smart. Según LSB95, los CSA aumentaron un 4,55% de la HE, mientras que según HS96, aumentaron un 46,66% sobre el punto medio de la horquilla. Ambos modelos resuelven que la HRZD no experimentó cambios estadísticamente significativos tras la entrada del SIBE Smart. Esto sugiere que los proveedores de liquidez aumentaron horquillas tras la entrada del SIBE Smart para compensar el incremento de CSA, manteniendo su compensación relativa por negociar constante.²¹

Consistentemente con los resultados de secciones anteriores, el impacto de la reducción de latencia sobre los CSA es especialmente fuerte para los activos del Grupo 1 (mayor capitalización bursátil). Para este conjunto, los CSA aumentan un

¹⁹ Los resultados con contrastes de medianas pre vs. post Smart como los realizados en la sección 6, pueden verse en el Apéndice 2.

²⁰ Los resultados con $x = 30''$ son equivalentes.

²¹ Los contrastes de medianas en el apéndice muestran que los incrementos del CSA se producen en la mayoría de los activos de la muestra, considerados individualmente.

11,38% respecto a la HE según LSB95 y un 56,23% respecto al punto medio de la horquilla según HS96. Además, la HRZD disminuye significativamente en ambas metodologías, un 11,47% según LSB95 y un 64,03% según HS96. Para el resto de submuestras, sólo HS96 muestra aumentos significativos en PI al 1%.

[Tabla X]

Por tanto, nuestros resultados sugieren que la entrada del SIBE Smart y la consiguiente reducción en latencia provocaron un aumento de los CSA, especialmente importante entre los activos más negociados, donde la actividad de los HFT se espera más intensa. Los resultados son consistentes con un incremento del ratio de HFTs direccionales sobre HFTs creadores de mercado tras la entrada del SIBE Smart, que se traslada en mayor riesgo de asimetrías de información para los proveedores de liquidez (e.g., Biais, Foucault, y Moinas, 2013; Menkveld y Zoican, 2015). El aumento del parámetro de selección adversa también sugiere que, tras la entrada del SIBE Smart, aumentó el contenido informativo en las transacciones del MBE.

9. Conclusiones

En la última década, los mercados de valores han experimentado un cambio trascendental en la manera de negociar. El mercado de renta variable actual está gobernado por la automatización y la rapidez de negociación, mientras que la negociación entre humanos ha quedado relegada a un papel secundario. Los mercados que ofrecen menor latencia atraen a inversores cuyas estrategias de negociación dependen esencialmente de la velocidad de respuesta. En este entorno, nacen los traders de alta frecuencia (HFTs), que invierten una gran cantidad de dinero en el desarrollo de algoritmos de negociación eficientes y

rápidos. Hoy en día, la mayoría de las transacciones involucran algoritmos, incluso en muchos casos, algoritmos negociando entre sí. Las decisiones de inversión se han transferido a programas de ordenador.

El efecto de la automatización y la velocidad en los mercados financieros es un área de estudio relativamente reciente y en proceso expansivo. El presente estudio ha pretendido contribuir a dicha literatura aportando evidencia basada en el estudio de un caso particular.

En este trabajo se ha estudiado el impacto que una reducción de latencia en el MBE tuvo sobre la calidad del mercado. Esta reducción de latencia se produjo como consecuencia de la puesta en marcha de la plataforma de negociación SIBE Smart el 16 de Abril de 2012, sustituyendo al anterior sistema SIBE. En términos generales, encontramos que tras la implantación del SIBE Smart, la calidad del mercado empeoró, especialmente entre los activos de mayor capitalización bursátil. Concretamente, encontramos que, para los activos más negociados:

- Los costes de inmediatez, costes indirectos de negociar, medidos por la horquilla efectiva, aumentaron un 31,96%
- La profundidad del libro de órdenes disminuyó un 18,9%
- La elasticidad de las curvas de oferta y demanda del libro de órdenes disminuyó un 25,21%
- La volatilidad realizada a corto plazo aumentó un 44,86%
- La eficiencia en precios disminuye. La auto-correlación de las rentabilidades a corto plazo aumenta un 38,2%

Por otro lado, las aproximaciones de HFTs utilizados en nuestros análisis, basados todos ellos en el tráfico de mensajes, aumentan significativamente tras la

entrada del SIBE Smart. Para los activos más negociados, el tráfico de mensajes por minuto aumenta un 18,74%. El cociente de tráfico de mensajes sobre volumen aumenta un 30,06%, siendo un 17% para los activos de mayor capitalización y un 33% para los activos de menor capitalización. No obstante, observamos que el volumen negociado y el número de transacciones sólo aumentan de forma significativa para los activos de mayor capitalización. Por tanto, para los activos de menor capitalización, la reducción de latencia supuso aumentar más el tráfico de mensajes pero sin provocar un aumento de la actividad real.

Finalmente, encontramos que la entrada del SIBE Smart aumentó los costes de selección adversa de los proveedores de liquidez, especialmente para los activos de mayor capitalización bursátil. En términos porcentuales sobre la horquilla efectiva, los costes de selección adversa aumentaron un 4,55%, mientras que en términos relativos al precio medio del activo, aumentaron un 46,66%. Las horquillas realizadas por los proveedores de liquidez disminuyeron para los activos de mayor capitalización bursátil un 64,03% en términos relativos a la horquilla efectiva. Basándonos en modelos teóricos de la literatura (e.g., Menkveld y Zoidan, 2015) concluimos que, tras la entrada del SIBE Smart, el cociente entre HFTs discrecionales y HFTs creadores de mercado creció en el BME, lo que incrementó los costes de exposición de los proveedores de liquidez.

Es importante recalcar que lo que presentamos en este documento es un estudio preliminar y que nuestras conclusiones podrían estar sujetas a diferentes sesgos. En primer lugar, la entrada del SIBE Smart y el incremento en la actividad de los HFTs son fenómenos que no pueden desligarse, al menos sin disponer de información precisa y veraz sobre la actividad de los HFT en el MBE. Es posible que

la actualización del sistema de negociación electrónico en sí no haya sido causa directa de la pérdida de calidad del mercado, sino el incremento del HFT. En cualquier caso, el SIBE Smart sería causa indirecta al facilitar la actividad de los HFTs direccionales en el MBE. Por otro lado, la entrada del SIBE Smart sucede entre periodos de prolongadas restricciones a la venta en corto y elevada inestabilidad en los mercados. Aunque hemos intentado aislar el estudio de estos efectos tomando una ventana muy corta alrededor de la entrada del SIBE Smart, difícilmente podemos afirmar con total certeza que nuestros resultados son totalmente ajenos a la situación del mercado en aquellos momentos.

En Abril de 2014, el Parlamento Europeo aprobó un conjunto de medidas dirigidas a controlar la actividad de los HFTs en la UE²². Además, son diversas las medidas regulatorias sugeridas para limitar los potenciales efectos negativos del HFT en los mercados. Imponer penalizaciones a los HFTs que tengan cocientes de MT/V excesivamente elevados, o establecer un mínimo de tiempo de exposición de las órdenes limitadas son sólo algunos ejemplos. No obstante, son numerosos los académicos que se manifiestan en contra de este tipo de medidas, ya que diversos estudios concluyen que el HFT aporta liquidez y contribuye a la formación de precios (e.g., Jones, 2013). Creemos que todo estudio que aporte evidencia sobre estas cuestiones es importante, y puede contribuir a este encendido debate. Con este estudio, esperamos haber puesto nuestro grano de arena.

²² <http://www.europarl.europa.eu/news/en/news-room/content/20140411IPR43438/html/MEPs-vote-laws-to-regulate-financial-markets-and-curb-high-frequency-trading>

Referencias

- Abad, D. y Pascual, R. (2010). Switching to a temporary call auction in times of high uncertainty. *Journal of Financial Research* 33, 1, 45-75.
- Abergel, F., Bouchaud, J-P., Foucault, T., Lechalle, C. y Rosenbaum, M. (2012). *Market Microstructure*, Wiley. p. 3-40.
<http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1119952417.html>
- Amihud, Y. (2002). Illiquidity and stock returns: cross-section and time-series effect. *Journal of Financial Markets* 5, 31-56.
- Bank, M. y Baumann, R.H. (2015). Price formation, market quality and the effects of reduced latency in the very short run. Universität Innsbruck.
- Biais, B., Foucault, T. y Moinas, S. (2013). Equilibrium Fast Trading. AFA 2013 San Diego Meetings Paper, HEC Paris Research Paper No. 968/2013.
- Bias, B., Gloste, L. y Spatt, C. (2005). Market microstructure: A survey of microfoundations, empirical results, and policy implications. *Journal of Financial Markets*, 8 (2), 217-264.
- Boehmer, E. Fong, K. y Wu, J. (2012). Algorithmic trading and changes in firms equity capital. http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2050856
- Brogaard, J., Hendershott, T., Hunt, S. y Yussi, C. (2014). High-Frequency Trading and the Execution Costs of Institutional Investors. *The Financial Review*, 49 (2), 345-369.
- Cardella, L., Hao, J., Kalcheva, I. y Ma, Y. (2014). Computerization of the Equity, Foreign Exchange, Derivatives, and Fixed-Income Markets. *The Financial Review*, 49, 231-243.
- Carrion, A. (2013). Very fast money: high-frequency trading on the NASDAQ. *Journal of Financial Markets*, 16 (4), 680-711.
- Chakrabarty, B., Jain, P. K., Shkilko, A., Sokolov, K. (2014). Speed of market access and market quality: Evidence from the SEC naked access ban. *Paper SSRN*.
- Chordia, S., Lynch, A. y Williams, G. (2013). High-Frequency Trading. Johnson School Research Paper Series No. #20-2013
- Conrad, J., Wahal, S. y Xiang, J. (2014). High Frequency Quoting, Trading, and the Efficiency of Prices. *Journal of Financial Economics (forthcoming)*.
- Descripción del Modelo de Mercado. Mercado Bursátil de Acciones, Derechos y Mercado Latibex (Abril 2012). *Bolsas y Mercados Españoles. Sociedad de Bolsas*.

- Easley, D., Hendershott, T. y Ramadorai, T. (2014). Leveling the trading field. *Journal of Financial Markets*, 17, 65-93.
- Egginton, J. F., Van Ness, B. F. y Van Ness, R. A. (2013). Quote Stuffing. http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1958281
- Foucault, T., Hombert, J. y Rosu, I. (2012). News Trading and Speed. Forthcoming, *Journal of Finance*.
- Friederich, S. y Payne, R. (2013). Order-to-trade ratios and market liquidity. Forthcoming, *Journal of Banking and Finance*.
- Gai, J., Yao, C. y Ye, M. (2012). The Externalities of High Frequency Trading. http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2066839
- Glosten, L. y Milgrom, P. (1985). Bid, Ask and transacción prices in a specialist market with heterogeneously informad traders. *Journal of Financial Economics*, 14, 71-100.
- Goldstein, M., Kumar, P. y Graves, F. (2014). Computerized and High-Frequency Trading. *The Financial Review*, 49, 177-202.
- Hagströmer, B. y Norden, L. (2013). The Diverity of High-Frequency Traders. http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2153272
- Hasbrouck, J. y Saar, G. (2013). Low-latency trading. *Journal of Financial Markets*, 16 (4), 646-679.
- Hasbrouck, J. y Saar, G. (2009). Technology and liquidity provision: The blurring of traditional definitions. *Journal of Financial Markets*, 12, 143-172.
- Hendershott, T., Jones, C. y Menkveld, A. (2011). Does Algorithmic Trading Improve Liquidity? *Journal of Finance*, 66 (1), 1-33.
- Hendershott, T. y Moulton, P. (2011). Automation, speed and stock market quality: The NYSE's Hybrid. *Journal of Financial Markets*, 14 (4), 568-604.
- Hendershott, T. y Riordan, R. (2013). Algorithmic Trading and the Market for Liquidity. *Journal of financial and quantitative analysis*, 48 (4), 1001-1024.
- Huang, R. D. y Stoll, R. (1996). Dealer versus auction markets: A paired comparison of execution costs on NASDAQ and the NYSE. *Journal of Financial Economics*, 41, 313-357.
- Jarrow, R. A. y Protter, P. (2012). A Dysfunctional Role of High Frequency Trading in Electronic Markets. Johnson School Research Paper Series No. 08-2011.
- Jovanovic, B. y Menkveld, A.J. (2012). Middlemen in limit-order market. Western Finance Association.

- Jones, C. (2013). What do we know about high-frequency trading? *Columbia Business School. Research Paper* No. 13-11.
- Kyle, A. (1985). Continuous Auctions and Insider Trading. *Econometrica*, 53 (6), 1315-1336.
- Kwan, A. y Philip, R. (2015). High-frequency trading and execution costs. http://www.efmaefm.org/0EFMAMEETINGS/EFMA%20ANNUAL%20MEETINGS/2015-Amsterdam/papers/EFMA2015_0184_fullpaper.pdf
- Madhavan, A. (2000). Market microstructure: A survey. *Journal of Financial Markets*, 3, 205-258.
- Martinez, V. y Rosu, I. (2013). High Frequency Traders, News and Volatility. SSRN Electronic Journal 03/2013; DOI: 10.2139/ssrn.1859265
- Menkveld, A. J. y Zoican, M. A. (2015). Need for Speed? Exchange Latency and Liquidity. *Tinberger Institute. Paper* 14-097/IV/DSF78.
- Menkveld, A. (2013). High Frequency Trading and the New-Market Makers. *Journal of Financial Markets*, 16 (4), 712-740.
- Naes, R. y Skjeltorp, J. A. (2006). Order book characteristics and the volume-volatility relation: Empirical evidence from a limit order market. *Journal of Financial Markets*, 9, 408-432.
- Nueva plataforma SIBE (2º trimestre de 2012). *Bolsa: Revista de Bolsas y Mercados españoles*, 36-41.
- Pardo, A. y Pascual, R. (2012). On the hidden side of liquidity. *European Journal of Finance* 18, 10, 949-967.
- Pascual, R. y Veredas, D. (2010). Does the Open Limit Order Book Matter in Explaining Informational Volatility? *Journal of Financial Econometrics*, 8 (1), 57-87.
- Riordan, R. y Storckenmaier, A. (2012). Latency, Liquidity and Price Discovery. *Journal of Financial Markets*, 15 (4), 416-437.
- Roll, R. (1984). A Simple Implicit Measure of the Effective Bid-Ask Spread in an Efficient Market. *The Journal of Finance*, 39 (4), 1127-1139.
- Thompson, S. B. (2011). Simple formulas for standard errors that clustered by both firm and time. *Journal of Financial Economics*, 99, 1-10.
- U. S. Securities and Exchange Commission (2010). *Concept Release on Equity Market Structure*, No. 34-61358; File No.S7-02-10.

U.S. Staff of the Division of Trading Markets (2014). *Equity Market Structure Literature Review. Part II: High Frequency Trading*. Securities and Exchange Commission.

Tabla I
Estadísticos descriptivos: pre SIBE-Smart

La muestra está formada por 35 acciones negociadas en el Mercado de Acciones Español. El periodo de análisis comprende un mes y medio antes de la entrada del SIBE Smart, el día 16 de abril del 2012. Se presentan la media y la desviación típica (entre paréntesis) en sección cruzada sobre diferentes medidas diarias de liquidez, medidas de actividad de negociación y sobre una medida de volatilidad. La horquilla relativa (HR) es la diferencia entre el mejor precio de compra y el mejor precio de venta sobre el punto medio; la horquilla efectiva (HE) es dos veces la diferencia entre el precio de transacción y el punto medio multiplicado por la dirección de la transacción y dividido por el punto medio; la profundidad (PROF) es el promedio entre las acciones acumuladas a los cinco mejores precios de compra y de venta; la volatilidad (VR) realizada se calcula como la desviación estándar de los rendimientos minuto a minuto; volumen negociado (V) es la suma del tamaño de todas las transacciones negociadas en una sesión en número de acciones; el número de transacciones (T) corresponde al número de operaciones completadas durante la sesión de negociación. Los estadísticos se calculan sobre las series diarias de cada acción. Se muestran resultados para toda la muestra y para 3 submuestras según capitalización.

	HR	HE	PROF	VR	V	T
Muestra total	0,001262 (0,00048)	0,001099 (0,00049)	30.423,73 (31.585,9)	0,001032 (0,00029)	5.222.103,7 (1.817.892)	2.872,5 (3.318,1)
Grupo 1 (grandes)	0,000757 (0,00029)	0,000659 (0,00022)	38.178,85 (32.384,3)	0,000846 (0,00014)	12.191.526,6 (3.844.600)	5.786,4 (4.802,9)
Grupo 2	0,001317 (0,00028)	0,001113 (0,00024)	40.379,94 (38.789,9)	0,001027 (0,00020)	2.852.694,1 (1.280.504)	1.818,0 (655,7)
Grupo3 (pequeñas)	0,001669 (0,00035)	0,001487 (0,00053)	13.358,66 (11.818,1)	0,001208 (0,00037)	1.202875,7 (1.101.470)	272,0 (1.255,9)

Tabla II**HFT: Contraste de medianas post vs. pre SIBE Smart**

Esta tabla recoge contrastes de igualdad de medianas entre ambos periodos a partir de series diarias de indicadores de *high-frequency trading* (HFT), basados en el tráfico de mensajes, calculadas a partir de datos de alta frecuencia. La muestra está formada por 35 acciones negociadas en el Mercado de Acciones Español. El periodo de análisis comprende un mes y medio antes y un mes y medio después de la entrada del SIBE Smart, el día 16 de abril del 2012. Los indicadores considerados son: MT es el tráfico de mensajes por minuto, calculado a partir del número de cambios en el LOB; MT/V€ es el cociente entre MT y el volumen en euros (V€); MT/T es el cociente entre MT y el número de transacciones (T), y CQ es el número de cambios en el punto medio de la horquilla que sean diferentes cero. Todos estos indicadores se espera que crezcan si aumenta la actividad de los HFT en el mercado a raíz de la entrada del SIBE Smart. Esta es nuestra hipótesis nula. La tabla presenta la diferencia de medianas relativa entre las series diarias para el periodo post SIBE Smart y el periodo pre SIBE Smart. Como test estadístico, utilizamos el test no paramétrico de Wilcoxon. Los contrastes se realizan para el total de la muestra y para 3 submuestras de acciones según capitalización bursátil, donde Grupo 1 contiene las acciones de mayor capitalización y Grupo 3 las de menor capitalización. En el Panel A, se muestran los contrastes sobre series de medias diarias en sección cruzada, tanto ponderadas como sin ponderar por capitalización bursátil. En el Panel B, se resumen los contrastes por activo, presentando el porcentaje de activos para los cuales la mediana antes y después de la entrada del SIBE Smart difiere al menos al 5% de significatividad, así como el porcentaje de éstos últimos para los que la diferencia en medianas es positiva o negativa.

	MT	MT/V€	MT/T	CQ
Panel A: Medidas promedio en sección cruzada				
Muestra total				
Ponderada	18,67%***	25,46%***	4,30%	103,65%***
Sin ponderar	14,94%***	25,18%***	9,08%**	94,92%***
Grupo 1 (grandes)				
Ponderada	19,58%***	34,77%***	22,13%***	107,35%***
Sin ponderar	17,21%***	18,70%***	0,62%	109,35%***
Grupo2				
Ponderada	22,05%***	44,86%***	24,75%***	118,59%***
Sin ponderar	58,07%	131,74%***	19,59%***	85,74%***
Grupo3 (pequeñas)				
Ponderada	23,88%***	41,76%***	13,5%***	131,08%***
Sin ponderar	14,17%	27,21%**	8,45%	99,95%***
Panel B: Contrastes activo por activo				
Rechazos Ho	51,43%	45,71%	31,43%	82,86%
Post-Pre>0 (%)	61,11%	81,25%	54,55%	96,55%
Post-Pre<0 (%)	38,89%	18,75%	45,45%	3,45%

* p<0,1; ** p<0,05; *** p<0,01

Tabla III**Actividad y volatilidad: Contraste de medianas post vs. pre SIBE Smart**

Esta tabla recoge contrastes de igualdad de medianas entre ambos periodos a partir de series diarias de medidas de actividad y de volatilidad. La muestra está formada por 35 acciones negociadas en el Mercado de Acciones Español. El periodo de análisis comprende un mes y medio antes y un mes y medio después de la entrada del SIBE Smart, el día 16 de abril del 2012. Las medidas consideradas son: V es la suma del tamaño de todas las transacciones negociadas en una sesión en número de acciones; T es el número de operaciones completadas durante la sesión, y VR es la volatilidad realizada, calculada como la desviación estándar de los rendimientos minuto a minuto. La tabla presenta la diferencia de medianas relativa entre las series diarias para el periodo post SIBE Smart y el periodo pre SIBE Smart. Como test estadístico, utilizamos el test no paramétrico de Wilcoxon. Los contrastes se realizan para el total de la muestra y para 3 submuestras de acciones según capitalización bursátil, donde Grupo 1 contiene las acciones de mayor capitalización y Grupo 3 las de menor capitalización. En el Panel A, se muestran los contrastes sobre series de medias diarias en sección cruzada, tanto ponderadas como sin ponderar por capitalización bursátil. En el Panel B, se resumen los contrastes por activo, presentando el porcentaje de activos para los cuales la mediana antes y después de la entrada del SIBE Smart difiere al menos al 5% de significatividad, así como el porcentaje de éstos últimos para los que la diferencia en medianas es positiva o negativa.

	V	T	VR
Panel A: Medidas promedio en sección cruzada			
Muestra total			
Ponderada	28,31%***	17,26%***	42,91%***
Sin ponderar	19,68%***	11,55%**	43,54%***
Grupo 1 (grandes)			
Ponderada	-6,10%	0,85%	48,04%***
Sin ponderar	29,75%***	18,37%***	44,14%***
Grupo2			
Ponderada	12,22%**	10,54%**	56,63%***
Sin ponderar	-1,12%	4,87%	38,18%***
Grupo3 (pequeñas)			
Ponderada	11,75%	16,67%***	69,31%***
Sin ponderar	15,76%*	3,23%	52,99%***
Panel B: Contrastes activo por activo			
Rechazos Ho	54,29%	48,57%	97,14%
Post-Pre>0 (%)	68,42%	70,59%	100%
Post-Pre<0 (%)	31,58%	29,41%	0%

* p<0,1; ** p<0,05; *** p<0,01

Tabla IV**Liquidez: Contraste de medianas pre-post SIBE Smart**

Esta tabla recoge contrastes de igualdad de medianas entre ambos periodos a partir de series diarias de diferentes medidas de liquidez. La muestra está formada por 35 acciones negociadas en el Mercado de Acciones Español. El periodo de análisis comprende un mes y medio antes y un mes y medio después de la entrada del SIBE Smart, el día 16 de abril del 2012. Las medidas consideradas son: HR es la horquilla realizada, calculada como la diferencia entre el mejor precio de compra y el mejor precio de venta sobre el punto medio; PROF es la profundidad, el promedio entre las acciones acumuladas a los cinco mejores precios de compra y de venta; ELOB es la elasticidad, calculada como el promedio entre la elasticidad de la oferta y de la demanda del libro de órdenes; HE es la horquilla efectiva, dos veces la diferencia entre el precio de transacción y el punto medio multiplicado por la dirección de la transacción y dividido por el punto medio. La tabla presenta la diferencia de medianas relativa entre las series diarias para el periodo post SIBE Smart y el periodo pre SIBE Smart. Como test estadístico, utilizamos el test no paramétrico de Wilcoxon. Los contrastes se realizan para el total de la muestra y para 3 submuestras de acciones según capitalización bursátil, donde Grupo 1 contiene las acciones de mayor capitalización y Grupo 3 las de menor capitalización. En el Panel A, se muestran los contrastes sobre series de medias diarias en sección cruzada, tanto ponderadas como sin ponderar por capitalización bursátil. En el Panel B, se resumen los contrastes por activo, presentando el porcentaje de activos para los cuales la mediana antes y después de la entrada del SIBE Smart difiere al menos al 5% de significatividad, así como el porcentaje de éstos últimos para los que la diferencia en medianas es positiva o negativa.

	HR	PROF	ELOB	HE
Panel A: Medidas promedio en sección cruzada				
Muestra total				
Ponderada	39,34%***	-23,16%***	-25,14%***	34,36%***
Sin ponderar	45,01%***	-18,60%***	-27,39%***	41,65%***
Grupo 1 (grandes)				
Ponderada	50,10%***	-23,92%***	-28,29%***	61,85%***
Sin ponderar	34,69%***	-20,17%***	-26,99%***	33,31%***
Grupo2				
Ponderada	43,40%***	-22,04%***	-28,58%***	63,43%***
Sin ponderar	37,53%***	-19,54%***	-26,99%***	37,29%***
Grupo3 (pequeñas)				
Ponderada	56,57%***	-20,64%***	-22,71%***	67,58%***
Sin ponderar	51,29%***	-8,60%*	-28,27%***	48,42%***
Panel B: Contrastes activo por activo				
Rechazos Ho	100%	71,43%	97%	91,43%
Post-Pre>0 (%)	100%	8,00%	0%	100%
Post-Pre<0 (%)	0%	92,00%	100%	0%

* p<0,1; ** p<0,05; *** p<0,01

Tabla V

Eficiencia: Contraste de medianas pre-post SIBE Smart

Esta tabla recoge contrastes de igualdad de medianas entre ambos periodos a partir de series diarias de indicadores de eficiencia de precios. La muestra está formada por 35 acciones negociadas en el Mercado de Acciones Español. El periodo de análisis comprende un mes y medio antes y un mes y medio después de la entrada del SIBE Smart, el día 16 de abril del 2012. Los indicadores considerados son: VRatio es el ratio de volatilidad, calculado como el cociente entre la volatilidad realizada calculada sobre intervalos de 1 minuto multiplicada por la raíz cuadrada de 30 y la volatilidad realizada calculada sobre intervalos de 30 minutos, y AUT es la auto-correlación de los rendimientos en intervalos de un minuto. La tabla presenta la diferencia de medianas relativa entre las series diarias para el periodo post SIBE Smart y el periodo pre SIBE Smart. Como test estadístico, utilizamos el test no paramétrico de Wilcoxon. Los contrastes se realizan para el total de la muestra y para 3 submuestras de acciones según capitalización bursátil, donde Grupo 1 contiene las acciones de mayor capitalización y Grupo 3 las de menor capitalización. En el Panel A, se muestran los contrastes sobre series de medias diarias en sección cruzada, tanto ponderadas como sin ponderar por capitalización bursátil. En el Panel B, se resumen los contrastes por activo, presentando el porcentaje de activos para los cuales la mediana antes y después de la entrada del SIBE Smart difiere al menos al 5% de significatividad, así como el porcentaje de éstos últimos para los que la diferencia en medianas es positiva o negativa.

	VRatio	AUT
Panel A: Medidas promedio en sección cruzada		
Muestra total		
Ponderada	7,91%	26,73%***
Sin ponderar	6,39%	16,57%***
Grupo 1 (grandes)		
Ponderada	1,75%	12,04%
Sin ponderar	8,61%	24,04%***
Grupo2		
Ponderada	-0,12%	12,19%
Sin ponderar	4,95%	0,74%
Grupo3 (pequeñas)		
Ponderada	5,59%*	15,40%**
Sin ponderar	-0,04%	19,95%***
Panel B: Contrastes activo por activo		
Rechazos Ho	14,29%	17,14%
Post-Pre>0 (%)	100%	100%
Post-Pre<0 (%)	0%	0%

* p<0,1; ** p<0,05; *** p<0,01

Tabla VI
HFT y actividad: Modelos de panel

Esta tabla recoge los resultados de Modelos de panel utilizando como variables dependientes los indicadores de HFT y de actividad. La muestra está formada por 35 acciones negociadas en el Mercado de Acciones Español. El periodo de análisis comprende un mes y medio antes y un mes y medio después de la introducción del SIBE Smart, el día 16 de abril del 2012. Los indicadores considerados son: MT/V€ es el cociente entre MT y el volumen en euros (V€); MT/T es el cociente entre MT y el número de transacciones (T); CQ es el número de cambios en el punto medio de la horquilla que sean diferentes cero; V es la suma del tamaño de todas las transacciones negociadas en una sesión en número de acciones, y T es el número de operaciones completadas durante la sesión. Las estimaciones se han realizado utilizando efectos fijos a través del siguiente modelo:

$$Y_{i,t} = \alpha + \beta_1 \text{Smart}_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

donde el subíndice i hace referencia a las acciones y t a los días de negociación. La variable explicativa (Smart) es una variable dummy que toma el valor 0 los días anteriores a la puesta en marcha del SIBE Smart (16/4/2012) y 1 el resto de días. La constante del modelo (α) recoge la mediana de la variable dependiente durante el periodo pre Smart, mientras que el coeficiente β_1 captura incremento en la dicha mediana tras la introducción del SIBE Smart. Las estimaciones se realizan para el total de la muestra y para 3 submuestras de acciones según capitalización bursátil, donde Grupo 1 contiene las acciones de mayor capitalización y Grupo 3 las de menor capitalización. También se presenta el número de observaciones analizadas y el R^2 ajustado de cada regresión. Se utilizan los errores de Thompson (2011) que permiten controlar por correlación en los residuos tanto entre acciones como a lo largo del tiempo.

	MT/V€	CQ	V	T
Muestra total				
α	3,483***	7.905,8***	5.223.129,9***	2.872,5***
β_1	1,047***	6.433,9***	1.028.145,8***	359,3***
N	2203	2203	2203	2203
R^2 Ajust.	0,032	0,158	0,013	0,015
Grupo 1 (grandes)				
α	1,605***	11.323,9***	12.193.515**	5.786,4***
β_1	0,2713***	10.049,4***	3.377.835,2***	1.000,9***
N	693	693	693	693
R^2 Ajust.	0,033	0,238	0,048	0,043
Grupo 2				
α	3,553***	5.028,2***	2.847.691,9***	1.815,2***
β_1	1,087**	3.748,7**	-190.037,1	83,3
N	754	754	754	754
R^2 Ajust.	0,065	0,124	0,001	0,001
Grupo 3 (pequeñas)				
α	5,13***	7.649,9***	1.202.875,6***	1.255,9***
β_1	1,719*	5.797,7***	89.157,2	46,5
N	756	756	756	756
R^2 Ajust.	0,036	0,128	0,002	0,001

* p<0,1; ** p<0,05; *** p<0,01

Tabla VII**Volatilidad y eficiencia en precios: Modelos de panel**

Esta tabla recoge los resultados de Modelos de panel utilizando como variables dependientes las medidas de volatilidad y eficiencia en precios. La muestra está formada por 35 acciones negociadas en el Mercado de Acciones Español. El periodo de análisis comprende un mes y medio antes y un mes y medio después de la introducción del SIBE Smart, el día 16 de abril del 2012. Las medidas son: VR es la volatilidad realizada, calculada como la desviación estándar de los rendimientos minuto a minuto; VRatio es el ratio de volatilidad, el cociente entre la volatilidad realizada calculada sobre intervalos de 1 minuto multiplicada por la raíz cuadrada de 30 y la volatilidad realizada calculada sobre intervalos de 30 minutos, y AUT es la autocorrelación de los rendimientos en intervalos de un minuto. Las estimaciones se han realizado utilizando efectos fijos a través del siguiente modelo:

$$Y_{i,t} = \alpha + \beta_1 Smart_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

donde el subíndice i hace referencia a las acciones y t a los días de negociación. La variable explicativa (Smart) es una variable dummy que toma el valor 0 los días anteriores a la puesta en marcha del SIBE Smart (16/4/2012) y 1 el resto de días. La constante del modelo (α) recoge la mediana de la variable dependiente durante el periodo pre Smart, mientras que el coeficiente β_1 captura incremento en la dicha mediana tras la introducción del SIBE Smart. Las estimaciones se realizan para el total de la muestra y para 3 submuestras de acciones según capitalización bursátil, donde Grupo 1 contiene las acciones de mayor capitalización y Grupo 3 las de menor capitalización. También se presenta el R^2 ajustado de cada regresión, el número de observaciones es el mismo que en la Tabla VI. Se utilizan los errores de Thompson (2011) que permiten controlar por correlación en los residuos tanto entre acciones como a lo largo del tiempo.

	VR	VRatio	AUT
Muestra total			
α	1,031***	1,231***	65,98***
β_1	0,4646***	0,0546***	10,49***
R^2 Ajust.	0,243	0,004	0,009
Grupo 1 (grandes)			
α	0,8455***	1,222***	58,54***
β_1	0,3793***	0,1041**	22,36***
R^2 Ajust.	0,446	0,020	0,048
Grupo 2			
α	1,026***	1,259***	74,45***
β_1	0,4491***	0,0298	-0,9807
R^2 Ajust.	0,169	-0,001	-0,001
Grupo 3 (pequeñas)			
α	1,208***	1,213***	64,34***
β_1	0,5583***	0,0340	11,06***
R^2 Ajust.	0,279	0,001	0,010

* p<0,1; ** p<0,05; *** p<0,01

Tabla VIII
Liquidez: Modelos de panel

Esta tabla recoge los resultados de Modelos de panel utilizando como variables dependientes diferentes medidas de liquidez. La muestra está formada por 35 acciones negociadas en el Mercado de Acciones Español. El periodo de análisis comprende un mes y medio antes y un mes y medio después de la introducción del SIBE Smart, el día 16 de abril del 2012. Las medidas son: HR es la horquilla realizada, calculada como la diferencia entre el mejor precio de compra y el mejor precio de venta sobre el punto medio; PROF es la profundidad, el promedio entre las acciones acumuladas a los cinco mejores precios de compra y de venta; ELOB es la elasticidad, calculada como el promedio entre la elasticidad de la oferta y de la demanda del libro del órdenes; HE es la horquilla efectiva, dos veces la diferencia entre el precio de transacción y el punto medio multiplicado por la dirección de la transacción y dividido por el punto medio. Las estimaciones se han realizado utilizando efectos fijos a través del siguiente modelo:

$$Y_{i,t} = \alpha + \beta_1 Smart_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

donde el subíndice i hace referencia a las acciones y t a los días de negociación. La variable explicativa (Smart) es una variable dummy que toma el valor 0 los días anteriores a la puesta en marcha del SIBE Smart (16/4/2012) y 1 el resto de días. La constante del modelo (α) recoge la mediana de la variable dependiente durante el periodo pre Smart, mientras que el coeficiente β_1 captura incremento en la dicha mediana tras la introducción del SIBE Smart. Las estimaciones se realizan para el total de la muestra y para 3 submuestras de acciones según capitalización bursátil, donde Grupo 1 contiene las acciones de mayor capitalización y Grupo 3 las de menor capitalización. También se presenta el R^2 ajustado de cada regresión, el número de observaciones es el mismo que en la Tabla VI. Se utilizan los errores de Thompson (2011) que permiten controlar por correlación en los residuos tanto entre acciones como a lo largo del tiempo.

	HR	PROF	ELOB	HE
Muestra total				
α	1,262***	30.402,4***	20.230,7***	1,099***
β_1	0,5145***	-6.078,3***	-5.345,6***	0,5131***
R^2 Ajust.	0,391	0,019	0,286	0,163
Grupo 1 (grandes)				
α	0,7575***	38.178,8***	32.137,9***	0,6593***
β_1	0,2594***	-7.219,7***	-8.103,4***	0,2107***
R^2 Ajust.	0,409	0,094	0,395	0,262
Grupo 2				
α	1,317***	40.344,3***	17.249,9***	1,113***
β_1	0,5135***	-10.532,3*	-4.732,3***	0,4917***
R^2 Ajust.	0,350	0,021	0,201	0,132
Grupo 3 (pequeñas)				
α	1,669***	13.358,7***	12.288,5***	1,487***
β_1	0,7492***	-590,0	-3.429,5***	0,8116***
R^2 Ajust.	0,523	0,003	0,415	0,240

* p<0,1; ** p<0,05; *** p<0,01

Tabla IX**Costes de selección adversa y horquillas realizadas pre SIBE Smart**

Esta tabla contiene la media y la desviación típica en sección cruzada de los parámetros del modelo de Lin, Sanger y Booth (1995) y la descomposición de la horquilla efectiva según la metodología de Huang y Stoll (1996) para una muestra formada por 35 acciones negociadas en el Mercado de Acciones Español. El periodo de análisis comprende un mes y medio antes de la entrada del SIBE Smart, el día 16 de abril del 2012. Tanto la estimación del modelo de Lin, Sanger y Booth (LSB) como la descomposición de la horquilla efectiva por Huang y Stoll (HS) se han realizado por día y por activo. Posteriormente, se ha calculado la media de cada estadístico por activo y, finalmente se ha obtenido la media y la desviación típica (entre paréntesis) en sección cruzada. Los parámetros del modelo de LSB se estiman por MCO con errores robustos a heterocedasticidad (White). Tanto el parámetro de selección adversa (CSA) como el parámetro de horquilla realizada (HRZD) se miden en términos porcentuales respecto a la horquilla efectiva. En el caso del enfoque de HS, la HRZD y el impacto en precios (PI) se calculan por transacción. La HRZD es la diferencia entre el precio de compra y el punto medio x segundos tras la transacción. El PI es la diferencia entre el punto medio x segundos después de la transacción y el punto medio vigente en el momento de la transacción. Tanto la HRZD como el PI se expresan en términos relativos al punto medio en el momento de la transacción. Como valores para x se consideran 5 y 30 segundos. Se muestran resultados para toda la muestra y para 3 submuestras por capitalización, siendo el Grupo 1 las más grandes y el Grupo 3 las más pequeñas.

	LSB95: HRZD (%)	LSB95: CSA (%)	HRZD ($x = 5''$)	PI ($x = 5''$)	HRZD ($x = 30''$)	PI ($x = 30''$)
Muestra total	0,35069 (0,1005)	0,35171 (0,0584)	0,13175 (0,0995)	0,34582 (0,1281)	0,06041 (0,0869)	0,41646 (0,1598)
Grupo 1 (grandes)	0,33818 (0,0610)	0,35588 (0,0333)	0,06446 (0,0534)	0,22457 (0,0684)	0,02344 (0,0457)	0,26507 (0,0949)
Grupo 2	0,39184 (0,1318)	0,31538 (0,0697)	0,16244 (0,0924)	0,33848 (0,0955)	0,09462 (0,0874)	0,40585 (0,1010)
Grupo 3 (pequeñas)	0,32101 (0,0736)	0,38423 (0,0385)	0,16273 (0,1135)	0,46427 (0,0850)	0,06011 (0,1058)	0,56584 (0,1147)

Tabla X**Efecto del SIBE Smart sobre los costes de selección adversa**

Esta tabla recoge los resultados de Modelos de panel utilizando como variables dependientes los parámetros del modelo de Lin, Sanger y Booth (1995) y la descomposición de la horquilla efectiva según la metodología de Huang y Stoll (1996). La muestra está formada por 35 acciones negociadas en el Mercado de Acciones Español. El periodo de análisis comprende un mes y medio antes y un mes y medio después de la introducción del SIBE Smart, el día 16 de abril del 2012. Los parámetros del modelo de LSB se estiman por MCO con errores robustos a heterocedasticidad (White). Tanto el parámetro de selección adversa (CSA) como el parámetro de horquilla realizada (HRZD) se miden en términos porcentuales respecto a la horquilla efectiva. En el caso del enfoque de HS, la HRZD y el impacto en precios (PI) se calculan por transacción. La HRZD es la diferencia entre el precio de compra y el punto medio x segundos tras la transacción. El PI es la diferencia entre el punto medio x segundos después de la transacción y el punto medio vigente en el momento de la transacción. Tanto la HRZD como el PI se expresan en términos relativos al punto medio en el momento de la transacción. Como valores para x se consideran 5. Las estimaciones se han realizado utilizando efectos fijos a través del siguiente modelo:

$$Y_{i,t} = \alpha + \beta_1 Smart_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

donde el subíndice i hace referencia a las acciones y t a los días de negociación. La variable explicativa (Smart) es una variable dummy que toma el valor 0 los días anteriores a la puesta en marcha del SIBE Smart (16/4/2012) y 1 el resto de días. La constante del modelo (α) recoge la mediana de la variable dependiente durante el periodo pre Smart, mientras que el coeficiente β_1 captura incremento en la dicha mediana tras la introducción del SIBE Smart. Las estimaciones se realizan para el total de la muestra y para 3 submuestras de acciones según capitalización bursátil, donde Grupo 1 contiene las acciones de mayor capitalización y Grupo 3 las de menor capitalización. También se presenta el R^2 ajustado de cada regresión, el número de observaciones es el mismo que en la Tabla VI. Se utilizan los errores de Thompson (2011) que permiten controlar por correlación en los residuos tanto entre acciones como a lo largo del tiempo.

	LSB95: HRZD (%)	LSB95: CSA (%)	HS96: HRZD(5'')	HS96: PI(5'')
Muestra total				
α	0,3505***	0,3518***	0,1316***	0,3459***
β_1	-0,006	0,0160**	0,0260	0,1614***
R^2 Ajust.	0,00	0,012	0,010	0,336
Grupo 1 (grandes)				
α	0,3382***	0,3559***	0,0645***	0,2246***
β_1	-0,0388***	0,0405***	-0,0413***	0,1263***
R^2 Ajust.	0,059	0,091	0,087	0,392
Grupo 2				
α	0,3913***	0,3156***	0,1621***	0,3387***
β_1	0,0147**	0,0158*	0,0387	0,1503***
R^2 Ajust.	0,002	0,009	0,017	0,282
Grupo 3 (pequeñas)				
α	0,3210***	0,3842***	0,1627***	0,4643***
β_1	0,0034	-0,0062	0,0752*	0,2045***
R^2 Ajust.	-0,001	0,000	0,065	0,383

* p<0,1; ** p<0,05; *** p<0,01

Apéndice 1.

Composición de la muestra

En esta tabla se muestra la composición de la muestra de análisis. El periodo de estudio comprende un mes y medio antes y un mes y medio después de la introducción del SIBE Smart, el día 16 de abril del 2012. La muestra está formada por las 35 acciones constituyentes del IBEX-35 durante todo el periodo de análisis. Se muestra el ticker y el nombre de la empresa. Por último se muestra la división realizada por grupos de capitalización bursátil, donde en el Grupo 1 están recogidas las empresas de mayor capitalización bursátil y en el Grupo 3 las menores.

Número	Ticker	Nombre de la empresa	Grupo de capitalización
1	ABE	Abertis Infraestructuras, S. A.	Grupo 1
2	ABG	Abengoa, S. A.	Grupo 3
3	ACS	ACS, Actividades de construcción y servicios, S. A.	Grupo 2
4	ACX	Acerinox, S. A.	Grupo 3
5	AMS	Amadeus It Holding, S. A.	Grupo 1
6	ANA	Acciona, S. A.	Grupo 2
7	BBVA	Banco Bilbao Vizcaya, S. A.	Grupo 1
8	BKIA	Bankia, S. A.	Grupo 2
9	BKT	Bankinter, S. A.	Grupo 3
10	BME	Bolsas y Mercados Españoles. SHMSF, S. A.	Grupo 3
11	CABK-CRI	Caixabank, S. A. - Criteria Caixa Corp, S. A.	Grupo 2
12	DIA	Día-distribuidora int. de alimentos, S. A.	Grupo 2
13	ELE	Endesa, S. A.	Grupo 3
14	ENG	Enagás, S.A.	Grupo 2
15	FCC	Fomento de Construcciones y Contratas, S. A.	Grupo 3
16	FER	Ferrovial, S. A.	Grupo 1
17	GAM	Gamesa Corporación Tecnología, S. A.	Grupo 3
18	GAS	Gas Natural SDG, S. A.	Grupo 2
19	GRF	Grifols S. A.	Grupo 2
20	IAG	International Consolidated Airlns Grp S. A.	Grupo 2
21	IBE	Iberdrola, S. A.	Grupo 1
22	IDR	Indra Sistemas, S. A.	Grupo 3
23	ITX	Inditex, S. A.	Grupo 1
24	MAP	Mapfre, S. A.	Grupo 2
25	MTS	ArcelorMittal, S. A.	Grupo 2
26	OHL	Obrascn Huarte Lain, S. A.	Grupo 3
27	POP	Banco Popular Español, S.A.	Grupo 1
28	REE	Red Eléctrica Corporación, S. A.	Grupo 1
29	REP	Repsol, S.A.	Grupo 1
30	SAB	Banco de Sabadell, S. A.	Grupo 2
31	SAN	Banco Santander, S.A.	Grupo 1
32	SCYR-SYV	Sacyr, S. A. - Sacyr Vallehermoso, S. A.	Grupo 3
33	TEF	Telefónica, S.A.	Grupo 1
34	TL5	Mediaset España Comunicación, S. A.	Grupo 3
35	TRE	Técnicas Reunidas, S. A.	Grupo 3

Apéndice 2.

CSA: Contraste de medianas post vs. pre SIBE Smart

Esta tabla recoge contrastes de igualdad de medianas entre ambos periodos a partir de los parámetros del modelo de Lin, Sanger y Booth (1995) y la descomposición de la horquilla efectiva según la metodología de Huang y Stoll (1996) para una muestra formada por 35 acciones negociadas en el Mercado de Acciones Español. El periodo de análisis comprende un mes y medio antes y un mes y medio después de la entrada del SIBE Smart, el día 16 de abril del 2012. Tanto la estimación del modelo de Lin, Sanger y Booth (LSB) como la descomposición de la horquilla efectiva por Huang y Stoll (HS) se han realizado por día y por activo. Los parámetros del modelo de LSB se estiman por MCO con errores robustos a heterocedasticidad (White). En el caso del enfoque de HS, la HRZD y el impacto en precios (PI) se calculan por transacción. La HRZD es la diferencia entre el precio de compra y el punto medio x segundos tras la transacción. El PI es la diferencia entre el punto medio x segundos después de la transacción y el punto medio vigente en el momento de la transacción. Como valores para x se consideran 5. La tabla presenta la diferencia de medianas relativa entre las series diarias para el periodo post SIBE Smart y el periodo pre SIBE Smart. Como test estadístico, utilizamos el test no paramétrico de Wilcoxon. Los contrastes se realizan para el total de la muestra y para 3 submuestras de acciones según capitalización bursátil, donde Grupo 1 contiene las acciones de mayor capitalización y Grupo 3 las de menor capitalización. En el Panel A, se muestran los contrastes sobre series de medias diarias en sección cruzada, tanto ponderadas como sin ponderar por capitalización bursátil. En el Panel B, se resumen los contrastes por activo, presentando el porcentaje de activos para los cuales la mediana antes y después de la entrada del SIBE Smart difiere al menos al 5% de significatividad, así como el porcentaje de éstos últimos para los que la diferencia en medianas es positiva o negativa.

	LSB95: HRZD (%)	LSB95: CSA (%)	HRZD ($x = 5''$)	PI ($x = 5''$)
Panel A: Medidas promedio en sección cruzada				
Muestra total				
Ponderada	-9,38%***	10,61%***	-30,95%***	50,86%***
Sin ponderar	-0,04%	3,80%*	12,94%*	47,12%***
Grupo 1 (grandes)				
Ponderada	-11,02%***	12,73%***	-72,40%***	55,64%***
Sin ponderar	-10,87%***	8,91%***	-75,12%***	58,34%***
Grupo2				
Ponderada	-2,47%	4,50%*	10,00%	48,83%***
Sin ponderar	4,41%	2,85%	20,61%*	41,62%***
Grupo3 (pequeñas)				
Ponderada	0,68%	-3,19%	24,86%*	41,44%***
Sin ponderar	4,87%	-2,33%	43,09%***	45,34%***
Panel B: Contrastes activo por activo				
Rechazos Ho	28,57%	40,00%	57,14%	97,14%
Post-Pre>0 (%)	20,00%	85,71%	40%	100%
Post-Pre<0 (%)	80,00%	14,29%	60%	0%

* p<0,1; ** p<0,05; *** p<0,01