

Trabajo de Grado.

Análisis de las ventajas de los sistemas de trading de alta frecuencia frente a los sistemas tradicionales en el mercado de valores colombiano.

Fabián Andrés Pastrana Ceballos

Wilmar Arley Varela Cardona

Asesor:

Julián Esteban Restrepo Montoya

Magister en Administración Financiera

Institución Universitaria ESUMER

Maestría en Finanzas

Medellín

2017

Tabla de Contenido

Resumen.....	6
Abstract.....	7
1. Justificación.....	10
2. Planteamiento del problema	12
1.1 Formulación del problema.....	15
3. Objetivos	16
3.1 Objetivo General.....	16
3.2 Objetivos específicos	16
4. Marco Referencial.....	17
4.1 Marco teórico.	18
4.1.1 Trading de Alta Frecuencia (HFT)	18
4.1.1.1 Funcionamiento del HFT.	20
4.1.1.2 Beneficios y riesgos del HFT	22
4.1.1.3 Regulación HFT ante prácticas fraudulentas.	25
4.1.1.4 Trading de Alta Frecuencia en Colombia.....	27
4.1.2 Trading Tradicional	28
4.1.2.1 Trading Discrecional.	29
4.1.2.2 Trading Sistemático.....	30
4.1.2.3 Contexto Colombiano mercado de valores.....	31
4.2 Marco Conceptual.....	32
4.2.3 Indicadores para evaluar sistemas de trading	34

4.2.4	Bróker y sistemas de comisiones.....	36
4.2.5.	Funciones del Market Maker.....	37
4.3	Marco histórico/Antecedentes.....	38
5.	Metodología	44
6.	Recolección y compilación de datos	46
6.1	Rentabilidad Económica HFT y Sistemas Tradicionales.....	46
6.1.1	Indicadores de liquidez.....	48
6.1.2	Indicadores de Rentabilidad	49
6.1.3.	Calculo rentabilidad sistema tradicional trading caso Colombia	53
6.2	Optimización en tiempo y recursos del Trading de Alta Frecuencia frente al sistema tradicional.	55
6.2.1	Optimización tiempo.....	55
6.2.2	Optimización Recursos.....	58
6.3	Reducción de la volatilidad que ofrece la práctica de trading de alta frecuencia, respecto al sistema tradicional.....	59
7.	Análisis e interpretación de los Resultados	62
8.	Conclusiones	63
9.	Recomendaciones	65
	Bibliografía	66
	Anexo.....	73

Lista de Figuras

Figura 1. Proceso de HFT	22
Figura 2. Variación en el tiempo precios mercado	24
Figura 3. Proceso de negociación en la bolsa.....	33
Figura 4. Valor comisiones 2017 por país.....	37
Figura 5. Ruta metodológica.....	45
Figura 6. Ratios financieras de liquidez y rentabilidad (2013-2016)	47
Figura 7. Ratios de Liquidez	49
Figura 8. Ratios de Rentabilidad.....	50
Figura 9. Resumen Diferencia Estadística.....	51
Figura 10. Rentabilidad 2016 BVC	54
Figura 11. Disminución tiempo HFT desde año 2005.....	57
Figura 12. Volatilidad de NASDAQ. (Enero 2017).....	59
.....	59
Figura 13. Volatilidad de COLCAP (Nov 2016- Ene. 2017)	61

Lista de Tablas

Tabla 1. Características Trading De Alta Frecuencia (HFT)	19
Tabla 2. Avance practicas HFT.	28
Tabla 3. Indicadores Trading	34
Tabla 4. Index Performance (2016).....	54
Tabla 5. Volatilidad Histórica 40 ruedas COLCAP	60

Resumen

El presente trabajo se realiza con la finalidad de analizar la eficiencia de los sistemas de Trading de Alta Frecuencia (HFT) frente a los sistemas tradicionales que en la actualidad operan en el mercado de valores colombiano. Para el desarrollo de la investigación se realizó un proceso de recolección y triangulación de la información (datos estadísticos), a partir de los cuales se identificó la rentabilidad económica, el nivel de optimización en tiempo y recursos y la reducción de la volatilidad que ofrece la práctica del trading de alta frecuencia (HFT), sobre los sistemas tradicionales. Una de las conclusiones del estudio se centra en que, si bien Colombia es neófito en el tema del HFT, el país posee grandes posibilidades de incorporarlo, toda vez que mejore la liquidez de su mercado de valores. Si el país incorpora de HFT podría tener mayores posibilidades de alcanzar competitividad en el mercado de valores global.

Palabras Clave: HFT, eficiencia, rentabilidad, volatilidad, mercado de valores, liquidez.

Abstract

The present research or report is developed with the purpose of analyzing the efficiency of the High Frequency Trading (HFT) systems compared to the traditional trading systems that currently operate in the Colombian securities market. For the research, a process of data collection and triangulation was made (statistical data), from which it identified the profitability, the level of time optimization resources and the reduction of the volatility offered by the use Of high frequency trading (HFT) over todays colombian traditional systems. One of the conclusions of the research or report ???focuses on the fact that, although Colombia is a new about HFT, the country has great possibilities to incorporate this system, that improves the liquidity of its capital market. If HFT is incorporated the colombian securites market might have greater chances of achieving competitiveness in the global stock market.

Keywords: HFT, efficiency, profitability, volatility, Stock market, liquidity.

Introducción

El Trading De Alta Frecuencia, reconocido por sus siglas en inglés (HFT), en la actualidad está transformando los paradigmas imperantes en el mercado de valores mundial; este tipo de trading, según McGowan (2010) opera con base a algoritmos ejecutados por potentes ordenadores, los cuales, a rápidas velocidades calculan datos históricos, estudian las fluctuaciones de las acciones y sacan provecho de las mejores ofertas que existentes en el mercado.

Sin embargo, el HFT ha sido altamente cuestionado, puesto que, por su estructura posee ventajas consideradas como “competencia desleal” sobre el trading tradicional: por su velocidad, los HFT siempre están un “paso más allá” que su competencia, a partir de lo cual no solo podrán mejorar su rentabilidad, sino que les será mucho más fácil optimizar tiempo y recursos.

El presente trabajo tiene la finalidad de analizar la eficiencia de los sistemas de Trading de Alta Frecuencia frente a los sistemas tradicionales, para ello se estudia el mercado de valores de EE. UU, específicamente el Market Maker NASDAQ, la primera bolsa de valores electrónica de este país; así mismo se analiza la bolsa de valores de Colombia BVC, no para efectuar una comparación ya que se carecería de los criterios de selección suficientes para que esta fuera objetiva, sino para analizar la realidad de estas bolsas y la influencia del HFT en aquellas que lo utilizan.

En primer lugar, el trabajo se centra en describir la rentabilidad entre el sistema tradicional y el sistema automatizados de alta frecuencia; seguidamente en determinar el nivel de optimización en tiempo y recursos del Trading de Alta Frecuencia en EE. UU

frente al sistema tradicional el mercado de valores en Colombia, luego, en identificar la reducción de la volatilidad que ofrece la práctica de trading de alta frecuencia, respecto al sistema tradicional, esta acción se ejecuta con base a la revisión de la literatura. Finalmente se exponen algunas conclusiones y recomendaciones respecto al tema, las cuales están direccionadas a las instituciones de educación superior, los inversionistas y la Bolsa de Valores Colombiana (BVC).

1. Justificación

El trading de alta frecuencia (HTF) ha venido cobrando protagonismo en el mercado de valores internacional desde el año 1999 (Duhigg, 2009); esta metodología ha demostrado ser efectiva, en la medida que permite efectuar miles de transacciones en la bolsa de valores en solo un minuto, acción que es humanamente imposible para un corredor de bolsa. Sin embargo, no todos los mercados de valores han incorporado el HTF, bien sea por su escasa liquidez o por falta de conocimiento respecto al tema, lo cual supone una gran desventaja competitiva, puesto que, mientras algunos países aprovechan la rentabilidad económica que ofrece esta metodología y los grandes inversionistas se dirigen a las bolsas de valores que la utilizan; los países que no la han desarrollado, quedan rezagados, desaprovechando las ventajas competitivas y las posibilidades que el HTF les ofrece.

Ahora bien, el HFT es utilizado en mayor medida por países desarrollados, cuya economía está consolidada en el mercado; si bien Colombia, una economía emergente, no es del todo ajena a los nuevos productos y los desarrollos del trading, puesto que, en la actualidad se han registrado unos primeros avances en materia de algoritmos de negociación, el país no cuenta con la capacidad para incorporar la metodología de HFT. Según Sandoval (2001, p9) “desde el año 2011 el servicio de e- trading es ofrecido por 4 sociedades comisionistas de bolsa colombiana y en ese año, esta forma de negociación representó el 11,4% de las operaciones bursátiles en el país”; Sin embargo, el país aún no cuenta con un proveedor de infraestructura tecnológica para incorporar un sistema de HFT, lo cual se constituye como una gran desventaja competitiva, en comparación de países como México, en donde, según el portal empresarial México Bursátil (2014, p1), “estas

firmas HFT operan aproximadamente un cuarto del volumen del mercado mexicano, aunque un artículo de Institucional Investor aseguraba que esta cifra rondaba el 90% del volumen operado en 2011”; o con países como EE.UU en donde esta metodología para el año 2009, según Lati (2009, p1) “representó el 73% de todo el volumen de comercio de acciones”.

Por lo anterior y dado que el tema de Trading de Alta Frecuencia ha sido poco explorado en el país, se hace necesario efectuar una investigación que permita analizar la eficiencia de este sistema automático frente a los sistemas tradicionales en el mercado de valores colombiano; lo cual, no solo permitirá observar la factibilidad de citada acción, sino que, abrirá paso a futuras investigaciones a partir de las cuales se podrá contribuir a la identificación de las ventajas de esta metodología, lo que, seguramente, repercutirá en la incorporación paulatina del HTF a la Bolsa de Valores Colombiana.

De igual forma, la investigación contribuirá a “llenar un vacío” en el conocimiento académico respecto al tema de Trading de Alta Frecuencia.

2. Planteamiento del problema

En la actualidad, el contexto económico se encuentra sujeto a vertiginosos cambios, los cuales están impulsados por el desarrollo de formas de mercado cada vez más complejas, que sugieren mayores exigencias para los agentes públicos y privados. De acuerdo con Roncallo (2008) “tendencias como la globalización, la formación e integración de bloques económicos y el desarrollo de las TIC, hacen al entorno empresarial sumamente dinámico” (p6), lo cual tiene una influencia directa sobre el mercado de valores y, por tanto, sugiere la participación de capital humano cualificado en la bolsa, además, que esta última cuente con la infraestructura tecnológica idónea para la optimización de los procesos y el desarrollo de formas de capitalización más rentables, asequibles y competitivas.

En Colombia, el mercado de valores ha atravesado profundas crisis: en el año 2006, se dio “el jueves negro” de la bolsa colombiana, en donde, el Índice General perdió 9,47% y el IGBC (Índice General de la Bolsa de Valores de Colombia) tuvo una caída acumulada del 22%, lo cual causó caídas súbitas en el valor de las acciones, a tal punto de que, por cada \$100 invertidos, los agentes a esa fecha tendrían solo \$78. Otra de las crisis del mercado de valores colombiano fue en el año 2008, en el cual, según Rivera & Sepúlveda (2011) “luego del estallido de la crisis financiera internacional, los inversores enfrentados al aumento de la incertidumbre desarmaron posiciones en los mercados emergentes y buscan refugio en plazas consideradas más seguras, típicamente en los Estados Unidos” (p5), esta situación influyó en la inversión extranjera y así mismo, incidió en la variación del precio de las acciones de la bolsa colombiana.

Ahora bien, una oportunidad para el mejoramiento de la situación del mercado de valores en Colombia, surge a partir del año 2009, mediante la incorporación de esta bolsa al Mercado Integrado Latinoamericano (MILA), el cual establece un acuerdo entre las bolsas de valores de Colombia, Chile, Perú, México, para la creación de un mercado regional direccionado a la negociación de títulos de renta variable. Sin embargo, de acuerdo con el portal económico Portafolio, el MILA, no ha tenido los resultados esperados, de hecho, en el año 2014, entró en crisis, la cual fue impulsada por la “volatilidad provocada por la incertidumbre global frente a algunas de las mayores economías y a la caída del petróleo” (p1)

Cabe resaltar que, algunos miembros del MILA, como es el caso de México y Chile, en aras de contrarrestar los declives económicos del mercado de valores tradicional han incorporado dentro de sus bolsas de valores métodos controvertidos pero internacionalmente utilizados, como lo es el Trading de alta Frecuencia, este último, según Arenillas (2012) “utiliza ordenadores para introducir órdenes en los mercados, donde –sin intervención humana– decide sobre diversos aspectos para el envío de una orden al mercado, tales como el momento, la cantidad o el precio”(p22). El Trading de alta frecuencia o HTF, en citados países ha demostrado ser efectivo, sin embargo, países como Colombia, en la actualidad posee un gran atraso con relación a la integración de esta metodología, según el portal económico Emol (2012) “12 de las 28 firmas comisionistas mexicanas operan el HTF a través del protocolo FIX, pero, en el caso de Colombia apenas un par de firmas comisionistas y un inversionista particular adelantan las gestiones para poder operar electrónicamente con algoritmos matemáticos en la BVC” (p1).

Tal situación impide que la Bolsa de Valores Colombiana, aproveche las ventajas competitivas que trae esta nueva metodología, como la disminución a largo plazo de los costos en el mercado financiero al rebajar las comisiones de los corredores de bolsa, pues la mayoría de estos se reemplazan por sistemas automatizados; el aumento de liquidez, en la medida que es más fácil vender y comprar valores y, el incremento de la eficiencia, pues se reducen significativamente los costos de transacción, entre otras ventajas; de igual modo, tal situación hace a la bolsa de valores colombiana menos atractiva para la inversión en comparación de bolsas internacionales que si poseen la metodología HTF.

Al hablar de Trading de Alta Frecuencia, Gencay (2016) expresa que “esta estrategia en Colombia, no ha podido ser implementada de manera cabal, ya que se necesitaría de una mayor liquidez en el mercado de valores local para que fuera considerada como una solución de información” (Entrevista universidad EAFIT, p1); no obstante, más allá de que el país tenga la liquidez necesaria o no para implementar esta metodología, lo que es claro, es que en Colombia hay un gran vacío en cuanto a investigaciones académicas que permitan constatar cómo el Trading de Alta Frecuencia podría contribuir al crecimiento positivo del mercado de valores colombiano; de allí que algunos agentes no se atrevan a modificar sus prácticas tradicionalistas y sigan intercambiando acciones bajo un esquema que si bien ha sido efectivo, no es equiparable a los sistemas de alta frecuencia.

El presente trabajo se efectúa con la finalidad de analizar la eficiencia de los sistemas de trading de alta frecuencia frente a los sistemas tradicionales en el mercado de valores colombiano, entendiéndose eficiencia como la manera en la cual se pueden lograr los resultados deseados, con la menor cantidad de recursos posible.

La investigación se centra específicamente en la comparación del mercado de valores de EE. UU el cual, Según Vázquez (2014) tiene un porcentaje de utilización de la metodología HTF del 65%; a diferencia del desarrollo del mercado de valores colombiano que en la actualidad apenas se está documentando al respecto y solo dos firmas han intentado efectuar procesos de HFT., por tanto, se comparan las ventajas y desventajas que ha tenido EEUU respecto a la eficiencia de sus mercados de valores a partir de la incorporación del HTF, en contraste con las ventajas y desventajas del mercado de valores colombiano, en donde sigue imperando el modelo de intercambio bursátil tradicional.

1.1 Formulación del problema

¿Cuán eficientes son los sistemas de Trading de alta Frecuencia frente a los sistemas tradicionales en el mercado de valores colombiano.?

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Analizar la eficiencia de los sistemas de Trading de Alta Frecuencia frente a los sistemas tradicionales en el mercado de valores colombiano.

3.2 Objetivos específicos

- Describir la rentabilidad entre los sistemas tradicionales y los sistemas automatizados de alta frecuencia, tomando como referencia una bolsa de valores que opere bajo este último sistema en EE.UU.
- Determinar el nivel de optimización en tiempo y recursos del Trading de Alta Frecuencia en EE. UU frente al sistema tradicional el mercado financiero en Colombia.
- Identificar la posibilidad en reducción de la volatilidad que ofrece la práctica de trading de alta frecuencia, respecto al sistema tradicional.

4. Marco Referencial

La economía mundial funciona a partir del principio de oferta y demanda; el mercado bursátil no es la excepción, en este los ofertantes emiten acciones y obligaciones teniendo en cuenta la relación calidad/ precio, mientras que los demandantes elijen los “productos” (la oferta ideal) que desean adquirir. Este proceso de compra-venta está sujeto a diversas alternancias y acontecimientos de carácter político, económico e incluso social que inciden en el volumen negociado, la frecuencia de contratación y la capitalización bursátil.

Con la finalidad de sopesar el efecto de estos factores determinantes (sociales, económicos, políticos) sobre la estabilidad de la bolsa, en los últimos años se ha popularizado entre los Stockbroker o agentes de bolsa el desarrollo de prácticas de alta frecuencia (HTF), las cuales les ofrecen la posibilidad de calcular de manera rápida la fluctuación de las acciones según la oferta y la demanda, y con ello, aprovechar y crear oportunidades en el mercado financiero.

Sin embargo, estas prácticas de HTF han sido altamente cuestionadas por diversos agentes oficiales, los cuales ponen en discusión la influencia de las mismas en relación a la liquidez y la volatilidad de mercado de valores, además, dejan en evidencia como los trader de alta frecuencia pueden llegar a manipular el mercado, generando una clara e injusta desventaja para los trader tradicionales.

En aras de entender a cabalidad el Trading de Alta Frecuencia, a continuación, se efectúa una conceptualización teórica de esta práctica, en donde se describe de manera somera sus características, *modus operandi*, beneficios y riesgos; pero así mismo, y con aras de contribuir al cumplimiento del objetivo general del presente proyecto, en contraste,

se brinda una mirada acerca de las características de Trading discrecional o tradicional, su modo de operación en Colombia, beneficios y riesgos. Posteriormente se presentan de manera integrada y articulada los conceptos más relevantes que acompañan el desarrollo del proyecto.

4.1 Marco teórico.

En este apartado se plantean los principios teóricos que enmarcan el tema del trading de alta frecuencia en contraste con el trading tradicional. Se tratará a profundidad y de manera lógica y coherente aspectos que se relacionan con el problema de investigación.

4.1.1 Trading de Alta Frecuencia (HFT)

De acuerdo con Shorter & Miller (2014, p2) “el Trading de alta frecuencia es un término amplio sin una definición legal o reguladora precisa”, sin embargo, en el medio se reconoce generalmente como un subconjunto de operaciones algorítmicas que permiten la colocación rápida de órdenes, en pequeñas fracciones de segundo.

Si bien no hay una decisión exacta y el significado de esta práctica puede llegar a ser incluso dicotómico en la medida que hay partes que la apoyan, pero otras que lo rechazan tajantemente, Moosa & Ramiah (2015), describen el HFT a partir de un conjunto de características diferenciales, las cuales se evidencian en la tabla 1.

Tabla 1. Características Trading De Alta Frecuencia (HFT)

Características Trading De Alta Frecuencia (HFT)
Es una herramienta altamente cuantitativa que emplea algoritmos a lo largo de toda la inversión para analizar los datos del mercado y estructurar estrategias de negociación adecuadas
Es una herramienta que se caracteriza por una rotación de cartera alta y una ratio de orden a cotización (es decir, un gran número de pedidos se cancelan en comparación con las operaciones ejecutadas).
Es empleada principalmente por firmas de comercio y de telecomunicaciones.
Es sensible a la latencia, en el sentido de que implica una rápida ejecución de transacciones.
Por lo general, se trata de posiciones planas, lo que significa bajo nivel de riesgo y permite el desarrollo de prácticas fraudulentas como lo “rellenos de cotización”.
Fuente: elaboración propia con base a Moosa & Ramiah (2015, p27)

El HFT es considerado de manera frecuente como una negociación cuantitativa algorítmica automatizada, si bien esto es cierto, es menester resaltar que no todas las negociaciones algorítmicas automatizadas de la bolsa pueden ser consideradas como HFT; la diferencia radica en que estas últimas poseen algoritmos complejos que no solo buscan las acciones consideradas como oportunidades, sino que, según Brogaard (2010) pueden “tomar decisiones comerciales, enviar pedidos y administrar esos pedidos”, además puede generar señales de compra y venta a alta velocidad.

4.1.1.1 Funcionamiento del HFT.

De acuerdo con Gomber et. al (2010), el HFT utiliza ordenadores programados con algoritmos complejos los cuales definen calculan los tiempos, precios y los niveles de competencia, de un modo sistemático, eliminando las especulaciones y errores humanos.

En palabras de Durbin (2010) en HFT los ordenadores pueden ser programados para procesar ordenes de los usuarios, pero así mismo para operar por cuenta propia, es decir tomar decisiones con base a la realidad del mercado y, en algunos casos efectuar acciones estratégicas (consideradas por muchos como fraudulentas) para manipular el mercado.

En términos generales, las operaciones HFT tienen márgenes de beneficios muy pequeños esto se debe a que, los ordenadores efectúan posiciones que se mantienen en exposición por poco tiempo, puesto que se opera de forma intradiaria, sin embargo, los volúmenes negociados son muy altos, por lo tanto, los beneficios reales son significativos.

Cuando las máquinas de HFT son programadas para responder a las órdenes de los usuarios tienen tres (3) input o entradas principales estas son: Los requisitos HFT, los datos históricos y los datos generados por los usuarios.

Con relación a los requisitos HFT, estos se refieren a la programación algorítmica de la estrategia que se desea alcanzar, por ejemplo, el ordenador es programado para lanzar ofertas de compra en acciones del sector petrolero cuando las acciones bajen en un “N” por ciento.

Los datos históricos hacen referencia a las cifras reales y el precio de los valores a nivel mundial, información de la moneda y del desempeño de los diversos sectores

empresariales, se les llaman datos históricos no porque sean antiguos, sino porque estos cambian (se actualizan) segundo a segundo.

Los datos generados por los usuarios, se refiere a la información externa, generalmente vinculada a las cotizaciones de los instrumentos financieros, que permite a los inversores determinar el nivel de riesgo de las operaciones de HFT.

Ahora bien, el proceso del HFT introduce Noise Traders¹ o agentes de interferencia, los cuales ayudan a explicar el crecimiento y la eficiencia de los patrones apreciados en el mercado; el motor de interferencia toma los datos financieros actuales y envía avisos de cumplimiento, los cuales según Lorente (2004) se constituye como la información mínima para inducir los cambios en la distribución de los rendimientos del portfolio de mercado.

Dentro del proceso también influyen elementos como el analizador léxico y los arboles binarios de procesos; los primeros permiten interpretar las operaciones y los segundos, desarrollarlas y, a partir de allí controlar, por ejemplo, las pérdidas o ganancias, controlar la volatilidad el portfolio, estimar la máxima ponderación, entre otras acciones.

Respecto a las Output o salidas, el proceso de HFT se tienen las ordenes FIX, órdenes a Bróker y Alerta punto de entrada/salida. En el proceso de HFT se elige uno de estos elementos y generalmente es la implementación de un protocolo estandarizado FIX (Finance Information Exchange) pues este elimina totalmente la interferencia del ser humano en el proceso, lo cual lo hace mucho más rápido. Sin embargo, algunos Traders apoyan este proceso con la ayuda de Brokers humanos, mediante medios “arcaicos” como

¹ Un inversor que toma decisiones con respecto compra y venta de las operaciones sin el uso de los datos fundamentales.

lo es el correo electrónico, siendo estos casos muy concretos y nimios. A continuación, en la figura 2 se esquematiza el proceso de HFT.

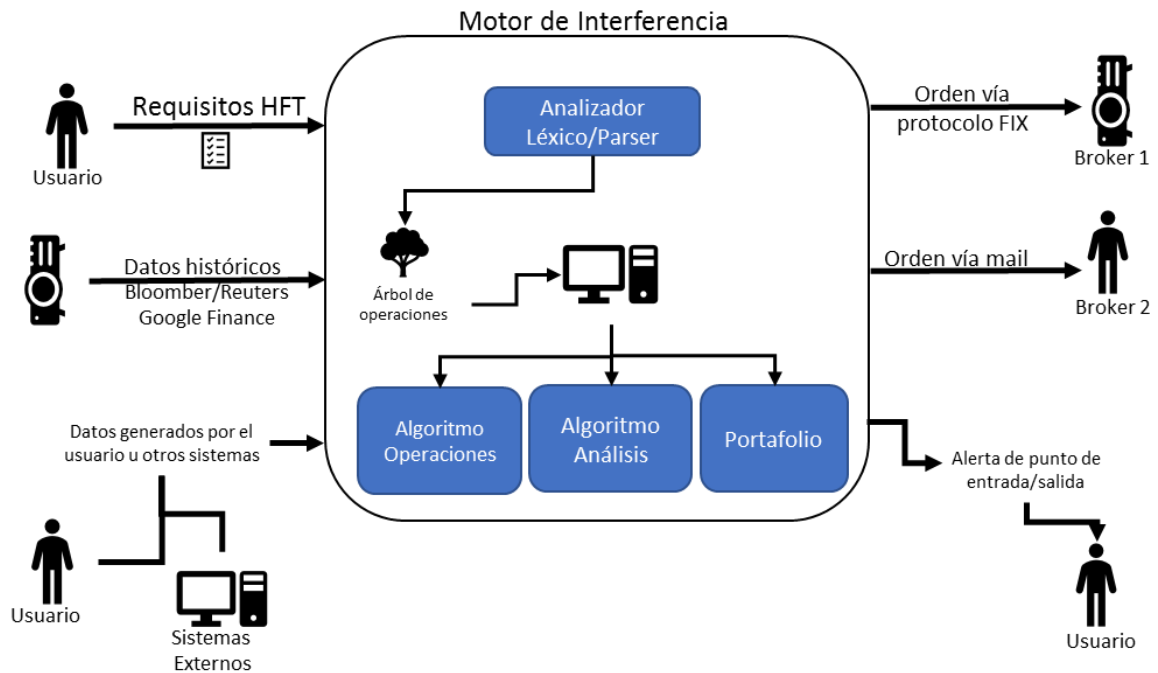


Figura 1. Proceso de HFT

Fuente: Elaboracion Propia

4.1.1.2 Beneficios y riesgos del HFT

La eficiencia de los sistemas de HFT ha sido claramente cuestionada en el panorama internacional; por un lado, los defensores de esta práctica afirman que el HFT contribuye a la reducción de los costos de transacción, permite la colocación de las ordenes de

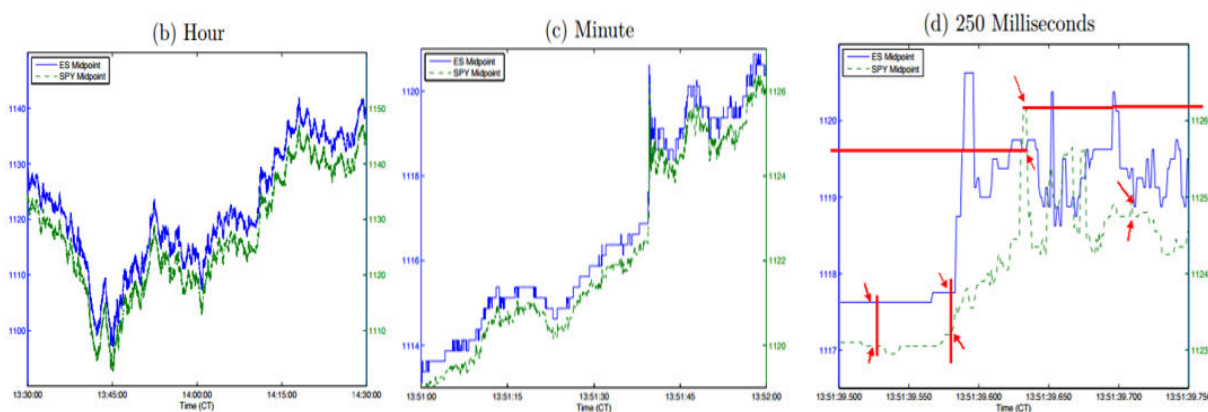
comerciales de manera inmediata y precisa, además, el cálculo correcto de las operaciones debido a los controles automáticos que poseen los ordenadores que las gestionan; otra de las ventajas que se le acuña al HFT es que, debido a los Backtest de los algoritmos², los ordenadores de alta frecuencia cuentan con datos históricos y datos en tiempo real en torno a los movimientos en el mercado, lo cual minimiza la posibilidad de errores por parte de los brokers humanos sobre la base de factores emocionales, por ejemplo, un trader humano puede inquietarse respecto a la caída de “X” acción, lo que hace que este exagere en las especulaciones.

En términos generales, las operaciones HFT tienen márgenes de beneficios muy pequeños esto se debe a que los ordenadores efectúan posiciones que se mantienen en exposición por poco tiempo, puesto que se opera de forma intradiaria, sin embargo, los volúmenes negociados son muy altos, por lo tanto los beneficios reales son significativos.

A partir de advenimiento del HFT, según Seth (2015, p1) “la explotación de las condiciones de mercado no puede ser detectados por el ojo humano”, lo cual hace que el HFT tenga una ventaja con relación a las ganancias, en la medida que su ultra rapidez le permite obtener mayores beneficios en el mismo índice subyacente. A continuación, se muestra la variación de los precios tick-by-tick (datos de operación a operación) en diferentes frecuencias de tiempo, con la finalidad de entender las ventajas de la velocidad del HFT:

² Datos históricos para estimar cuales hubiesen sido los resultados de aplicar determinados algoritmos en el pasado.

Figura 2. Variación en el tiempo precios mercado



Fuente: Budish Cramton & Shim (2015, p 1550-1551)

A partir de la interpretación de la figura 3 puede deducirse que en la menor frecuencia de tiempo que corresponde a 250 milisegundos pueden encontrarse diferencias de precios significativas, respecto a las demás frecuencias de tiempo.

Otros de los beneficios del HFT, según Barker & Pomeranets (2011, p48) “es su impacto en la liquidez del mercado y, su ascenso ha coincidido con un aumento de volúmenes de negociación más ajustados y con menor volatilidad”. Como resultado de lo anterior el HFT podría contribuir de manera inconmensurable a mayor eficiencia en el mercado.

Por otra parte, los detractores del HFT resaltan los riesgos que esta práctica puede traer para el mercado, según Garriott et. al (2013) el HFT fragmenta el mercado, modifica los esquemas de precios e impiden la participación de los corredores menores, puesto que carecen de fondos para invertir en la tecnología y permanecer en el mercado de valores; en consonancia con lo anterior, Seth (2015) y la práctica HFT no es así de sencilla de

mantener y ejecutar, puesto que los precios fluctúan en milímetros e incluso microsegundos, además, existen riesgos como fallos en el sistema, errores de conectividad a las redes, desfases entre órdenes de negociación y lo más preocupante, algoritmos imperfectos.

Otro de los riesgos que se percibe a partir del advenimiento del HFT, se relaciona con la cantidad de prácticas deshonrosas y fraudulentas que algunos corredores de alta frecuencia pueden cometer, por ejemplo, algunos agentes tienden a sobrecargar intercambios y utilizan su tecnología para posicionarse frente a las órdenes, haciendo más difícil para los demás participantes realizar las transacciones a precios publicados; de igual modo, los agentes HFT, pueden retirarse de su actividad en periodos de estrés o alta turbulencia de precios, mucho antes que los corredores con métodos tradicionales.

De acuerdo con la Comisión de Valores y Bolsa de Estados Unidos (División de Comercio y Mercado) en inglés U.S. Securities and Exchange Commission (2014) “el HFT puede generar la llamada liquidez fantasma, en la cual, la liquidez del mercado que parece estar siempre alta, esto se debe a que los ordenadores HFT publican órdenes y de manera fugaz las cancelan, generando falsas tendencias en el mercado.

4.1.1.3 Regulación HFT ante prácticas fraudulentas.

En palabras de Caivano (2015 p 11) “el impacto del HFT en el mercado de valores (en términos de liquidez, volatilidad, eficiencia y acceso justo al mercado), ha sido altamente cuestionado e investigado por diversas autoridades”; En el caso de Estados Unidos, la Comisión de Valores y Bolsa (SEC), es la agencia encargada de estudiar si la

participación masiva del HFT puede constituirse como un riesgo para los mercados financieros o por el contrario, como una oportunidad de mejoramiento para el sistema.

Si bien, no hay una evidencia concreta que permita a la SEC afirmar de manera contundente que el HFT es el causante de amplificar la inestabilidad del mercado valores, lo que si se ha podido establecer es que algunos traders de alta frecuencia han cometido prácticas fraudulentas poniendo en peligro factores como la liquidez del mercado y, así mismo, derrocando de manera desleal e injusta a su pequeña competencia.

Con la finalidad de mitigar y prevenir el posible impacto negativo del HFT y las practicas fraudulentas, la SEC ha llevado a cabo diversas propuestas e iniciativas de control, direccionadas a “proteger a los inversores y a los mercados a través de reglamentación transformadora, ejecución robusta y supervisión rigurosa” (SEC, 2016).

Estas prácticas le han permitido al SEC descubrir a infractores y así mismo multarlos por situaciones como: no mantener una supervisión adecuada sobre sus acciones actividades comerciales de alta frecuencia; violar reglas de acceso al mercado; utilizar cálculos defectuosos para comprar y vender acciones sin tener capital suficiente (Patterson.2014, p1) y, manipular los precios del mercado con falsas compras (Geiger & Mamudi, 2014).

Dentro de las prácticas fraudulentas más comunes, y las cuales son estudiadas por la SEC de manera constante, según Gomstyn (2015), se encuentran:

- **Front-Running:** Se refiere a hacer un comercio sin hacer público de manera anticipada el conocimiento anticipado de una transacción grande.

- Spoofing: Se refiere a la suplantación de identidad, esta es una técnica de comercio ilegal que consiste en la manipulación de precio de un valor con el fin de sacar ganancias del movimiento del precio resultante.
- Capas: Es una forma de suplantación de identidad en el que un comerciante coloca varios pedidos a diferentes puntos de precio, para crear una falsa impresión del valor de una acción.

Para evitar estas prácticas fraudulentas, las empresas deben registrarse como intermediarios y convertirse en Miembros de FINRA (Financial Industry Regulatory Authority), esta última es la máxima autoridad regulatoria de la industria financiera en Estados Unidos y se encarga de regular las acciones comerciales, los bonos corporativos, además, de adjudicar licencias a personas o empresas para operar en la bolsa de valores, entre otras acciones.

4.1.1.4 Trading de Alta Frecuencia en Colombia.

En palabras de Guzmán (2016, p1) “actualmente, el mercado colombiano presenta algunas limitantes para la implementación de HFT, no solo es el poco conocimiento que se tiene sobre esta estrategia sino el bajo nivel de liquidez existente en el mercado de valores”; lo anterior minimiza la cantidad de elementos elegibles, además, aumenta el riesgo y el costo en las operaciones, lo que impide la obtención de rentabilidades considerables.

En consonancia con lo anterior, Jiménez (2014, p3) expresa “Chile, Colombia y Perú, están iniciando con la implementación de canales electrónicos, que permite hacer

Algorithmic Trading, pero no HFT”, a diferencia de México y Brasil, países en donde ya se puede hablar de HFT. Con la finalidad de ampliar la visión del tema y de comprobar en qué posición se encuentra Colombia respecto a algunos países de Sudamérica, incluidos los que integran el MILA, a continuación, en la tabla 1 se explica el avance HFT entre estas naciones.

Tabla 2. Avance practicas HFT.

Avance practicas HFT algunos países de Suramérica	
Brasil	Cuenta con los proveedores de infraestructura y de aplicaciones, para trabajar en HFT
México	Está trabajando para ofrecer HFT, aun cuando los proveedores de infraestructura, no están presentes.
Chile	Se ha implementado la conectividad vía Fix 4.2
Perú	Se ha implementado la conectividad vía Fix 4.2
Colombia	Se trabaja fundamentalmente con FIXML 5.0 el cual no es reconocido como un estándar internacional

Fuente: Credicorp (2014)

Según Credicorp (2014) “En Colombia, las condiciones para trabajar mecanismos de HFT no están; de hecho, en la actualidad se utiliza una plataforma de negociación que no se ajusta a los requerimientos del mercado financiero global, lo que deja al país en una clara desventaja; situación que, ha llevado a algunos corredores a construir sus propios sistemas para el envío de órdenes.

4.1.2 Trading Tradicional

Al efectuar la revisión de la literatura puede observarse que en el mercado de valores tradicional se utilizan generalmente dos tipos de trading: Discrecional y sistemático. A continuación, se definen de manera concreta estos dos tipos de trading, haciendo énfasis en sus características, beneficios y riesgos.

4.1.2.1 Trading Discrecional.

En palabras de Del Rio (2015, p19) “El trading discrecional (a criterio del trader) se caracteriza por ser un sistema de inversión en el cuál el bróker o inversor ejecuta las órdenes manualmente”, en este tipo de trading el bróker utiliza instrumentos de análisis para determinar y desarrollar su estrategia optima de inversión, identificando de este modo “aquellos valores financieros que puedan resultar más rentables” (Del Rio, 2015, p19).

Los sistemas de trading discrecional, están enmarcados por un conjunto de reglas generales que permiten a los corredores (humanos) comprobar en qué situaciones estimar una entrada en el mercado, son los corredores quienes toman la decisión final de que acciones u obligaciones vender y comprar según la lectura que hagan del mercado.

El Trading Discrecional se basa en gran parte en la intuición del corredor, rara vez utiliza o verifica datos históricos para tomar una decisión operativa, por el contrario, se basa en los movimientos actuales del mercado, lo que lo hace propenso a tener muy poco control de riesgo y gestión del capital.

El sistema discrecional opera de una forma bastante básica, según Castellanos (2013, p3) “se compra en una zona en la que la Demanda sobrepasa a la Oferta, y se vende

en una zona en la que la Oferta sobrepasa la Demanda”, el trabajo de trader discrecional es jugar con esas zonas, que, entre otras cosas, generalmente están en desequilibrio.

Uno de los aspectos negativos del trading discrecional se centra en que, en este tipo de sistema, el trader debe de asumir un grado de responsabilidad muy alto sobre sus resultados, ya que este es quien, según Castellanos (2013) “pondera la información, quien la integra y quien decide si participar o no”; lo anterior, puede generar una gran carga emocional y psicológica en el trader que puede provocar bloqueos que se traduzcan a decisiones subjetivas y poco estratégicas.

4.1.2.2 Trading Sistemático.

Según Fraga (2012, p1) “el Trading sistemático o mecánico es una práctica en la cual las reglas están definidas de antemano”, es decir, a diferencia del trading discrecional guiado por la subjetividad del corredor de bolsa, en este tipo de trading, el mercado sobre el que se opera se identifica antes de empezar y el trader espera las señales de entrada y salida para efectuar la acción.

El trading sistemático permite la gestión de capital, el riesgo y la diversificación en el proceso, toda vez, las decisiones que se tomen se articulen a las metodologías preestablecidas previamente, las cuales se estructuran con base a datos históricos, es decir, con base a la balanza del mercado.

De acuerdo con Sánchez (2005) en este tipo de trading, el sistema puede estar programado en un software o puede estar escrito y seguirse de forma manual, siendo los

traders los que verifican las reglas y ejecutan las órdenes; las ventajas de este tipo de trading son:

- Disminuye el agotamiento psicológico del trader.
- Permite estimar de manera previa la “mala racha”.
- Permite mejorar las estrategias de trading con base al análisis de los datos históricos.
- Brinda la posibilidad de operar en muchos activos

Con relación a las desventajas, Sánchez (2005, p64) manifiesta que, este tipo de trading “es estricto y riguroso; generalmente necesita más capital que en el método discrecional para operar, además su porcentaje de aciertos suele ser bajo, sobre todo en los sistemas tendenciales”.

4.1.2.3 Contexto Colombiano mercado de valores.

Si bien, el mercado de valores colombiano en los últimos años ha tenido una mayor participación de inversionistas internacionales, además, ha alcanzado una mayor profesionalización evidenciada en el desarrollo y diversificación de portafolios de clientes, en la actualidad, esta transversalizado por un conjunto de elementos negativos que perjudican la eficiencia del sistema.

Dentro de estos elementos, quizás el más importante se centra en que, el mercado de valores en Colombia tiene un bajo volumen de transacciones intradías y, por ende, se percibe menor apetito especulador; así mismo, el desarrollo de productos alternativos es

muy lento, lo que deja al país en desventaja frente a otros mercados de valores mundiales, e incluso frente a sus países hermanos integrantes del acuerdo MILA (Chile, México y Perú.

Otro aspecto que afecta al mercado de valores en Colombia es la reducción de las expectativas de valorización de los activos a partir de las diversas coyunturas internacionales; la sobrecompra de acciones y las distintas experiencias fallidas que históricamente ha tenido este mercado, fundamentalmente en lo que respecta al sector petrolero.

De lo anterior, que Colombia deba renovar sus prácticas de trading, por sistemas más efectivos y con mayor participación en el mercado, como es el caso de HFT, sin embargo, este proceso de conversión no es sencillo, primero, el mercado de valores colombiano tiene un reto que debe afrontar: aumentar su liquidez, una vez cumplido este reto, Colombia podrá adquirir nuevas tecnologías y efectuar alianzas con empresas que faciliten su interfaz para realizar la transacción de alta frecuencia.

4.2 Marco Conceptual

4.2.1 La Bolsa de valores colombiana

De acuerdo con Vallejo, C & Torres, O. (2012) desde un punto de vista legal, en Colombia se pueden distinguir cuatro tipos de mercado de valores:

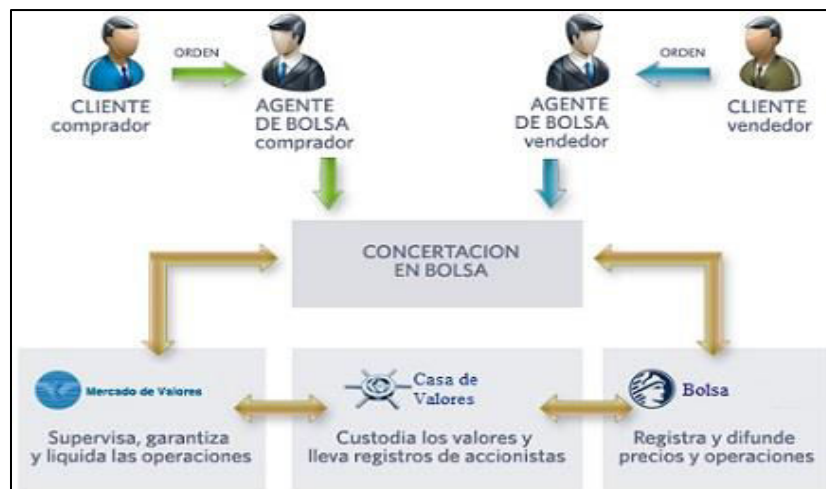
- Mercado de valores primario o de emisiones: en este se desarrolla la oferta y demanda de valores cuando ingresa una sociedad en bolsa o hay privatización de

empresa pública o de la ampliación de su capital, este mercado requiere una relación directa entre el emisor y el suscriptor de los valores

- Mercado secundario organizado o mercado bursátil: este mercado produce la confrontación de ofertas y demandas de valores emitidos previamente y admitidos a negociación en bolsa.
- Mercado paralelo o mercado OTC (Over the Counter): es el mercado de valores de emisiones antiguas que no se canaliza a través de los mercados bursátiles organizados y no está sujeto a sus normas. (Vallejo, C & Torres, O, 2012, p 12)

Cuando un agente comercial jurídico o natural desea comprar o vender acciones en la Bolsa, generalmente acude a su corredor, profesional que, el cual, a partir de su experiencia y conocimiento, puede orientarlo acerca de los pasos a seguir en la compra o venta de estos valores. A continuación, en la figura 5, se muestra el proceso de negociación en la bolsa:

Figura 3. Proceso de negociación en la bolsa.



Fuente: Enciclopedia financiera (2013)

Durante la negociación en la bolsa de valores, algunas negociaciones se celebran en lugares físicos, mediante el método conocido con el nombre de “viva voz”, a partir del cual el comprador y el vendedor puede dar órdenes verbales de ofertas y demandas. así mismo, las negociaciones pueden darse de manera virtual, lo cual favorece que los inversores no tengan que desplazarse y que, por tato no tengan límites geográficos o del tiempo para vender y comprar en la bolsa.

El centro o sistema de negociación en la bolsa, independientemente del medio que se utilice se basa en un modelo de mercado de subastas en el que un demandante da un precio determinado a una compra potencial y un ofertante pide un precio específico por su venta. Así pues, cuando la oferta y demanda coinciden, se lleva a cabo la transacción.

4.2.3 Indicadores para evaluar sistemas de trading

En la bolsa de valores no hay metodologías mágicas que lleven al trader a volverse millonario de la noche a la mañana, cuando este último decide diseñar un sistema de trading o contactar un servicio automático que haga esta función, debe tomar decisiones estratégicas teniendo como base de referencia los niveles de riesgos y beneficios que ofrece el mercado. Para determinar lo anterior, existen diversos indicadores, las cuales permiten evaluar el performance del sistema trading, su rentabilidad, frecuencia, duración y fiabilidad entre otros factores. A continuación, en la tabla 2 se presentan los principales indicadores de trading.

Tabla 3. Indicadores Trading

Ratios Trading	
Beneficio neto	Es la rentabilidad del sistema, se puede expresar en porcentaje sobre el capital inicial.
Rentabilidad anual	$CAR = 100\% * ((Valor\ final / Valor\ inicial) ^ (365 / dias\ trade) - 1)$
Porcentaje de (Exposure %)	Tiempo expuesto en el mercado: $E = (N^{\circ}\ de\ barras\ en\ el\ mercado / N^{\circ}\ total\ de\ barras\ del\ periodo) * 100$
Drawdown (MDD)	Indica cuánto dinero se está perdiendo desde el último máximo en la curva de capital.
Recovery factor	Resultado de dividir el beneficio neto entre el máximo drawdown del sistema. $Recovery\ factor = (Beneficio\ neto / MSD)$
Profit factor	Resultado de dividir lo que ganan las operaciones ganadoras entre lo que pierden las operaciones perdedoras. $Profit\ factor = \sum\ operaciones\ con\ ganancia / \sum\ operaciones\ con\ perdida$
Nº de operaciones:	Se utiliza para comparar el rendimiento de distintos sistemas de trading
Porcentaje de aciertos (% Win):	Se utiliza para comparar operaciones ganadoras
Número de pérdidas consecutivas	Cuantificación de pérdidas consecutivas, para rediseñar estrategia de trading.
Ratio de Sharpe:	<p>Mede la rentabilidad sobre la dispersión de los resultados.</p> $\text{Ratio Sharpe} = \frac{\text{Ganancia media anual} - \text{Rentabilidad sin riesgo}}{\text{Desviación de los retornos}}$
MAE-MAXIMUM	Permite comprobar el mayor movimiento en contra mientras se

adverse Excursion	está dentro de la operación. $MAE = (\text{precio entrada} - \text{mínimo durante la operación}) / \text{precio entrada}$
MFE-Maximum Favorable Excursion	Permite comprobar el mayor movimiento a favor mientras se está dentro de la operación.

Fuente: Elaboracion Propia con base a Estrategias de Trading (s/f)

Una vez el trader ha evaluado el mercado por medio de los indicadores, le será más fácil determinar la estrategia para sostenerse e incluso aumentar su rendimiento en el mercado de valores; sin embargo, este proceso no asegura el éxito de su transacción; el trader, debe, además, optimizar los parámetros de manera continua, es decir, hacer pequeñas modificaciones para mejorar los parámetros en juego según los cambios en el mercado y con base a ello, incrementar su rendimiento de manera continua.

Los sistemas de HFT, realizan todo lo anterior de manera automática, además, detectan de manera inmediata lo que se gana, lo que se pierde, el número de traders, el porcentaje del drawdown, la volatilidad de los precios, los distintos volúmenes del mercado, entre otros aspectos. Los sistemas HFT están programados para calcular de manera casi perfecta y en función de la disminución del umbral de errores humanos, los indicadores para, y de este modo, concretar negociaciones exitosas.

4.2.4 Bróker y sistemas de comisiones.

Un Broker o agente de bolsa, es un intermediario natural o jurídico que ayuda a gestionar las transacciones entre oferentes y demandantes; teniendo como resultado una comisión por operación. El bróker permite que estas dos partes optimicen tiempo, pero, así mismo, hace las veces de consejero, debido a su amplio conocimiento del mercado.

De acuerdo con Goldstein et. al (2002) los corredores se dan cuenta de lo que pasa en el mercado y saben sacar provecho de ello, en la medida que traducen las necesidades en oportunidades de negocio, lo cual permite maximizar el impacto de la actividad de sus clientes.

Ahora bien, respecto al sistema de comisiones estos están regulados y estandarizados, en el mercado de valores generalmente el bróker cobra una comisión mínima y una comisión por orden ejecutada. En la figura 4 se muestra un ejemplo de estas comisiones.








Comisiones de operativa y de transacción de mercado incluidas			
PAÍS	ORDEN EJECUTADA EN	COMISIÓN POR ORDEN ⁽¹⁾	COMISIÓN MÍNIMA DE POR ORDEN
 España	Bolsas alternativas	0,095 % del valor de la transacción	4,95€
	Bolsa Madrid	0,12 % del valor de la transacción	4,95€
 Estados Unidos		0,01 \$ por acción negociada	1,95\$
 Alemania		0,095 % del valor de la transacción	4,95€
 Reino Unido		0,12 % del valor de la transacción	9,95€
 Francia		0,095 % del valor de la transacción	4,95€
 Italia		0,095 % del valor de la transacción	4,95€
 Bélgica		0,095 % del valor de la transacción	4,95€
 Países Bajos		0,095 % del valor de la transacción	4,95€

Figura 4. Valor comisiones 2017 por país.

Fuente: ProrealTime Trading (2017)

Algunos bróker establecen tarifas fijas por acción o un porcentaje fijo por el valor de la negociación, con base a las tarifas de mercado y las normativas; pero otros, prefieren pagar precios por niveles es decir por corretaje, el cual puede ser una buena opción para inversionistas novatos.

4.2.5. Funciones del Market Maker

Uno de los conceptos que resalta en el tema del trading es el Market Maker; este término anglosajón se define como “Creadores del mercado”, y corresponde a una agencia

o persona que toma el riesgo de establecer un determinado número de acciones de cierto valor con la finalidad comercializarlas. El creador de mercado compite por el flujo de órdenes de clientes a partir de la visualización de la compra y venta de “citas o turnos” para un número específico y garantizado de acciones; un ejemplo de este tipo de empresas es NASDAQ.

Según Chakraborty & Kearns (2011) los creadores de Mercado, aplican distintas las estrategias comerciales que buscan un beneficio por medio de proporcionarle liquidez a otros comerciantes, evitando al mismo una acumulación en el stock de acciones. Así mismo, de acuerdo con Marín & Rubio (2011) los creadores de mercado tienen como objetivo disminuir las fluctuaciones de precios, dicho de otro modo, ser catalizadores entre la oferta y la demanda.

4.3 Marco histórico/Antecedentes

Al efectuar la revisión de la literatura, pudo constatar que los estudios entorno al Trading de Alta Frecuencia, en adelante (HFT) son escasos, o al menos estos no han sido documentados; de acuerdo con Duhigg (2009) “esta metodología nace en el año 1999, a partir de que la Comisión de Valores y Bolsa de los Estados Unidos (SEC) autorizara los intercambio electrónicos”(p1); el HFT, según Avellana (2011) “se centra en el uso de programas y computadoras para generar y ejecutar pedidos en mercados con acceso electrónico” (p4), los cuales minimizan los costos de ejecución y el riesgo de mercado,

además eliminan las altas comisiones de los agentes de bolsa, puesto que todo el trabajo es realizado por un conjunto de algoritmos.

Pérez (2014) en su estudio “Robotrader: Sistema Algorítmico De Trading En Los Mercados Financieros”, manifiesta que anteriormente el ejercicio de la actividad bursátil exigía a los diversos agentes someterse a la presión de la toma de decisiones en momentos críticos, esto producía la necesidad de un elevado componente de intuición que no correspondía con los principios del método científico exigido para el desarrollo profesional de un trader; sin embargo, en la actualidad se presentan posibilidades infinitas con las nuevas tecnologías, las cuales de manera imparcial y con base a algoritmos lógico matemáticos “ infalibles” pueden contribuir a la minimización del error, a la limitación del riesgo y a la preservación del capital, para que la acción del trader sea más fiable.

El autor aporta una visión general del trading automático estableciendo procedimientos y métodos científicos a su estudio, así mismo, analiza hasta qué punto un inversor puede destinar sus recursos a un robot virtual dentro del caos que existe en los mercados financieros.

Pérez (2014) concluye que, si bien la evolución de la tecnología ha permitido establecer ciertos patrones conductuales en el comportamiento de los mercados financieros, aun no se puede establecer una predicción estable en términos absolutos; de allí la importancia de que el trading de alta frecuencia este acompañado por grupo de expertos que prevengan las fallas en el sistema y aseguren la efectividad del sistema.

Por otra parte, Alubankudi & Tapia (2014) en su artículo “¿Qué sabemos de la negociación de alta frecuencia?”, manifiestan que durante los últimos 10 años la tecnología se ha convertido en un elemento fundamental para el desarrollo de los mercados

financieros, puesto que, “es evidente que el uso de algoritmos y máquinas ha venido para quedarse y que el uso masivo de la tecnología en los mercados financieros es cada vez importante” (p49). Según los autores, con muchas limitaciones la esfera académica ha intentado determinar los efectos positivos y negativos de fenómenos como el Trading de Alta frecuencia y como este influye en la calidad y la eficiencia de los mercados.

Uno de los hallazgos de Alubankudi & Tapia (2014) es que “la presencia del HFT provoca episodios de aumento de la volatilidad, pero también reduce el coste de liquidez y mejora la eficiencia de los precios en el mercado de valores” (p 48) de allí que sea razonable intentar mitigar los impactos negativos del Trading de alta frecuencia y favorecer o impulsar aquellos aspectos positivos, puesto que, no se puede frenar la evolución de los sistemas.

Así mismo, Sánchez (2013) en su artículo “la denominada negociación automatizada de alta frecuencia”, expresa que, el trading de alta frecuencia “supone la utilización de algoritmos que pueden introducir en el mercado amplios volúmenes de órdenes en función de determinados parámetros de cotización, en cuestión de milisegundos”. (p1); según el autor, en casos específicos este tipo de negociación puede tener implicaciones profundas sobre el funcionamiento del mercado de valores, no obstante, en la actualidad no hay una regulación por parte de las autoridades responsables, puesto que, los trader tienen sistemas muchos más especializados y rápidos que los agentes gubernamentales.

Una de las conclusiones de Sánchez & Pineda (2013), se centra en que, en la actualidad la negociación automatizada de alta frecuencia, no se encuentra regulada por la

legislación y que, esta última es quien debería adaptarse a las nuevas condiciones y estrategias del mercado.

Del Río (2015) con su tesis “análisis y comparativa de los sistemas automáticos de trading frente al trading discrecional”, plantea la efectividad en tiempo y optimización de recursos de los sistemas automáticos de trading de alta frecuencia, mediante el análisis teórico y práctico de casos de éxitos de esta metodología. El autor utiliza una metodología descriptiva enteramente cualitativa, que lo lleva a concluir que, “la principal característica que diferencia a estos dos sistemas de trading es la objetividad y el factor psicológico humano”, además que, “Los sistemas automáticos de trading permiten operar con unos volúmenes de contratación mucho más elevados que en el caso del trading discrecional” (Del Río, 2015, p51). No obstante que el trading de alta frecuencia posee diversas falencias, por ejemplo: “debido a que se trata de sistemas informáticos complejos, los costes en los que se incurre al negociar con estos mecanismos son mayores.” (Del Río, 2015, p53), de igual modo, “en ocasiones el sistema puede fallar debido a causas informáticas como pueden ser el sobrecalentamiento de un equipo, la pérdida de conexión a la red”, lo que puede causar graves pérdidas financieras.

Dodd (2010) en su artículo “transacciones pocos transparentes”, asegura que no todas las innovaciones financieras aumentan la eficiencia del mercado de valores, poniendo en discusión la eficiencia del trading de alta frecuencia. Según el autor “Un corredor de alta frecuencia puede transmitir miles de órdenes por minuto a una bolsa y con la misma velocidad puede cancelarlas. Según las estimaciones, el 90% de las órdenes transmitidas por los corredores de alta frecuencia se cancelan” (p26), lo que da pie a actuaciones deshonestas por parte de los corredores, puesto que, si lo sabe hacer puede llegar a

manipular determinadas variables para “engañar” al mercado por segundos y sacar provecho de ello.

Dodd (2010) concluye que el trading de alta frecuencia no permite competir en igualdad de condiciones, ya que los corredores están en desventaja en comparación con el resto del mercado, puesto que “las órdenes transmitidas al mercado por los clientes tienen prioridad frente a las transmitidas por los corredores” (p27)

En un estudio más técnico, titulado “¿Qué tan buenos son los patrones del IGBC para predecir su comportamiento? Una aplicación con datos de alta frecuencia”; Alonso, & García (2009) evalúan la utilidad de patrones de comportamiento para predecir el comportamiento futuro del Índice General de la Bolsa de Colombia (IGBC), para este fin, los autores emplearon 18 diferentes especificaciones del modelo GARCH-M y datos de alta frecuencia. Los modelos considerados tienen en cuenta el efecto Leverage, el efecto Día de la Semana, el efecto Hora y el efecto Día-Hora; los autores, de igual modo, evaluaron 115 pronósticos para los siguientes 10 minutos para cada uno de los 18 modelos, empleando estadísticas descriptivas y las pruebas de Granger y Newbold (1977) y Diebold y Mariano (1995).

Dentro de las conclusiones del estudio se encuentra que la mejor especificación es la que no tiene en cuenta el efecto día-hora en la media ni en la varianza, así mismo que, todos los modelos proveen pronósticos que estadísticamente son iguales. Por tanto, si se desea emplear un modelo para predecir el comportamiento de los rendimientos del IGBC para los próximos 10 minutos, es prácticamente lo mismo emplear cualquiera de las 18 especificaciones consideradas.

Por tanto, el trading de alta frecuencia no está limitado a ninguna varianza de día u hora específica, porque a través de las acciones que se desligan del mismo, el mercado de valores adquiere nuevas varianzas y condiciones de operación.

A raíz de la revisión documental entorno al trading de alta frecuencia, se evidencian puntos divididos con relación a los efectos positivos y negativos de esta metodología; lo que es claro, es que no se puede evadir la evolución de los mercados de valores, de allí que, los agentes de la bolsa, corredores y las distintas entidades oferentes y compradoras trabajen para entender esta metodología, mejorar sustancialmente sus aspectos positivos y reducir los impactos negativos.

5. Metodología

El presente estudio corresponde a un enfoque de investigación mixta, la cual, según Creswell y Plano (2007) es “un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio, en una serie de investigaciones para responder a un planteamiento del problema” (p1). Este enfoque de estudio permite usar métodos de los enfoques cuantitativo y cualitativo y pueden involucrar la conversión de datos cualitativos en cuantitativos y viceversa.

Con relación al diseño del estudio este es de tipo no experimental, puesto que, el investigador no posee ningún control sobre las variables independientes; solo las analiza y describe la situación estudiada en su ambiente natural.

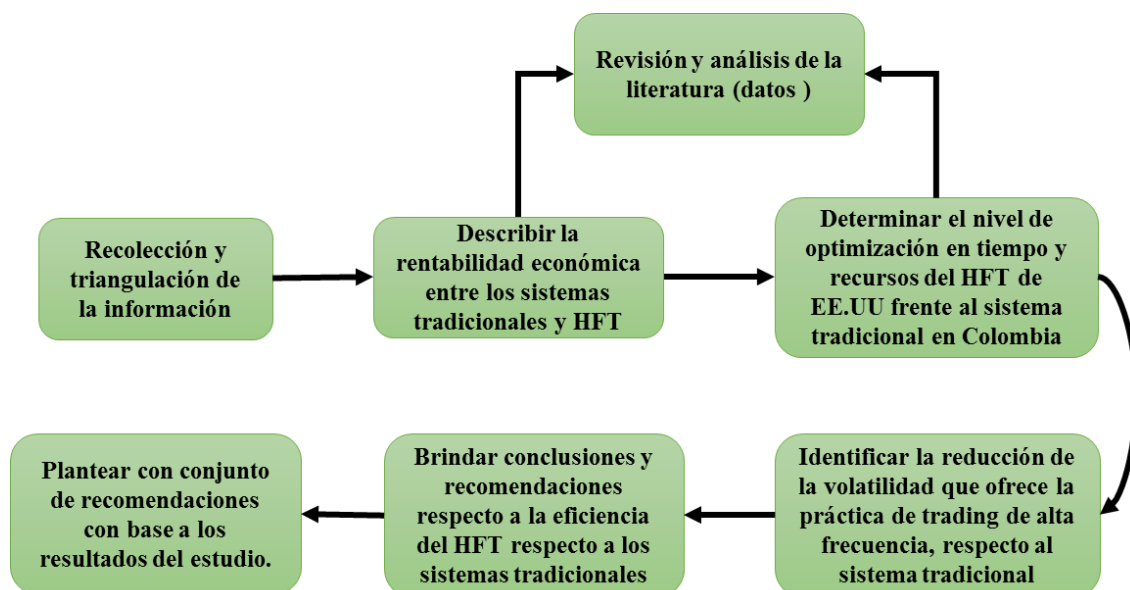
El estudio tiene un alcance descriptivo, en la medida que proporciona información detallada en cifras respecto a la eficiencia del trading de alta frecuencia en países que en la actualidad han implementado este sistema automatizado, pero luego las describe y compara con la realidad y evolución de la bolsa de valores de Colombia.

Con relación a las técnicas e instrumentos de investigación, se efectuará una revisión de la literatura, tomando como punto de partida bases de datos, revistas indexadas, publicaciones científicas y demás documentos con validez académica.

Con la información recolectada, en primer lugar, se realizará una análisis entre los sistemas tradicionales y los sistemas automatizados de alta frecuencia; posteriormente, se identificará como el trading de alta frecuencia puede mitigar o incrementar las problemáticas actuales del mercado de valores colombiano y, finalmente, se determinará la factibilidad de incorporar trading de alta frecuencia en Colombia, con base al análisis de estadísticas y aspectos regulatorios tomando como referencia los países que en la actualidad tienen incorporada este sistema automatizado.

Con este ejercicio se esperan obtener datos fiables que permitan establecer la viabilidad o factibilidad de incorporar trading de alta frecuencia en Colombia. A continuación, en la Figura N° 1, se muestra de manera esquemática el proceso metodológico a seguir para desarrollar el presente estudio.

Figura 5. Ruta metodológica



Fuente: Elaboración Propia

6. Recolección y compilación de datos

Con la finalidad de dar cumplimiento al objetivo general planteado: “Analizar la eficiencia de los sistemas de Trading de Alta Frecuencia frente a los sistemas tradicionales en el mercado de valores colombiano”, a continuación, se realiza una descripción de la rentabilidad, nivel de optimización en tiempo y recursos y, de la reducción de la volatilidad que ofrece la práctica de trading de alta frecuencia, respecto al sistema tradicional de trading, aun imperante en Colombia.

Antes de proceder con el desarrollo de los resultados, es menester dejar en claro el concepto y alcance del término “eficiencia”: De acuerdo con Mejía (s/f, p2) “la eficiencia se refiere al logro de un objetivo al menos costo unitario posible; es decir, busca un uso óptimo de los recursos disponibles para lograr los objetivos deseados”. En consonancia con lo anterior, la OIT (2016) en su página web, manifiesta que mediante la eficiencia puede hacerse un uso óptimo de los recursos y, por tanto, bajar los costos.

6.1 Rentabilidad Económica HFT y Sistemas Tradicionales.

Para desarrollar este objetivo específico, se tomó como país de referencia Estados Unidos, en el cual según Aite Group Survey (2013) el trading de alta frecuencia opera al rededor del 73% del volumen de todas las ordenes de su mercado de valores. De igual modo, se cree que EE. UU respecto a los demás países del mundo, maneja el 65% de las transacciones de HFT. En el estudio se utilizaron datos y cifras oficiales de una de las

bolsas de valores más importantes de EE. UU, la National Association of Securities Dealers Automated Quotation conocida por sus siglas (NASDAQ), esta, de acuerdo con Calvarro (2016) “es considerada como la primera Bolsa de Valores electrónica del mundo”. NASDAQ esta organización mediante sus sistemas automatizados ha conseguido reducir su Spread (la diferencia entre el precio de compra y el de venta de un activo financiero), sin intervención y pagar altos costos a los brókers.

Es menester resaltar que, para el caso de la presente investigación y dada la complejidad del mercado de valores y su variabilidad, además, del hermetismo existente entre los agentes de bolsa por el uso del Trading de Alta Frecuencia, la descripción de rentabilidad se hace con base a estudios previos de diversos autores e informes oficiales del Market Maker NASDAQ; como punto de partida del análisis, a continuación, se presentan las principales indicadores de liquidez y El cual se muestra a continuación en la figura 5.

Figura 6.

Ratios

	Income Statement	Balance Sheet	Cash Flow	Financial Ratios	
Annual Income Statement (values in 000's)					
Period Ending:	Trend	5/31/2016	5/31/2015	5/31/2014	5/31/2013
Liquidity Ratios					
Current Ratio		280%	246%	272%	344%
Quick Ratio		190%	178%	194%	256%
Cash Ratio		102%	94%	102%	151%
Profitability Ratios					
Gross Margin		46%	46%	45%	44%
Operating Margin		14%	14%	13%	13%
Pre-Tax Margin		14%	14%	13%	13%
Profit Margin		12%	11%	10%	10%
Pre-Tax ROE		38%	33%	33%	29%
After Tax ROE		31%	26%	25%	22%

financieras de liquidez y rentabilidad (2013-2016)

Fuente: NASDAQ (2017)

Bien se sabe que, sería complejo estudiar, todas las miles de acciones negociadas en la bolsa a partir de la metodología HFT, por tanto, el análisis se centra en el estado de resultados anual de NASDAQ (figura 5); a partir del análisis de los datos, puede establecerse que:

6.1.1 Indicadores de liquidez.

Se muestran tres (3) indicadores de liquidez, el primero es la razón corriente, la cual ha tenido un comportamiento positivo en el periodo 2013-2016, siendo el 2013 el año con mayor porcentaje y el 2015, el año con menores resultados. La razón corriente indica que, a 2016 NASDAQ tiene la capacidad de cumplir con sus obligaciones financieras a corto plazo, con un respaldo del 280%.

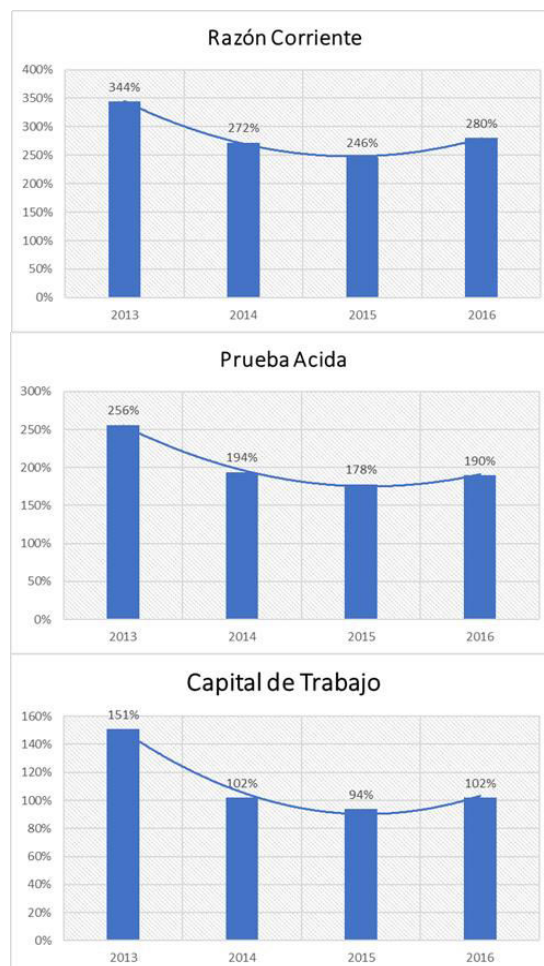
El segundo indicador es la prueba acida, de igual modo es positiva, aunque a partir del año 2013 ha descendido considerablemente pasando de 256% al 190% en el 2016; este último porcentaje indica la capacidad de NASDAQ para cancelar sus obligaciones corrientes, sin contar con la venta de sus existencias, es decir, con los saldos de efectivo.

El tercer indicador, se refiere al capital de trabajo, este ha tenido una tendencia estable, lo cual indica que NASDAQ tiene capacidad de crear sus deudas en el corto plazo.

A continuación, se esquematizan estos valores.

Figura 7. Ratios de

Liquidez



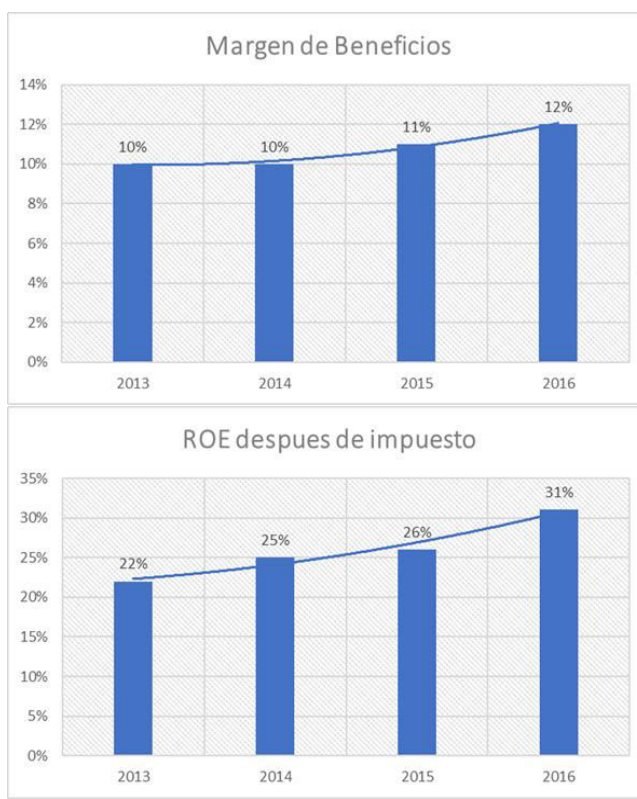
Fuente: Elaboración Propia

6.1.2 Indicadores de Rentabilidad

Se muestran seis (6) indicadores de rentabilidad: Margen bruto, Margen operativo, Margen antes de impuestos, Margen de beneficio, ROE antes de impuesto y ROE después de impuestos.

Todos los indicadores mencionados se muestran estables, sin embargo, el Margen de beneficio o, la diferencia positiva que espera obtener la empresa, es relativamente bajo, oscilando entre el 10 y el 12%. Respecto al ROE después de impuestos, este indicador tiene un comportamiento positivo y ha aumentado de manera paulatina desde el año 2013, pasando del 22% al 31% en el 2016. A continuación, se esquematizan estas dos ratios.

Figura 8. Ratios de



Rentabilidad

Fuente: Elaboración Propia

Ahora bien, para apoyar el anterior análisis, se realizó una revisión de la literatura, la cual dio cuenta de diversas investigaciones direccionadas a ahondar a develar como, mediante el trading de alta frecuencia puede aumentarse la rentabilidad del mercado de valores. (Kervel & Menkveld, 2016; Baron Brogaard & Kirilenko, 2012; Laughlin, 2014).

Una de estas investigaciones, es la de Carrion (2013) titulada “*Very fast money: High-frequency trading on the NASDAQ*”, en la cual se describe la rentabilidad y eficiencia de NASDAQ a partir del uso del HTF, para este estudio se analizaron 120 acciones en el periodo Enero (2008) -Diciembre (2009) – Febrero (2010), solo en operaciones entre las 9:30 am y 4:00 pm. A continuación, en la figura 8 se muestra el resumen de la diferencia estadística, el cual da cuenta de la Rentabilidad del HTF en las acciones de NASDAQ.

Figura 9. Resumen Diferencia Estadística

HFT trade type	All			Demand			Supply		
	mkt—buy	sell—mkt	sell—buy	mkt—buy	sell—mkt	sell—buy	mkt—buy	sell—mkt	sell—buy
<i>Panel A: Stock-day weighting</i>									
<i>N</i>	60,692	60,716	60,585	60,260	60,360	59,966	60,084	60,108	59,524
Mean	0.033	0.032	0.065	0.011	0.010	0.023	0.064	0.065	0.128
Std Dev	0.484	0.431	0.560	0.539	0.516	0.659	0.639	0.611	0.813
<i>T</i>	3.26	14.42	22.30	3.57	3.57	6.96	14.43	12.68	25.87
10th %ile	-0.177	-0.179	-0.244	-0.267	-0.268	-0.356	-0.298	-0.292	-0.317
Median	0.011	0.011	0.023	0.002	0.001	0.004	0.023	0.025	0.050
90th %ile	0.269	0.264	0.424	0.305	0.301	0.434	0.469	0.467	0.668
<i>Panel B: Day weighting</i>									
<i>N</i>	509	509	509	509	509	509	509	509	509
Mean	0.033	0.032	0.065	0.011	0.010	0.023	0.064	0.065	0.128
Std Dev	0.056	0.050	0.066	0.071	0.063	0.075	0.100	0.115	0.111
<i>T</i>	13.24	14.38	22.27	3.56	3.55	6.93	14.45	12.71	25.94
10th %ile	-0.017	-0.019	-0.004	-0.053	-0.056	-0.059	-0.018	-0.024	0.027
Median	0.028	0.027	0.058	0.008	0.005	0.020	0.049	0.055	0.108
90th %ile	0.087	0.090	0.147	0.077	0.078	0.109	0.159	0.157	0.257
<i>Panel C: Stock weighting</i>									
<i>N</i>	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Mean	0.034	0.032	0.066	0.011	0.009	0.021	0.066	0.067	0.135
Std Dev	0.046	0.033	0.069	0.041	0.047	0.070	0.077	0.062	0.137
<i>T</i>	8.06	10.47	10.50	3.02	1.98	3.35	9.45	11.76	10.80
10th %ile	0.000	0.001	0.003	-0.024	-0.024	-0.031	0.007	0.010	0.019
Median	0.023	0.020	0.052	0.006	0.006	0.013	0.051	0.056	0.111
90th %ile	0.077	0.078	0.139	0.055	0.058	0.095	0.138	0.131	0.258

Fuente: Carrion (2013)

Para realizar el análisis, es menester tener claro que las diferencias se calculan por separado para cada Stock-día y luego los valores de Stock-día se resumen con las ponderaciones. El panel A presenta un resumen de las estadísticas ponderadas (todos los días de stock); el Panel B reporta estadísticas resumidas igualmente ponderadas por día, y el Panel C presenta estadísticas resumidas igualmente ponderadas por acciones.

A partir de los datos que ofrece la figura 8, se observa que los HFT de NASDAQ tienen una ganancia comercial de \$ 2623.84 por día de acción; es importante resaltar que las HFT pierden \$691,54 cuando demandan liquidez y ganan \$ 3292,61 al serles suministradas la liquidez.

Ahora bien, es importante explicar cómo a través de la práctica HFT puede obtenerse mayor rentabilidad en relación a lo que puede obtenerse con la práctica de trading tradicional.

Existen dos modos de operar el HFT, los cuales serán explicados con base a un ejemplo: Dos Traders de alta frecuencia intercambian el mismo stock en tres intervalos de siete minutos, el VWAP de mercado es \$200,00 en el primer intervalo y \$202,00 en el segundo, (dentro de cada intervalo los procesos más altos y más bajos del VWAP están disponibles). El primer trader compra 200 acciones en el primer intervalo por \$199,00 y las vende en el mismo intervalo por \$201,00, luego adquiere 200 acciones por \$ 201,00 en el segundo intervalo y las vende en el mismo intervalo por \$203,000. El segundo Trader adquiere 200 acciones en el primer intervalo por \$200.00, y las vende en el segundo intervalo por \$202,00.

De lo anterior, puede deducirse que ambos Trader pueden tener un *HFT Buy VWAP* de \$200.00 y un *HFT Sell VWAPs* de \$202.00, y *HFT Sell - Buy VWAP* con una diferencia de \$2.00. No obstante, el desempeño del primer trader fue impulsado por las operaciones a los precios disponibles brevemente y el desempeño del segundo trader fue impulsado por la compra cuando los precios eran bajos durante un período sostenido y la venta cuando los precios eran más altos durante un período sostenido.

Lo anterior, sumado a que la operación de HFT se efectuó en Milisegundos, brinda la posibilidad de que este tipo de negociaciones sean mucho más rentables que los trader que operan de manera tradicional en el mercado de valores.

Ahora bien, en lo que no puede haber consenso es si el HFT influye en que los precios sean más eficientes, no habría como calcular a ciencia cierta el verdadero

comportamiento del HFT, de allí que, según Carrion (2013, p704) “no esté claro si el HFT es un creador de mercado discrecional, arbitrador, depredador, o alguna combinación”

Algunos modelos, como los de Jovanovic & Menkveld (2012) describen como las prácticas de HFT podrían hacer a los precios más eficientes, así mismo, BHR (2013) en su investigación encuentra que los HFT son una parte importante del proceso de descubrimiento de precios y reduce la volatilidad que se considera una medida eficiencia.

6.1.3. Calculo rentabilidad sistema tradicional trading caso Colombia

A continuación, se analiza la rentabilidad de la bolsa de valores colombiana, cabe resaltar que esta no utiliza HFT y que, además, tiene un número de empresas que no es equiparable con el de la bolsa de valores NASDAQ, por tanto, no hay cabida a una comparación.

Lo que se pretende con el análisis de esta bolsa, es mostrar cuales son los porcentajes de rentabilidad y describir de manera empírica como podrían ser mejorados con base a la metodología HFT.

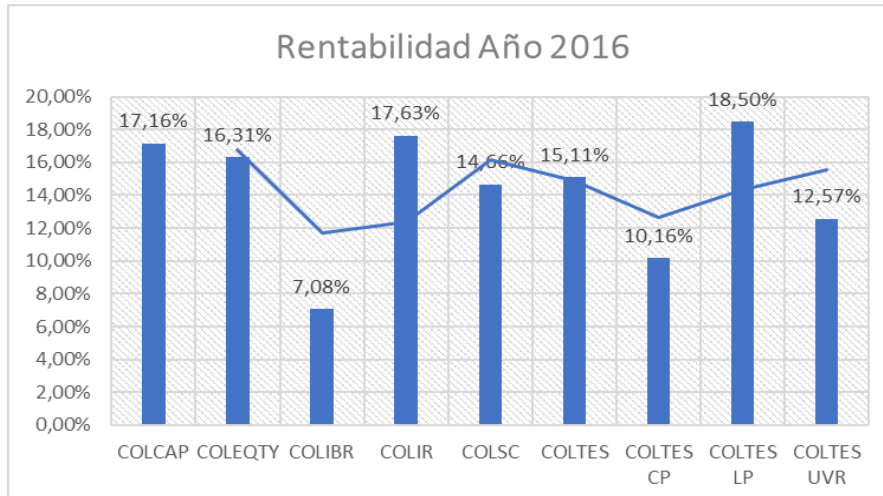
A continuación, en la tabla 3 se presenta el Index Performance (Rentabilidad) de la bolsa de valores, para el año 2016, en donde se resaltan los índices de renta variable y renta fija como el valor de cierre, valor mínimo, valor máximo, variación mes, variación año corrido y variación doce meses. Para el análisis se toma el valor de 12 meses, es decir, el total de rentabilidad mes a mes en el año 2016.

Tabla 4. Index Performance (2016)

Índice / Index	Valor de Cierre	Fecha Valor Mínimo	Valor Mínimo	Fecha Valor Máximo	Valor Máximo /	Var. Mes /	Var. Año Corrido	Var. 12 Meses
COLCAP	1351,68	2016-12-01	1297,33	2016-12-28	1353,65	5,10%	17,16%	17,16%
COLEQTY	926,02	2016-12-01	889,40	2016-12-28	926,93	4,98%	16,31%	16,31%
COLIBR	157,25	2016-12-01	156,36	2016-12-29	157,25	0,59%	7,08%	7,08%
COLIR	859,14	2016-12-01	824,66	2016-12-28	860,04	5,05%	17,63%	17,63%
COLSC	999,25	2016-12-20	976,53	2016-12-29	999,25	1,99%	14,66%	14,66%
COLTES	226,57	2016-12-01	221,93	2016-12-29	226,57	1,50%	15,11%	15,11%
COLTES CP	208,11	2016-12-01	205,66	2016-12-29	208,11	0,91%	10,16%	10,16%
COLTES LP	248,85	2016-12-01	242,57	2016-12-29	248,85	1,82%	18,50%	18,50%
COLTES UVR	234,75	2016-12-01	231,92	2016-12-26	235,22	0,95%	12,57%	12,57%

Fuente: Bolsa de Valores de Colombia (2016)

Figura 10. Rentabilidad 2016 BVC



Fuente: Elaboracion Propia

Se evidencia que los índices de rentabilidad de las Bolsa de Valores Colombiana (BVC), son estables, sin embargo, no son altos, en promedio, constituyen un 14,35% anual; se evidencia, además, que estas tasas de rentabilidad no permiten la entrada de canales

electrónicos, de hecho, sería riesgoso para la BVC en la medida que no cuenta con la suficiente liquidez para implementarlo y operarlo.

Si Colombia desea aumentar la rentabilidad de su sistema por medio del HFT, necesita, en primer lugar, de la ayuda de actores que ayuden a surtir el proceso de aprendizaje en lo que respecta la infraestructura tecnológica y la estructuración de productos; así mismo impulsar estrategias que optimicen la liquidez de su mercado de valores.

6.2 Optimización en tiempo y recursos del Trading de Alta Frecuencia frente al sistema tradicional.

6.2.1 Optimización tiempo

En la actualidad, los seres humanos y las computadoras cohabitan muchos espacios sociales modernos (Preis, et al, 2012; Rime et al.2010), incluidos los mercados de valores, en donde, la ventaja estratégica y competitiva está en manos de la tecnología (Pérez, 2011), de la mano del HFT.

El HFT mediante el uso de potentes ordenadores que operan bajo la instrucción de una secuencia de algoritmos, reduce de manera inconmensurable la comunicación y, así mismo, de los tiempos de operación los cuales, según Liukkonen & Unit (2009) están muy por debajo de los tiempos de respuesta humanos. Lo anterior, ayuda a que haya mayor velocidad en a ejecución y, por ende, un mejor aprovechamiento de las oportunidades ofrecidas por el mercado, ya que, si el Trader HFT tiene un acceso inmediato a los datos del

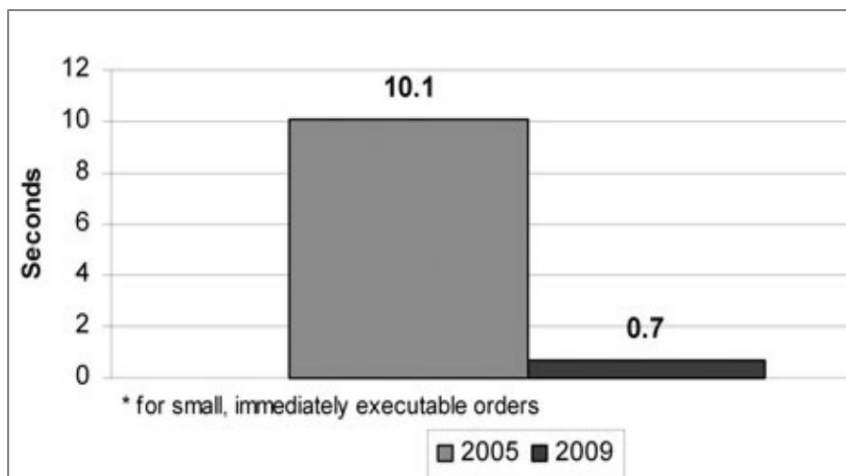
mercado, podrá gestar estrategias para mantener sus picos de actividad y adelantarse a los procesos para mejorar su rentabilidad y liquidez.

En consonancia con lo anterior, Rijper, Sprenkeler, & SKip (2011) expresan que la velocidad es el diferenciador más importante en HFT; inicialmente estos sistemas operaban en milisegundos, sin embargo, dado los avances algorítmicos y tecnológicos, en la actualidad estos sistemas operan en microsegundos, lo cual es beneficioso y se concibe como una ventaja, puesto que la velocidad en las transacciones afecta de manera directa la rentabilidad de las estrategias comerciales, además, permite superar a los competidores durante los períodos pico de actividad intensa.

Baron, Brogaard & Kirilenko (2014) manifiestan que, las empresas que han incorporado HFT tienen un desempeño de inversión superior puesto que es más rápida la rotación de sus contratos y, por tanto, los beneficios de la operación; los autores resaltan que diversas investigaciones han llegado a la conclusión de que, los traders más lentos pueden ser socialmente ineficientes y, por tanto, perjudicar el equilibrio del mercado de valores.

La HFT representa la evolución actual de la tecnología de los mercados de valores, en el año 2005, estos sistemas operaban en un tiempo promedio de ejecución de más de 10 segundos, sin embargo, de acuerdo con Durbin (2010), años después este tiempo de ejecución paso a ser has de un segundo y sigue disminuyendo, de allí que, las velocidades requeridas para el comercio de alta frecuencia excedan cualquier cosa que un humano pudiera igualar. Esta afirmación se constata en la figura 11.

Figura 11. Disminución tiempo HFT desde año 2005



Fuente: Dubin (2010)

Según Fernández (2011) en los mercados financieros hay margen para realizar hasta 40.000 operaciones por segundo, por lo cual, la intermediación en las Bolsas es cada vez menos humana y los ordenadores le están ganando la batalla a los corredores de bolsa humanos.

Desde el punto de vista de la gestión, es estratégico que el HFT permita optimizar el tiempo, en la medida que, los traders pueden actualizar rápidamente sus cotizaciones cuando las circunstancias del mercado cambian, disminuyendo los niveles de riesgo y, por ende, aumentando la liquidez del proceso.

Respecto al tiempo que se tarda un trader en ejecutar ordenes bajo el modelo tradicional, esta cifra depende de la capacidad de análisis del individuo y las reglas del mercado que este analice para llevar a cabo su operación; generalmente estos sistemas de trading sugieren mucha concentración y tiempo por parte del trader, además, están sujetos

al estado psicológico y emocional del individuo (subjetividad) lo que aumenta los niveles de riesgo.

6.2.2 Optimización Recursos

EL HFT permite a las empresas que lo implementan minimizar de manera considerable su capital humano, ello, es beneficioso en la medida que la compañía puede disminuir sus costos operativos al no tener que direccionar grandes cantidades de dinero para el reclutamiento, selección, capacitación y gestión continua de sus empleados, elimina los sueldos y comisiones, además, disminuye los riesgos que emergen de los errores en los cálculos humanos.

Una compañía HFT puede operar con un director y su par de programadores algorítmicos, pero puede generar en mucho menos tiempo utilidades considerablemente más alta que la compañía que opera el trading de manera tradicional.

Es menester resaltar que si bien, pueden optimizarse los recursos mediante el HFT, su incorporación sugiere de igual modo una alta inyección de capital, este es el principal reto de los pequeños inversores los cuales no cuentan con los recursos para "co-localizar" sus instalaciones o invertir masivamente en tecnologías avanzadas, sumado a la vertiginosa depreciación de los activos fijos, y el grado de obsolescencia de los algoritmos, dada la "guerra tecnológica" existente entre las compañías HFT.

6.3 Reducción de la volatilidad que ofrece la práctica de trading de alta frecuencia, respecto al sistema tradicional.

De acuerdo con Luque (2007, p1) “La volatilidad o desviación típica de un fondo de inversión es, sin duda, la estadística más utilizada para medir el riesgo”; este indicador analiza el comportamiento de un fondo respecto a su medida histórica durante un periodo de tiempo determinado. A continuación, en la figura 12 se muestra la volatilidad de NASDAQ

Figura 12. Volatilidad de NASDAQ. (Enero 2017)



Fuente: NASDAQ (2017)

El riesgo de volatilidad se deriva de que, a partir de un cambio brusco en la volatilidad puede afectar negativamente al precio de los bonos, por fortuna, la volatilidad

de NASDAQ, a enero del 2017, en términos generales se encuentra estable para enero de 2017.

Es importante resaltar que, en la actualidad la evidencia del HFT ha alcanzado un nivel empírico inequívoco sobre sus efectos en la calidad del mercado. Lamentablemente, las investigaciones que se han realizado acerca de la volatilidad sufren de una clara limitación metodológica, en donde lo cuantitativo no es exacto y lo cualitativo se basa en meras especulaciones. Lo que sí es claro, es que el aumento de la participación del HFT tiene un profundo impacto en los mercados de valores y que está cambiando las formas de negociación.

En el sistema de trading colombiano, la volatilidad es constante y se da a partir de las especulaciones internacionales, como la caída de los precios del petróleo o crisis de tipo financieras en economías desarrolladas. A continuación, en la tabla 5 se presenta el cálculo histórico de volatilidad para el índice COLCAP en el periodo nov. 2016- ene 2017.

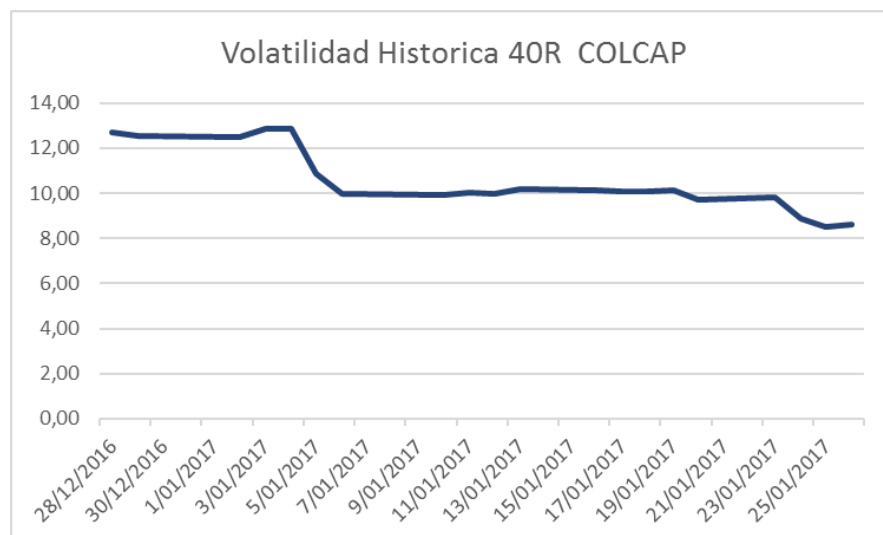
Tabla 5. Volatilidad Histórica 40 ruedas COLCAP

Fecha	Cierre	Var ()	Var (%)	Máx	Mín	Cambio de precio	Volatilidad Histórica 40 R
28/12/2016	1353,65	-3,23	-0,24	1353,65	1348,37	0,010836772	12,72
28/12/2016	1353,65	-3,23	-0,24	1353,65	1348,37	0	12,71
29/12/2016	1351,68	-8,82	-0,65	1351,68	1341,62	-0,001456385	12,55
2/01/2017	1345,89	5,66	0,42	1353,67	1345,89	-0,004292759	12,51
3/01/2017	1354,82	7,72	0,57	1362,87	1353,93	0,0066131	12,85
4/01/2017	1373,04	-0,95	-0,07	1377,21	1370	0,013358655	12,87
5/01/2017	1377,88	-4,61	-0,33	1378,23	1372,72	0,003518826	10,85
6/01/2017	1374,08	-3,08	-0,22	1376,14	1367,39	-0,00276167	9,96
10/01/2017	1372,5	-1,46	-0,11	1377,62	1370,45	-0,001150522	9,94
11/01/2017	1375,14	-1,36	-0,1	1377,27	1371,9	0,00192165	10,03
12/01/2017	1369,64	-7,52	-0,55	1370,15	1362,05	-0,004007613	10,00

13/01/2017	1369,62	-7,8	-0,57	1369,78	1361,79	-1,46025E-05	10,18
16/01/2017	1361,05	2,7	0,2	1365,76	1358,7	-0,006276868	10,15
17/01/2017	1361,48	-3,81	-0,28	1362,08	1356,6	0,000315883	10,07
18/01/2017	1360,54	-3,95	-0,29	1363,32	1353,89	-0,000690664	10,08
19/01/2017	1359,6	-5,94	-0,44	1360,36	1352,55	-0,000691141	10,15
20/01/2017	1354,35	-4,87	-0,36	1354,35	1346,19	-0,003868904	9,73
23/01/2017	1355,43	7,78	0,57	1363,24	1355,02	0,000797113	9,79
24/01/2017	1366,91	-1,26	-0,09	1367,3	1363,5	0,008433971	8,87
25/01/2017	1365,24	-0,12	-0,01	1368,78	1363,82	-0,001222481	8,51
26/01/2017	1371,38	2,72	0,2	1377,78	1369,1	0,004487295	8,62

Fuente: COLCAP Históricos. BVC (2017)

Figura 13.



Volatilidad de COLCAP (Nov 2016- Ene. 2017)

Fuente: Elaboracion Propia con Base a datos BVC

A partir del cálculo de la volatilidad mediante el método de “40 ruedas” para el periodo noviembre 2016- enero 2017 se puede confirmar que la volatilidad de COLCAP, que es uno de los indicadores más importantes en la bolsa de valores de Colombia, se mantiene en niveles estables; lo que comprueba que, no hay evidencia suficiente para asegurar que el HFT influye en la volatilidad.

7. Análisis e interpretación de los Resultados

A partir de los hallazgos encontrados puede establecerse que el HFT es eficiente, en la medida que, de manera empírica se ha demostrado que su rentabilidad es equiparable con la optimización en tiempo y recursos.

Respecto a la rentabilidad, se demostró que las entidades HFT tienen una tendencia a una rentabilidad mayor, en la medida que anejan mayor cantidad de volúmenes en el mercado. A diferencia de los sistemas de trading tradicionales que, si bien abarcan gran parte del mercado, no tienen el alcance que los HFT.

Con relación a niveles de optimización en tiempo y recursos, es claro que el Trading de Alta Frecuencia, al operar bajo algoritmos que indican ordenes de ejecución en microsegundos, minimizando los errores y la subjetividad humana, permite a las empresas tener un mejor aprovechamiento del tiempo, respecto a los trader tradicionales, los cuales

deben esperar a que sus corredores humanos efectúen los cálculos necesarios antes de determinar si entrar o no al mercado.

Respecto a la volatilidad, no hay evidencia en la literatura académica que lleve a afirmar que el HFT influye en la volatilidad del mercado de valores, sin embargo, puede resaltarse que, a partir del advenimiento de este sistema, las dinámicas de mercado han cambiado de manera sustancial.

8. Conclusiones

A partir del desarrollo de la investigación, puede concluirse que los sistemas de Trading de Alta Frecuencia son más eficientes en términos de rentabilidad, tiempo y recursos que los sistemas tradicionales en el mercado de valores colombiano.

Se pudo constatar que la capacidad intradía del HFT es significativa, puesto que los costos de operación son relativamente más bajos a los de los sistemas tradicionales, además las operaciones del HFT al ser más rápidas y minimizar los errores humanos tienden a ser más líquidas. Se concluye de igual modo, que las HFT proporcionan liquidez cuando es escasa y consumen liquidez cuando es abundante, a partir de allí que los precios y sus flujos de pedido tengan un rendimiento más eficiente en los días en los cuales la participación del HFT es alta.

Con relación a la optimización de tiempo y recursos, pudo concluirse que el HFT no solo permite que las operaciones sean más rápidas y se den incluso en microsegundos, valores inalcanzables para la capacidad humana; sino que, reduce de manera sustancial costos de contratación y gestión de personal, puesto que una empresa HFT puede operar con muy pocas personas, respecto a los sistemas tradicionales que emplean a decenas de corredores.

Así mismo, se optimizan recursos porque las operaciones tienen menores niveles de riesgo, lo que hace que las decisiones tomadas por los ordenadores generalmente sean acertadas.

Se concluye que, en la actualidad no existen estudios que den cuenta a ciencia cierta de si el HFT tiene una influencia considerable en la volatilidad de los mercados de valores, sin embargo, lo que si puede afirmarse es que el HFT ha tenido un impacto inconmensurable en los mismos, cambiando la realidad de las negociaciones.

Finalmente, cabe resaltar que, si bien, Colombia es neófito en el tema del HFT, el país posee grandes posibilidades de incorporar este sistema, ello, toda vez mejore la liquidez de su mercado de valores y adquiera proveedores de infraestructura tecnológica. Si el país incorpora HFT podría tener mayores posibilidades de alcanzar competitividad en el mercado de valores global.

9. Recomendaciones

La investigación es un breve esbozo del alcance del trading de alta frecuencia (HFT), se espera que esta investigación sirva como punto de referencia para nuevas investigaciones respecto al tema, en donde se pueda determinar de manera específica y en términos económicos del impacto positivo del HFT sobre el mercado de valores colombiano.

A continuación, se enuncian diversas recomendaciones direccionadas a la academia, las empresas de trading y la Bolsa de Valores Colombiana:

- Se recomienda a las instituciones de educación superior incentivar la investigación respecto a los nuevos sistemas HFT, dado el evidente atraso que Colombia posee en el tema, el cual puede ser altamente negativo en el mediano plazo.

- Se recomienda a las próximas investigaciones, tratar de develar los beneficios económicos que puede traer el HFT al mercado de valores local y el nivel de competitividad que puede alcanzar el país.
- Se recomienda a las compañías que invierten en la bolsa que se documenten acerca de las HFT y analicen como a partir de este sistema puede mejorar su rentabilidad.
- Se recomienda a la BVC, de la mano con los diversos sectores económicos, gestionar estrategias para mejorar la liquidez del mercado de valores y de este modo esté preparada para incorporar el HFT.

Bibliografía

- Adascalitei, S (2014) High Frequency Trading – A Revolutionary Concept On Financial Markets. The yearbook of the ghazane. Institute of economic research 23(). 27-34. Recuperado de: ftp://ftp.repec.org/opt/ReDIF/RePEc/zan/ygzier/2014/YGZIER_V23_ISS1_27to34_Simona_ADASCALITEI_HIGH_FREQUENCY_TRADING.pdf
- Alonso, J C; García, J C; (2009). ¿qué tan buenos son los patrones del IGBC para predecir su comportamiento? Una aplicación con datos de alta frecuencia. *Estudios Gerenciales*, 25() 13-36. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21211979002>

- Alubankudi, B & Tapia, M (2014) ¿Qué sabemos de la negociación de alta frecuencia?
Revista innovación y tecnología. 4(3). 48-52. Recuperado de:
https://www.bolsasymercados.es/docs/BME/docsSubidos/48-52_I_T-Art-Alta_Frecuencia.pdf
- Arenillas, C. (2012) Hombres contra maquinas: 'High Frequency Trading'. *Rev. Economía exterior.* 20(). 21-28. Recuperado de:
<http://www.carlosarenillas.es/docs/HombresContraMaquinas.pdf>
- Avellaneda, M (2011) Algorithmic and High-frequency trading: an overview. Recuperado de:
<https://www.math.nyu.edu/faculty/avellane/QuantCongressUSA2011AlgoTradingLAST.pdf>
- Barker, W & Pomeranets, A. (2011) The Growth of High-Frequency Trading: Implications for Financial Stability. *Financial System Review.* Recuperado de:
<http://www.bankofcanada.ca/wp-content/uploads/2011/12/fsr-0611-barker.pdf>
- Budish, E. Cramton, P & Shim, J (2015) The high-frequency trading arms race: frequent batch auctions as a market design response. *The Quarterly Journal Of Economics.* 130(). 1547- 1621. Recuperado de:
<http://faculty.chicagobooth.edu/eric.budish/research/HFT-FrequentBatchAuctions.pdf>
- Chakraborty, T & Kearns, M (2011) Market Making and Mean Reversion. University Pennsylvania. Recuperado de:
<https://www.cis.upenn.edu/~mkearns/papers/marketmaking.pdf>

- Dodd, R. (2010) Transacciones poco transparentes. *Revista Finanzas & Desarrollo*. 26-28.
Recuperado de:
<https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/spa/2010/03/pdf/dodd.pdf>
- Duhigg, C. (2009) Stock Traders Find Speed Pays, in Milliseconds. Recuperado de:
<http://www.nytimes.com/2009/07/24/business/24trading.html>
- Durbin, M (2010) All About HFT. McGraw Hill, New York.
- Fraga, U (2012) Trading sistemático puro, ventajas e inconvenientes. Recuperado de:
<http://www.novatostradingclub.com/formacion/trading-sistemico-puro-ventajas-e-inconvenientes/>
- Garriott, C. Pomeranets, A. Slive, J. & Thorn, T (2013) Fragmentation in Canadian Equity Markets. Financial Markets Department. 20-29 Recuperado de:
<http://www.banqueducanada.ca/wp-content/uploads/2013/11/boc-review-autumn13-garriott.pdf>
- Geiger, K.; Mamudi, S. (2014). «HFT firma una multa de \$ 1 millón para manipular Nasdaq». Bloomberg.
- Gencay, R. (2016) El trading algorítmico de alta frecuencia. [Entrevista Universidad EAFIT]. Recuperado de:
<http://www.eafit.edu.co/escuelas/economiayfinanzas/noticias-eventos/Paginas/trading-algoritmico-alta-frecuencia-ramo-gencay.aspx>
- Gillan Leader, K. O'Rourke, J. Chesnais, E. (2015) An objective look at high-frequency trading and dark pools. Recuperado de: <http://www.pwc.com/us/en/pwc-investor-resource-institute/publications/assets/pwc-high-frequency-trading-dark-pools.pdf>

- Gomber, P; Arndt, B. Lutat, M. Uhle, T. (2010) High-Frequency Trading. Recuperado de:
[https://deutscheboerse.com/blob/2534540/050b9a4c5c9a2fbd73eca72fe9c0ff73/d
ata/high-frequency-trading_de.pdf](https://deutscheboerse.com/blob/2534540/050b9a4c5c9a2fbd73eca72fe9c0ff73/d
ata/high-frequency-trading_de.pdf)
- Gomstyn, A. (2015) Getting Up to Speed on High-Frequency Trading. Recuperado de:
[https://www.thealertinvestor.com/getting-up-to-speed-on-high-frequency-
trading/](https://www.thealertinvestor.com/getting-up-to-speed-on-high-frequency-
trading/)
- Goldstein, M. Irvine, P. Kandel, E. Wiener, Z. (2002) Brokerage Commissions and
Institutional Trading Patterns. Recuperado de:
[https://pdfs.semanticscholar.org/6c86/cea2fd07e69a28a7a6671314477b2568af5e.
pdf](https://pdfs.semanticscholar.org/6c86/cea2fd07e69a28a7a6671314477b2568af5e.
pdf)
- Guzmán, S (2016) Trading Algorítmico de Alta Frecuencia. Recuperado de:
[http://www.eafit.edu.co/escuelas/economiayfinanzas/noticias-
eventos/Paginas/trading-algoritmico-de-alta-frecuencia-laboratorio-
financiero.aspx](http://www.eafit.edu.co/escuelas/economiayfinanzas/noticias-
eventos/Paginas/trading-algoritmico-de-alta-frecuencia-laboratorio-
financiero.aspx)
- Jiménez, D. (2014) Experiencia en Credicorp implementando Canales
Electrónicos. Recuperado de: [http://www.asobolsa.org/media/18733/diego-
jimenez-pdf-.pdf](http://www.asobolsa.org/media/18733/diego-
jimenez-pdf-.pdf)
- Johnson, N. Zhao, G. Hunsader, E. Qi, H. Johnson, N. Meng, J & Tivnan, B (2013) Abrupt
rise of new machine ecology beyond human response time. Scientific Reports.
2627 (). Recuperado de:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3769652/>
- Jovanovic, B., Menkveld, A.J., 2012. Middlemen in limit order markets. Working paper,
New York University

- Kearns, M. Kulesza, A. Nevmyvaka, Y. (2010) Empirical Limitations on High Frequency Trading Profitability. University of Pennsylvania Scholarly Commons. Recuperado de: http://repository.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1689&context=cis_paper
- Kervel, V & Menkveld, A. (2016) High-Frequency Trading around Large Institutional Orders. Recuperado de: <https://www.cemfi.es/ftp/pdf/papers/wshop/SSRN-id2619686.pdf>
- Lati, R. (2009) The Real Story of Trading Software Espionage, AdvancedTrading.com. Recuperado de: <http://www.informationweek.com/authors.asp>
- Marín, J. M.; Rubio, G. (2011). Antoni Bosch, ed. Economía Financiera.
- Mcgowan, M (2010) He Rise Of Computerized High Frequency Trading: Use And Controversy. Duke Law & Technology Review. (16). 1-24.
- Mejía, C.A (S/F) Indicadores de efectividad y eficacia. Recuperado de: <http://www.ceppia.com.co/Herramientas/INDICADORES/Indicadores-efectividad-eficacia.pdf>
- México Bursátil (2014) Operaciones de alta frecuencia: la supercarretera bursátil. Recuperado de: <http://www.mexicobursatil.com/supercarretera-bursatil/>
- Moosa, I & Ramiah, V. (2015) The Profitability of High-Frequency Trading: Is It for Real?. The Handbook of High Frequency Trading. Recuperado De: <https://onlinebooksconnect.elsevier.com/sites/default/files/docs/B9780128022054000026.pdf>

- OIT (2016) Guía para la evaluación de impacto. Recuperado de:
<http://guia.oitcinterfor.org/como-evaluar/como-se-analizan-eficacia-eficiencia>
- Patterson, Scott (2014). "Alta frecuencia comerciales Latour firme para pagar multa de s \$ 16 millones". El Wall Street Journal.
- Pérez Santos, V.M (2014) Robotrader: Sistema Algorítmico de trading en los Mercados Financieros. (Tesis de grado). Universidad de la Laguna, España.
- Perez E. (2011) The Speed Traders: An Insider's Look at the New High-Frequency Trading Phenomenon That is Transforming the Investing World (McGraw-Hill, New York.
- Portafolio (2014) Por crisis, el MILA ha caído 7,9 %. Recuperado de:
<http://www.portafolio.co/internacional/crisis-mila-caido-42348>
- ProRealTime Trading (2017) Acciones, ETFs, Turbos. Recuperado de:
<https://trading.prorealtime.com/es/comisiones-de-operativa>
- Preis T., Kenett D. Y., Stanley H. E., Helbing D. & Ben-Jacob E. (2012) Quantifying the behavior of stock correlations under market stress. Sci. Rep. 2, 752
- Rivera, M & Sepúlveda, A (2011) Comportamiento bursátil en Colombia durante la crisis financiera del 2008. Recuperado de:
http://www.konradlorenz.edu.co/images/publicaciones/suma_negocios_working_papers/2011-v1-n2/05-crisis-2008.pdf
- Rime D., Sarno L. & Sojli E. (2010) Exchange rate forecasting, order flow and macroeconomic information. Journal of International Economics 80, 72–88.
- Rockas, A & Tuchman, D (2015) The SEC Proposes FINRA Regulation for High-Frequency Traders. Recuperado de:

https://www.skadden.com/sites/default/files/publications/The_SEC_Proposes_FI_NRA_Regulation_for_High_Frequency_Traders.pdf

Roncallo Sarmiento, C.F (2009) Estrategias para estimular el mercado de capitales en Colombia como generador de riqueza. (Tesis de Grado). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.

Sánchez, S (2005) Pros y Contras de la Operativa Sistemática. Rev. Estrategias de inversión. (1). Recuperado de: http://www.sersansistemas.com/wp-content/uploads/2013/11/Estrategias_de_inversion_Num01_Nov05.pdf

Sánchez Monjo, M. & Pineda Martínez, A. (2013) La denominada negociación automatizada de alta frecuencia. Revista de Derecho del Mercado de Valores. 12(). 1-29. Recuperado de: [http://www.cuatrecasas.com/media_repository/docs/esp/la_denominada_negociacion_automatizada_de_alta_frecuencia_\(high_frequency_trading\)._revista_de_derecho_del_mercado_de_valores_n_12_2013_\(enero-junio\)._316.pdf](http://www.cuatrecasas.com/media_repository/docs/esp/la_denominada_negociacion_automatizada_de_alta_frecuencia_(high_frequency_trading)._revista_de_derecho_del_mercado_de_valores_n_12_2013_(enero-junio)._316.pdf)

Sandoval, C.A (2011) Desarrollo del mercado de valores: hacia mejores estándares de cumplimiento. Recuperado de: <http://www.amvcolombia.org.co/attachments/data/20110927192743.pdf>

Shorter, G & Miller, R. (2014) High-Frequency Trading: Background, Concerns, and Regulatory Developments. Congressional Research Service. Recuperado De: <https://fas.org/sgp/crs/misc/R43608.pdf>

Seth, S. (2015) The World Of High Frequency Algorithmic Trading. Recuperado de: <http://www.investopedia.com/articles/investing/091615/world-high-frequency-algorithmic-trading.asp>

SEC (2016) SEC Proposes Rule to Require Broker-Dealers Active in Off-Exchange Market to Become Members of National Securities Association. Recuperado de: <https://www.sec.gov/news/pressrelease/2015-48.html>

