

**ESTRUCTURACIÓN DE ALGORITMOS DE EJECUCIÓN PARA TRADE DE  
ALTA FRECUENCIA EN EL MERCADO DE VALORES COLOMBIANO.**

KELLY MELISSA BALLESTEROS VELASQUEZ  
MARIO ALEJANDRO MONTOYA FLÓREZ  
YEISON ANDRES CORREA CASTAÑO

Trabajo de grado para optar al título de Especialistas en Finanzas y Mercado de  
Capitales

Asesor Metodológico  
FELIPE ISAZA CUERVO Ph.D(c)

Asesor Temático  
FELIPE GOMEZ BRIDGE  
MSc in Financial Economics (MFE)

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN FINANZAS Y MERCADO DE CAPITALS  
COHORTE 23  
MEDELLÍN  
2013

## TABLA DE CONTENIDOS

LISTA DE ILUSTRACIONES.....	3
LISTA DE TABLAS .....	4
1. RESUMEN .....	5
2. GLOSARIO.....	6
3. INTRODUCCIÓN.....	7
4. ANTECEDENTES.....	9
5. OBJETIVOS.....	11
5.1. OBJETIVO GENERAL.....	11
5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	11
6. MARCO TEORICO .....	12
6.1. Tipos de negociación de activos financieros en mercados bursátiles .....	12
6.1.1. Arbitraje .....	12
6.1.2. Predicción.....	13
6.1.3. Ejecución .....	14
6.2. Algoritmos para trading .....	15
7. ANÁLISIS TÉCNICO.....	21
7.1. Análisis técnico basado en la serie de precios .....	21
7.2. Medias Móviles .....	24
7.3. Bandas Bollinger .....	27
7.4. Índice de fuerza relativa RSI.....	28
7.5. Descripción del análisis técnico aplicado a la acción de Ecopetrol.....	30
8. PROPUESTA .....	35
8.1. Planteamiento de solución para la implementación de algoritmos de ejecución para trade de alta frecuencia.....	35
9. CONCLUSIONES.....	39
BIBLIOGRAFÍA.....	41
CIBERGRAFÍA.....	42

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Bandas de Bollinger y Medias Móviles de mediano y largo plazo.....	30
Ilustración 2 Indicador RSI.....	31
Ilustración 3 Volumen de negociación .....	31

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Ranking de volumen de negociación en la BVC.....	22
Tabla 2 Canasta COLCAP vigente a Enero de 2014 .....	23
Tabla 4 Operaciones realizadas el día 17 de Enero de 2014.....	24

## 1. RESUMEN

El desarrollo de la temática se fundamenta en aplicar los conocimientos que obtuvimos en la especialización de Finanzas y Mercado de Capitales apoyándonos en un trabajo investigativo que nos permite aportar ideas innovadoras al crecimiento del mercado de valores colombiano.

Optamos inicialmente por identificar cuál de las estrategias y tipos de trading que se usan en el mercado bursátil internacional son los más adecuados para usar en el mercado colombiano con algoritmos de trading de alta frecuencia; para esto partimos de la identificación de los activos de renta variable más líquidos de la bolsa de valores de Colombia por medio de una técnica simple basada en promedios de volúmenes de negociación en un marco de tiempo específico, luego, habiendo identificado los instrumentos financieros objetivo, acudimos a nuestras anotaciones y realizamos un análisis técnico basado en los indicadores que más fueron objeto de estudio durante la especialización, medias móviles, bandas de Bollinger e índice RSI; lo cual nos permitió identificar oportunidades de trading, para así, tomar decisiones de inversión basándonos en los resultados del análisis técnico identificando las variables de entrada, el proceso ejecutado y las variables de salida que debería tener un algoritmo de trading.

## 2. GLOSARIO

**Trading:** palabra en inglés que define comerciando; en el contexto financiero hace referencia al comercio o intercambio de activos entre 2 partes, oferente y demandante.

**Trader:** palabra en inglés que define comerciante, en el contexto financiero refiere a un actor directo del mercado en cual realiza operaciones de oferta y demanda de activos.

**Algoritmos para trade:** conjunto de instrucciones que se le programan a una máquina, cuyo objetivo principal es realizar operaciones de compra y venta de activos financieros en un mercado de valores.

**Algoritmos para trade de alta frecuencia:** algoritmos para trade desarrollados con el objetivo de ejecutar en el menor tiempo posible operaciones de compra y venta de activos financieros en grandes cantidades.

**Mercado Forex:** acrónimo que define el mercado de intercambio de monedas extranjeras, en inglés, (Foreing Currencens Exchange).

### 3. INTRODUCCIÓN

Realizar operaciones de compra y venta de productos en un mercado lleva por nombre comercio; cuando los productos son valores o activos financieros como por ejemplo acciones de una compañía o títulos de deuda de una nación y el mercado es una bolsa de valores, el término usado para definir la comercialización de estos productos se denomina “trading” en inglés, comercio en español. Este término es el más usado por los expertos financieros para referirse a la comercialización de activos en un mercado de valores.

A lo largo de la historia, la evolución de los mercados de valores ha crecido en grandes proporciones, hoy podemos ver en los medios de comunicación que se habla constantemente de activos financieros, lo cuales son instrumentos que permiten medirle el pulso a una economía y su valor se establece acorde a las operaciones de compra y venta que se realizan en un mercado de valores específico.

Se denominan comerciantes a los actores que tienen acceso directo al mercado para efectuar operaciones de compra o venta de activos financieros, en inglés traders, estas personas deben realizar estudios que les permitan identificar cual va a ser el precio del activo financiero en el cual están interesados con el objetivo de identificar una oportunidad para la negociación de activos financieros y realizar una compra o venta de acuerdo a su estrategia de inversión en el mercado, minimizando al máximo los costos de operación y los riesgos asociados a la pérdida de dinero.

Las tecnologías de la información y la comunicación TIC's han sido un factor determinante en los mercados de valores; en pocos años se pasó de realizar operaciones con papel y lápiz, las cuales debido a su manualidad y riesgos, los traders debían estar ubicados en un mismo punto geográfico, a realizar operaciones de manera electrónica en sistemas computacionales que ayudaron a

mejorar la competitividad en los mercados globales y de esta manera eliminar la barrera de la ubicación geográfica para los actores de mercados.

Hoy en día se escucha de grandes mercados de valores, a nivel internacional los más mencionados son en Estados Unidos, el NYSE (*New York Stock Exchange*) y Nasdaq (*National Association of Securities Dealers Automated Quotation*), dos de los mercados de valores más importantes del mundo por su desarrollo y sus altos volúmenes de negociación. Estos mercados se mantienen a la vanguardia en tecnologías de la información y la comunicación, hoy por hoy se puede ver como los traders realizan operaciones de compra y venta de activos de manera directa, ingresando ordenes en un sistema computacional para cada mercado, apoyándose en herramientas informáticas que les permiten operar con un margen más amplio al que humanamente es posible, es decir, en un mercado desarrollado pueden existir más de mil tipos acciones de diferentes emisores, humanamente no es posible hacer un seguimiento segundo a segundo del comportamiento de cada uno de estos activos para encontrar oportunidades de compra o venta de activos analizando variables como tendencias y datos históricos de precio y volúmenes de negociación; es por lo anterior que se opta por utilizar tecnologías de la información y la comunicación para hacer frente a este tipo de situaciones.

Este informe le permitirá conocer al lector los principales aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de implementar tecnologías de la información y la comunicación que permiten el desarrollo de herramientas como algoritmos para trading de alta frecuencia, los cuales hacen posible realizar un seguimiento detallado del comportamiento de todo un mercado e incluso entre varios mercados y en unidades de tiempo mínimas lo que permite encontrar oportunidades de negociación para mejorar la rentabilidad de activos financieros en una posición específica.



#### **4. ANTECEDENTES**

Los algoritmos de ejecución para trading se plantean desde el mismo momento en que se comenzaron a usar tecnologías de la información y la comunicación en los mercados bursátiles, los agentes de mercado buscando la necesidad de automatizar procesos y aumentar la rentabilidad disminuyendo costos, formaron equipos de trabajo interdisciplinarios y muy costosos, con el objetivo de buscar una solución que les permitiera actuar en el mercado de una manera eficiente, rápida y segura; hoy en día la innovación con estas herramientas continúa, existen equipos que se conforman por profesionales en matemáticas, estadística, ingeniería financiera, sistemas de información entre otros, en cuya función se les delegan tareas que van desde el diseño del algoritmo hasta la implementación, capacitación y ejecución del mismo.

El desarrollo y uso de los algoritmos de ejecución para trade no solo está a cargo de los actores que tienen acceso directo al mercado, es común ver como particulares desarrollan pequeñas y eficientes estrategias de negociación con algoritmos para trade en mercados como Forex, sin embargo hoy en día no es común ver que un proveedor de servicios de tecnología ofrezca soluciones en estas herramientas de manera genérica y directa. Al tratarse de un tema el cual se desarrolla bajo alta confidencialidad, su evolución es significativa pero en función de las necesidades particulares de cada demandante.

A nivel internacional los mercados no desconocen que el uso de estas herramientas es cada vez más frecuente, toda vez que ninguna compañía confirma su uso pero a su vez no se manifiestan en contra de la utilización. En Colombia el mercado bursátil aún no alcanza cifras de negociación en precio y volumen que pueda permitir clasificarlo como un mercado desarrollado, sin

embargo, el crecimiento de los últimos años ha llevado a plantear necesidades de uso de algoritmos de trade de alta frecuencia.

Empresas de la talla de Grupo Bancolombia comienzan a dar pasos, inquietando a sus clientes y al mercado, dejando plasmado en la publicación del mes de marzo del año 2013, de la revista Capital inteligente a cargo del equipo de mercado de capitales de esta compañía, un artículo sobre algoritmos para trade llamado “Trading por algoritmos, ¿una nueva fuente de ingresos?” en este se plantea la definición del tema y cita fuentes como la agencia de noticias estadounidense *The New York Times* y la empresa especializada en investigación de trading electrónico TABB GROUP, donde afirman que “En Estados Unidos el 82% de las firmas comisionistas hace algún tipo de trading por algoritmos” (*Rendón, 2013*), además, menciona que estas operaciones “mueven cerca del 73% del volumen diario negociado.” Adicionalmente, por medio de entrevistas a los principales agentes del mercado colombiano, la publicación cita al presidente de la bolsa de valores, quien manifiesta que el mercado bursátil Colombiano ya está preparado para el uso de estas herramientas y que la entrada de inversionistas extranjeros genera una sana presión para desarrollar cada vez mejores y más ágiles tecnologías permitiendo así el mejoramiento de la infraestructura del mercado.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. OBJETIVO GENERAL**

Identificar los aspectos de orden funcional que deben tenerse como insumo para la implementación de algoritmos de ejecución para trading de alta frecuencia en el mercado bursátil colombiano.

### **5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Describir cuales son los principales tipos de trading de activos más usados en los mercados bursátiles, identificando sus objetivos y aspectos más relevantes.
- Especificar como se elabora un análisis técnico basado en medias móviles, bandas de Bollinger y el indicador RSI para identificar oportunidades de negociación.
- Exponer como a partir de las tecnologías de la información y la comunicación en conjunto con la definición de aspectos financieros de inversión en mercados bursátiles, pueden implementarse algoritmos que al ejecutarse de manera masiva en instantes cortos de tiempo, permitan aprovechar oportunidades de inversión en el mercado de valores colombiano

## **6. MARCO TEORICO**

### **6.1. Tipos de negociación de activos financieros en mercados bursátiles**

La negociación de activos financieros en el mercado bursátil no está regida por una teoría y una clasificación que sea estándar en los mercados de valores; cada actor de mercado desarrolla su propia estrategia basado en fundamentos estadísticos y financieros.

Entre los tipos de negociación cuyos objetivos son los más comúnmente utilizados están:

#### **6.1.1. Arbitraje**

En términos financieros, el arbitraje es un tipo de trade de activos que consiste en la negociación casi simultánea de un mismo activo financiero en dos o más mercados bursátiles, aprovechando las diferencias que se producen en sus cotizaciones por el movimiento de dicho mercado.

Se dice que la negociación es casi simultánea dado que el arbitrajista, quién es la persona que ejecuta el arbitraje, realiza una serie de procedimientos que le permiten identificar una o varias oportunidades de negociación con un mismo activo en dos o más mercados, evidenciando una diferencia en precio comúnmente denominada ineficiencia, la cual tiende a desaparecer con este tipo de operaciones. El objetivo de arbitrar es que le permita al trader arbitrajista, comprar a un precio barato y vender a un precio caro casi que de inmediato, es decir, realiza la operación de compra y de inmediato cuando adquiere su posición, realiza su operación de venta con el objetivo de ganarse la diferencia en el precio.

También se puede presentar arbitraje cuando se vende una posición a un precio caro e inmediatamente se vuelve a comprar a un precio más barato. La razón por la cual se realiza casi de inmediato es para evitar que el precio tenga una variación que pueda exponer a riesgo de pérdida de dinero al arbitrajista con su posición.

Si bien el arbitraje se fundamenta en la negociación de un activo financiero en dos o más mercados bursátiles en un mismo país, esto no quiere decir, que en Colombia, no se puedan presentar este tipo de negociaciones dado que solo hay un mercado de valores. En el mercado local colombiano existen especies o activos financieros que de acuerdo a su composición y definición permiten realizar en un mismo mercado, técnicas de arbitraje, por ejemplo la acción ordinaria del grupo Aval es posible convertirla a preferencial de acuerdo a una “autorización otorgada para el efecto por la Asamblea General Extraordinaria de Accionistas, en acta, del día 7 de diciembre de 2010 y por los Estatutos Sociales de Grupo Aval.<sup>1</sup>” La conversión puede realizarse una a una, es decir, una ordinaria por una preferencial; por lo cual, cuando el mercado colombiano marca un precio en la ordinaria por debajo del precio de la preferencial, el arbitrajista podría adquirir una posición en ordinarias y venderlas como preferenciales, obteniendo ganancias por la diferencia en precio pero sin descuidar el costo operativo.

### **6.1.2. Predicción**

Los tipos de negociación basados en predicción tratan de especular, adivinar o apostar al comportamiento o movimiento de los activos financieros, ligados a

---

<sup>1</sup> Grupo Aval Acciones y Valores S.A., Inversionistas, Preguntas Frecuentes, 2013. [Citado el: 02 de septiembre de 2013.]

[https://www.grupoaval.com/pls/portal/docs/PAGE/GAVAL/CONTENIDOS/NO\\_ADMIN/POP\\_UPS/INVERSIONISTAS/preguntas\\_frecuentes.html#ancla](https://www.grupoaval.com/pls/portal/docs/PAGE/GAVAL/CONTENIDOS/NO_ADMIN/POP_UPS/INVERSIONISTAS/preguntas_frecuentes.html#ancla)

eventos particulares, series históricas y parámetros del mercado. Estos tipos de negociación pueden ser tan precisos como otras técnicas avanzadas, donde la inversión de tiempo y de dinero ha sido muy alta. Las técnicas de predicción pueden implementarse de forma empírica, como también realizando estudios de modelos estadísticos y matemáticos que cuentan con un histórico de datos y con las variables adecuadas donde puede encontrar un modelo con un grado de confiabilidad determinado por un experto.

Las predicciones ayudan en la toma de decisiones en diferentes áreas del mercado, rentabilidad de activos financieros, tasas de cambio, volatilidad, demanda, oferta, etc. Este tipo de negociación requiere de un conocimiento y la capacidad de previsión para que exista una precisión en la predicción. Las predicciones se realizan con mayor facilidad en los mercados desarrollados debido al comportamiento de los activos; para que la predicción se realice, es necesario que los precios de tales activos presenten variaciones en el tiempo, asimismo, que el mercado no esté en condiciones de autorregularse.

### **6.1.3. Ejecución**

El tipo de trade de ejecución refiere a la manera en la cual un trader ejecuta órdenes de compra o venta en un mercado bursátil, basado en la identificación de oportunidades de negociación acorde al comportamiento en línea de la cotización de uno o varios activos, es decir, el trader realiza un estudio basado principalmente en análisis técnico y cuantitativo que le permite hacer un seguimiento detallado del precio de un instrumento en el cual desea invertir. Por medio de métodos estadísticos puede establecer si el precio que marca la especie en determinado momento tiene una tendencia alcista o bajista y en ese mismo instante de tiempo, cuando identifica la oportunidad, lanza al mercado una orden de compra o venta al precio marcado de acuerdo a su posición.

Para la toma de decisiones con este tipo de negociación se hace necesario analizar a fondo cada especie, pues además de tener datos históricos y diagramas que permitan evidenciar tendencias en los datos, se requiere contar con un buen análisis fundamental ya que podrían presentarse variaciones en el precio por fuera de las tendencias asociadas a aspectos económicos del mercado que puedan dar una materialización de riesgo asociado a la pérdida de dinero.

## **6.2. Algoritmos para trading**

Se entiende como negociación algorítmica, el intercambio de valores (principalmente acciones) mediante algoritmos diseñados por traders con características específicas (dependiendo del objetivo que se tenga con la negociación) en el mercado bursátil. Estos algoritmos tienen como objetivo, estudiar el comportamiento del mercado, sus tendencias y su historia para ejecutar automáticamente en cuestión de milisegundos órdenes de compra y venta de activos con el objetivo de obtener rentabilidad; también buscan eliminar la parte emocional de las decisiones de inversión evitando en mayor medida la intervención de personas.

Los mercados desarrollados destinan gran parte de su presupuesto en el desarrollo de los algoritmos para trading, es por esto que realizan la contratación de profesionales de amplio conocimiento estadístico-matemático para que generen algoritmos de diferentes modalidades enfocados en aumentar la rentabilidad esperada disminuyendo los costos de operación y mitigando los riesgos a los que se ven expuestos.

La comisión Europea quien es el ente regulador de los mercados bursátiles de la unión europea define la negociación de valores por medio de algoritmos como “negociación de instrumentos financieros en la que un algoritmo informático

determina automáticamente los distintos parámetros de las órdenes con limitada o nula intervención humana” (Ferber, 2012)

Uno de los pioneros en el desarrollo e investigación de esta tecnología fue Herbert Marshall McLuhan, quien define los algoritmos de trading como “la negociación basada en algoritmos donde computadores se conectan directamente con las plataformas computacionales disponibles por las Bolsas de Valores, ingresando órdenes de compra y venta con la supervisión de un trader, quien establece los parámetros y objetivos que desea cumplir con la negociación basada en Algoritmos de trade” (Araya, 2012).

A lo largo de la historia, la investigación de este tema ha conseguido clasificarlos en cuatro generaciones de algoritmos:

- Primera Generación: Se enfoca en “Benchmarks” o modelos a seguir, se basan en información de mercado y son independientes del libro de órdenes. Esta generación tiene tres representantes:
  - i. Participation Rate Algorithms: Algoritmos de tasa de participación, son utilizados para ingresar órdenes de compra y venta al mercado de manera aleatoria con el objetivo de asegurar la participación en cierto activo financiero de acuerdo a una tasa, sin ser detectado en el mercado.
  - ii. Time Weighted Average Price (*TWAP*) Algorithms: Algoritmos de tiempo ponderado y precio promedio, se usan para dividir una orden grande en órdenes más pequeñas y las envía al mercado en intervalos de tiempo regulares de acuerdo a lo que haya definido el trader en cuanto al precio.
  - iii. Volume Weighted Average Price (*VWAP*) Algorithms: “Algoritmos de volumen ponderado y precio promedio, su funcionalidad consiste en utilizar una referencia de un activo financiero como su Benchmark con el objetivo de mejorar el precio ponderado de este basándose en



los volúmenes históricos de negociación y así calibrar el tamaño de la orden, de acuerdo a los patrones de comportamiento del activo” (Araya, 2012).

- Segunda Generación: Define un “*Benchmark*” basado en la orden individual ingresada en el sistema con el fin manejar el impacto en el mercado y el riesgo que produce el tiempo de ejecución de las órdenes.
- Tercera Generación: Adapta la ejecución de la orden de compra o venta a las condiciones actuales del mercado.
- Cuarta Generación: Considera los algoritmos basados en la información no estructurada provista por las agencias de noticias y otras fuentes de información con el fin de determinar el impacto de la misma sobre el mercado.

Posterior a la cuarta generación, se han desarrollado tecnologías como los algoritmos de alta frecuencia, estos son conocidos como HFT por su nombre en inglés (*High Frequency Trading*), mediante la aplicación de estos algoritmos se busca obtener bajas ganancias en altos volúmenes de operaciones con el fin de potencializar la utilidad. La comisión Europea los define como “un sistema de negociación que analiza a gran velocidad datos o señales del mercado y lanza o actualiza, como reacción a dicho análisis, un gran número de órdenes en un período de tiempo muy corto” (Ferber, 2012). Este tipo de algoritmos son utilizados como herramientas que permiten llevar a cabo estrategias de negociación basadas en los métodos tradicionales para predecir valores de activos y buscar diferencias de precios de un mismo activo en diferentes mercados. Los HFT disminuyen los márgenes entre el precio de compra y venta de un activo financiero, inyectan liquidez al mercado y aumentan la profundidad del mismo; a estos se les asocia un alto riesgo de mercado ya que puede mostrar falsos volúmenes de órdenes, que pudieron ser manipulados con un objetivo específico y hacer que el inversionista tome decisiones erradas, aumentando la probabilidad de pérdida en su inversión.

Los algoritmos de alta frecuencia también buscan obtener un beneficio económico mediante la búsqueda de oportunidades de inversión en periodos muy cortos de tiempo; estas oportunidades pueden tener dos enfoques: el primero consiste en disminuir el margen en el precio de compra/venta de un activo financiero y el segundo enfoque consiste en aprovechar las oportunidades de arbitraje cuando en diferentes mercados se presentan diferencias en los precios para un mismo activo financiero.

Los principales operadores de los algoritmos HFT se caracterizan por hacer negociaciones en posición propia, es decir, negociaciones que obedecen a la estrategia como tal de la entidad, y no mediante un contrato de comisión con terceros.

Durante el desarrollo generacional de los algoritmos para trading, se han desarrollado estrategias de negociación que han permitido mezclar diferentes tipos de algoritmos con el objetivo de mejorar la eficiencia; es así como los principales actores de mercado ha elaborado y publicado propuestas como:

Trading de guerrilla: Se fundamenta en la definición de la palabra “guerrillas”, realizando ataques al mercado bursátil ingresando ordenes de negociación durante un tiempo determinado tratando de obtener beneficios como resultado de dicho ataque con la menor exposición posible al riesgo y la mayor cantidad de transacciones posibles.

El comercio de guerrilla se identifica por tener las siguientes características:

- Un gran número de órdenes cuando se presentan hechos económicos importantes: ante eventualidades de orden fundamental donde el mercado es impactado, los comerciantes de guerrilla aprovechan para atacar el mercado con una mayor cantidad de órdenes aprovechando el momento de cambio.

- Alta experticia en análisis técnico: Debido a su enfoque a corto plazo, los comerciantes de guerrilla son expertos en todo tipo gráficos, se apalancan en la estadística con el objetivo de evaluar tendencias en identificar oportunidades de negociación.
- Pequeñas ganancias, pequeñas pérdidas: dado que el comerciante de guerrilla no se expone mucho al riesgo, su operación se fundamenta en obtener pequeñas ganancias en cada ataque lo que a su vez le traduce pequeñas pérdidas ante eventualidades de las especies.
- Corto plazo de negociación, el trader de guerrilla ataca al mercado en plazos muy cortos de tiempo tratando de obtener el mayor beneficio posible.
- Alta dependencia de las bajas comisiones: Debido a su enfoque de atacar al máximo una oportunidad con un gran número de órdenes, el comercio de guerrilla tiene una muy alta dependencia de negociación con activos de alta liquidez y con comisiones bajas.

Siendo la estrategia más utilizada, el trading de guerrilla no se enfoca en una única técnica, cada trader enfoca su estrategia con la técnica que más le parece adecuada, apoyándose en un análisis técnico que le permita tomar decisiones de inversión.

- Trading sniper: su enfoque se fundamenta en desarrollar estrategias que aseguren la participación de una posición en un activo financiero en específico.
- Ordenes de trade iceberg: se fundamentan en sacar al mercado órdenes que solo muestren una mínima parte del volumen que se pretende negociar y solo mostrar el volumen completo cuando se encuentre la oportunidad de negociación.
- Trading stealth: desarrollado por Deutsche Bank tiene como objetivo buscar oportunidades de arbitraje cuando se detectan Fuentes de alta liquidez

Con la implementación de algoritmos para trading, los diferentes actores de mercado encontraron nuevas necesidades cada vez más ambiciosas, ahora no solo se trata de que una máquina sea capaz de identificar señales para tomar decisiones de negociación de activos financieros, sino también, que sean capaces de llevar a cabo múltiples análisis en variados mercados con diferentes activos, para así contar con un margen más amplio y cada vez más y mejores oportunidades para generar utilidad. Esto llevó al desarrollo de un nuevo concepto llamado algoritmos para trading de alta frecuencia, por su nombre en inglés (*High Frequency Trading*), estos utilizan el tiempo como su principal aliado teniendo como objetivo fundamental, ejecutar en unidades de tiempo muy pequeñas un alto número de operaciones buscando potencializar la utilidad y basándose en estrategias y tipos de trading.

La comisión Europea define los algoritmos HFT como “un sistema de negociación que analiza a gran velocidad datos o señales del mercado y lanza o actualiza, como reacción a dicho análisis, un gran número de órdenes en un período de tiempo muy corto” (*Ferber, 2012*). Este tipo de algoritmos son utilizados como herramientas que permiten llevar a cabo estrategias de negociación basadas en los métodos tradicionales para participar en el mercado bursátil. Los algoritmos HFT disminuyen los márgenes entre el precio de compra y venta de un activo financiero, inyectan liquidez al mercado, aumentan la profundidad del mismo atrayendo así mayor inversión; a estos se les asocia un alto riesgo de mercado ya que puede mostrar falsos volúmenes de órdenes, que pudieron ser manipulados con un objetivo específico y hacer que el inversionista tome decisiones erradas, aumentando la probabilidad de pérdida en su inversión.

## 7. ANÁLISIS TÉCNICO

### 7.1. Análisis técnico basado en la serie de precios

Los algoritmos para trading son utilizados en activos que representan una mayor liquidez en el mercado. La liquidez es quizás la faceta en la que hay unanimidad entre los investigadores sobre su relación positiva con los algoritmos para trading de alta frecuencia (*Hendershott, Jones y Menkveld, 2011*). En el caso de la bolsa de valores de Colombia se convierte en una razón de mucho peso para tomar una posición a favor de los algoritmos para trading de alta frecuencia para el mercado colombiano, en la medida en que baje la liquidez ha sido históricamente un impedimento para el desarrollo de mercados emergentes como el nuestro (*Agudelo, 2010*).

Los algoritmos para trading son utilizados en activos que representan una mayor liquidez en el mercado, para este caso, analizaremos la acción que representa mayor liquidez en el mercado colombiano.

Realizando un análisis del volumen de negociación, número de operaciones realizadas diariamente en la BVC (*Bolsa de Valores de Colombia*) y nivel de ponderación de las acciones en el índice COLCAP<sup>2</sup>, se decide tomar como caso de estudio la acción de Ecopetrol.

La acción de Ecopetrol en el mercado colombiano es clasificada como un instrumento de alta liquidez por el volumen de negociación que maneja en el mercado bursátil. La acción de Ecopetrol, al ser un activo altamente atractivo para el inversionista, maneja una gran cantidad de oferentes y demandantes en el mercado de valores y diariamente hay una gran cantidad de operaciones

---

<sup>2</sup> COLCAP es un indicador que refleja las variaciones de los precios de las 20 acciones más líquidas de la BVC, donde el valor de la capitalización bursátil ajustada de cada compañía, determina su nivel de ponderación

transadas. Esta liquidez facilita la aplicación de los algoritmos de alta frecuencia y ayuda a obtener señales eficientes de compra y venta de títulos en el mercado de valores.

A continuación se describirán los criterios por los cuales se seleccionó la acción de Ecopetrol

- Realizando un promedio de los volúmenes de negociación de las acciones colombianas durante el último año (periodo comprendido entre, 18 de septiembre de 2012 y 18 de septiembre de 2013), encontramos la siguiente información:

**Tabla 1 Ranking de volumen de negociación en la BVC**

<b>RANKING</b>	<b>ESPECIE</b>	<b>PROMEDIO DE VOLUMEN DE NEGOCIACION (\$) ULTIMO AÑO</b>
<b>1</b>	ECOPETROL	\$ 32,863,133,525
<b>2</b>	PREC	\$ 18,185,934,387
<b>3</b>	PFBCOLOM	\$ 13,172,011,525

Fuente: Tomado de Bloomberg

La tabla nos muestra que la acción de Ecopetrol es el primer instrumento financiero más transado en el mercado colombiano

- Al analizar la composición y ponderación del índice COLCAP vigente a la fecha (noviembre de 2013 – enero de 2014), encontramos que esta misma especie tiene una participación del 19.965% siendo la acción más importante dentro del índice.

Tabla 2 Canasta COLCAP vigente a Enero de 2014

<b>CANASTA COLCAP</b>	
<b>Nov. 2013 - Ene.2014</b>	
<b>NEMOTÉCNICO</b>	<b>PARTICIPACIÓN</b>
ECOPETROL	19.965%
PFGRUPSURA	11.926%
PFBCOLOM	10.626%
GRUPOARGOS	10.062%
NUTRESA	6.569%
CEMARGOS	6.402%
EXITO	5.536%
PREC	4.460%
ISA	3.698%
CORFICOLCF	3.208%
BOGOTA	2.614%
ISAGEN	2.506%
CELSIA	2.407%
PFDVVNDA	2.363%
EEB	2.285%
PFAVAL	2.126%
CLH	1.896%
PFAVH	0.488%
CNEC	0.437%
PMGC	0.426%

Fuente: Tomado de Bolsa de Valores de Colombia

- Por último se analizó el número de operaciones realizadas en los sistemas transaccionales de la BVC (se toma la información registrada para el día 17 de enero de 2014) y se encontró que ECOPETROL es la acción que mayor número de operaciones registra diariamente.

Tabla 3 Operaciones realizadas el día 17 de Enero de 2014

Especies Canasta EQTY (1)	Liquidez	Cantidad No Acciones	Numero de Operaciones	Monto Millones \$
<b>ECOPETROL</b>	<b>ALTA (HIGH)</b>	<b>7,541,677</b>	<b>430</b>	<b>\$ 26,544</b>
PFAVH	ALTA (HIGH)	383,818	84	\$ 1,696
PREC	ALTA (HIGH)	83,705	72	\$ 2,695

Fuente: Tomado de Bolsa de Valores de Colombia

Por lo anterior se elige la acción de Ecopetrol como caso de estudio con el fin de aplicar un análisis técnico utilizando medias móviles, bandas Bollinger y el indicador RSI y de esta manera definir señales de compra y venta de la acción. Una vez se identifican estas señales, se procede a describir la manera cómo un algoritmo de alta frecuencia se utiliza en la ejecución de una orden a mercado.

Las herramientas implementadas en el análisis técnico de la acción de Ecopetrol (medias móviles, bandas Bollinger y el indicador RSI), se eligieron dado que fueron objeto de estudio durante la especialización, y en su conjunto constituyen un complemento importante para determinar tendencias y tomar posiciones oportunas en el mercado de valores.

Hay que tener en cuenta que estos indicadores analizados de manera individual no constituyen una herramienta eficaz para la toma de decisiones en el mercado de valores, es por ello que el desarrollo de este análisis está conformado por estos 3 indicadores que es su conjunto muestran señales de negociación consistentes en el mercado de valores colombiano.

## 7.2. Medias Móviles

Las medias móviles hacen parte de uno de los indicadores más simples y populares del análisis técnico, y al ser complementado con el análisis de volumen



de precios y demás indicadores del mercado de valores, constituye una herramienta eficaz en la toma de decisiones de inversión.

Una media móvil simple es el promedio de un conjunto de datos (precios, volúmenes, etc.) para un periodo determinado (n días), que se debe mantener constante en el cálculo.

La media móvil simple tiene dos características importantes que se deben considerar al momento de analizar el comportamiento de un activo financiero:

- Solo tiene en cuenta un periodo determinado de tiempo, por lo cual se estaría dejando por fuera los datos anteriores.
- Las medias móviles simples le dan el mismo nivel de ponderación a todas las cotizaciones que se presenten durante el periodo. Hay que tener en cuenta que existen analistas del mercado de valores que opinan que los últimos datos deben tener mayor importancia dentro del análisis del comportamiento del precio del activo financiero.

Existen medias móviles de corto, mediano y largo plazo. El análisis de las medias móviles de largo plazo arrojarán resultados mucho más consistentes y fuertes para determinar una tendencia, mientras que el análisis de las medias móviles de corto plazo se verán afectadas por la volatilidad que presentan los datos, por lo tanto su análisis se deberá complementar con el estudio de otros indicadores con el fin de determinar un cambio de tendencia.

Las medias móviles se interpretan de la siguiente manera: Cuando el precio rompe la media móvil de arriba hacia abajo se constituye una señal de venta y cuando el precio rompe la media móvil de abajo hacia arriba se constituye una señal de compra.

Cuando se presenta una señal de venta, al inversionista le conviene que el precio baje con el fin de haber liquidado su posición a un buen precio, cuando se

presenta señal de compra al inversionista le conviene que el precio suba con el fin de beneficiarse de la valorización de la acción.

Para el caso de estudio de la acción de Ecopetrol se realizó el cálculo de las medias móviles para dos periodos de tiempo, uno de mediano plazo (30 días) y uno de largo plazo (200 días). Se eligieron estos periodos por dos razones: primero, la acción de Ecopetrol no es instrumento altamente volátil, por lo tanto, una media móvil de más corto plazo (10 o 15 periodos) no sería relevante ya que hay menos posibilidad de que el precio de la acción toque la media móvil mostrando señales de compra o venta y, la segunda razón, hace referencia a la media móvil de 200 días cuyo indicador es ampliamente útil para el análisis de soportes y resistencias en el precio de la acción y se convierte en un foco de comparación para la media móvil de mediano plazo.

El cálculo se aplicó a la serie de precios de la acción en la herramienta Excel de Microsoft Office. Se tomaron en cuenta los precios de la acción registrados durante los últimos tres años y se calculó un promedio simple de los precios para los periodos anteriormente mencionados utilizando la siguiente fórmula:

#### **Media Móvil Simple de 30 Días**

$$\frac{\sum_{i=1}^{30} \text{Precio de cierre de la acción}_i}{30}$$

#### **Media Móvil Simple de 200 Días**

$$\frac{\sum_{i=1}^{200} \text{Precio de cierre de la acción}_i}{200}$$

La media móvil de 30 días por ejemplo se obtuvo sumando los 30 últimos precios registrados dividido sobre 30. Al día siguiente se deberá calcular el promedio tomando en cuenta el último precio registrado por la acción pero manteniendo constante el periodo de 30 días.

Luego de realizado el cálculo se procede a graficar la serie de precios de la acción junto con las dos medias móviles definidas con el objetivo de identificar señales de compra y venta.

### **7.3. Bandas Bollinger**

Esta técnica fue desarrollada por John Bollinger y su cálculo está basado en el promedio de los precios del activo financiero para un periodo determinado, a cuyo valor se le suma y se le resta dos veces la desviación estándar de los precios calculada sobre el mismo periodo de tiempo.

Las desviación estándar es un indicador de la volatilidad de un activo financiero, a mayor volatilidad mayor dispersión hay en los precios, es decir, hay un margen mayor entre el precio más alto y el precio más bajo registrado en 1 día; mientras que cuando la volatilidad es baja es porque hay una mejor formación de precios y el margen entre el precio de oferta y demanda es muy bajo.

La interpretación de las bandas de Bollinger consiste en que el precio del activo financiero tiende a moverse entre la zona delimitada por la banda superior e inferior. El espacio entre las bandas puede ser ancho o angosto dependiendo de la volatilidad del activo financiero. A mayor volatilidad mayor es el espacio entre las bandas y a menor volatilidad, menor es el espacio entre las bandas.

Si la amplitud entre las bandas es inferior a lo observado anteriormente significa que se aproxima un movimiento fuerte en los precios del activo financiero.

Cuando el precio sobrepasa la banda superior es una señal de que el activo está sobrecomprado y cuando sobrepasa la banda inferior es señal de que el activo

esta sobrevendido. Las bandas de Bollinger suelen calcularse con una memoria de 15, 20 o 25 periodos<sup>3</sup>. Para nuestro caso utilizaremos 20 días.

El cálculo de las bandas de Bollinger para la acción de Ecopetrol se realizó en Excel utilizando la siguiente fórmula:

### **Bandas de Bollinger para un periodo de tiempo de 20 días**

Bandas de Bollinger = Promedio de los precios  $\pm$  2 Desviación estándar donde,

$$\text{Promedio de Precios} = \frac{\sum_{i=1}^{20} \text{Precio de cierre}}{20}$$

La desviación estándar se calculó utilizando la formula estadística de Excel denominada DESVEST.

En la herramienta Excel se realizó el cálculo el promedio del precio para los últimos 20 días, luego se calculó la desviación estándar para el mismo periodo de tiempo y finalmente a cada promedio calculado se le suma y se le resta dos veces la desviación estándar. Tras el cálculo se realiza el grafico de los precios junto con las bandas y se definen las señales de compra y venta.

## **7.4. Índice de fuerza relativa RSI**

El índice RSI (*Relative strenght index o índice de fuerza relativa*) es un oscilador normalizado los cuales son líneas que tienen un movimiento horizontal y se ubican en la parte inferior y superior del gráfico del índice RSI, están líneas constituyen puntos críticos para la toma de decisiones de inversión; son utilizadas para su cálculo las variaciones en los precios durante un periodo determinado. Se

---

<sup>3</sup> Estrategias de Inversión., Cursos, Bandas Bollinger 2010. [Citado el: 15 de diciembre de 2013.] <http://www.estrategiasdeinversion.cl/wp-content/uploads/2010/05/Lecci%C3%B3n-5.-An%C3%A1lisis-T%C3%A9cnico.-Bandas-de-Bollinger.pdf>

considera un índice normalizado por lo que su escala de resultados se encuentra ubicada entre 0 y 100.

Este índice está compuesto por dos líneas fijas horizontales que por lo general corresponde a los valores de 30 y 70, los cuales definen si el activo financiero esta sobrecomprado o sobrevendido (70 para sobrecompra y 30 para sobreventa).

La estrategia consiste en vender cuando el índice sobrepase el limite se sobrecompra y comprar cuando el RSI sobrepase el límite de sobreventa.

La fórmula matemática que define el RSI es la siguiente:

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + RS}$$

- RS: Promedio de ganancia/Promedio pérdida

Este índice fue desarrollado por J. Welles Wilder y en sus primeros cálculos utilizó un periodo de 14 días para el cálculo del promedio de las variaciones en el precio del activo, por lo cual, fue éste el periodo definido en el trabajo para el cálculo del índice RSI aplicado a la serie de precios de la acción Ecopetrol.

El cálculo del RSI se realizó en Excel y se tomó la serie de precios de la acción de Ecopetrol correspondiente al último año. Luego se calcularon las variaciones diarias en los precios de la acción y después se calculó el promedio de las variaciones para los últimos 14 días. Finalmente se aplicó la fórmula matemática del RSI y se graficó el resultado obtenido.

## 7.5. Descripción del análisis técnico aplicado a la acción de Ecopetrol

Realizando un análisis conjunto de las técnicas utilizadas para el estudio del comportamiento del precio de la acción de Ecopetrol, podemos identificar señales de compra y venta del activo financiero que se convierten en oportunidades para obtener rendimientos significativos en el mercado de valores colombiano.

Para el desarrollo del análisis técnico se utilizó la serie de precios de la acción de Ecopetrol para los últimos 3 años pero solo se identificarán las señales de compra y venta del activo para el periodo comprendido entre el 10 de Septiembre del 2012 y el 19 de Septiembre del 2013 (se toma una imagen de la gráfica a un año). Luego de haber realizado el cálculo de indicadores como se describió al inicio del presente capítulo, se procedió a identificar señales consistentes donde los 3 indicadores analizados de manera conjunta, ratificaban la posición definida en el activo.

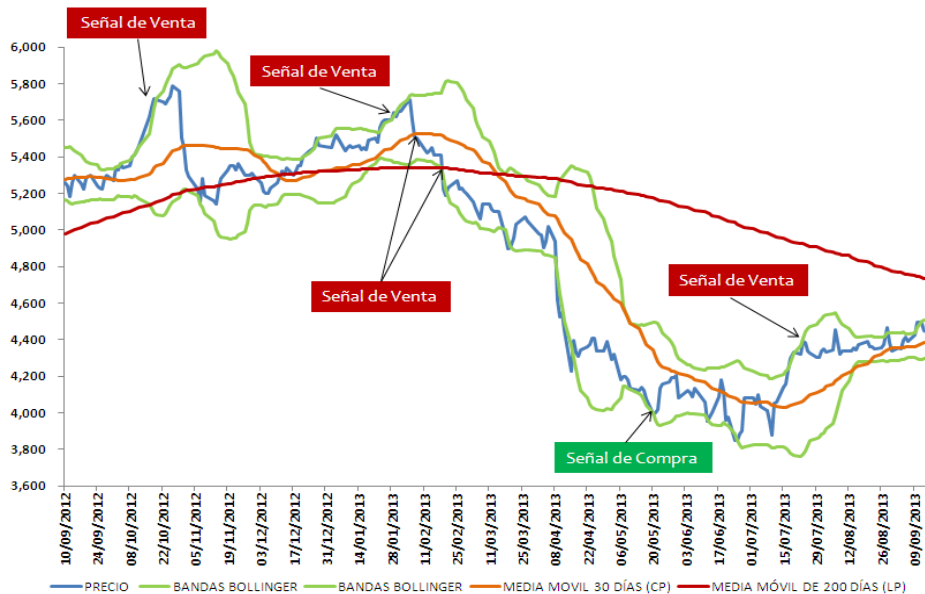
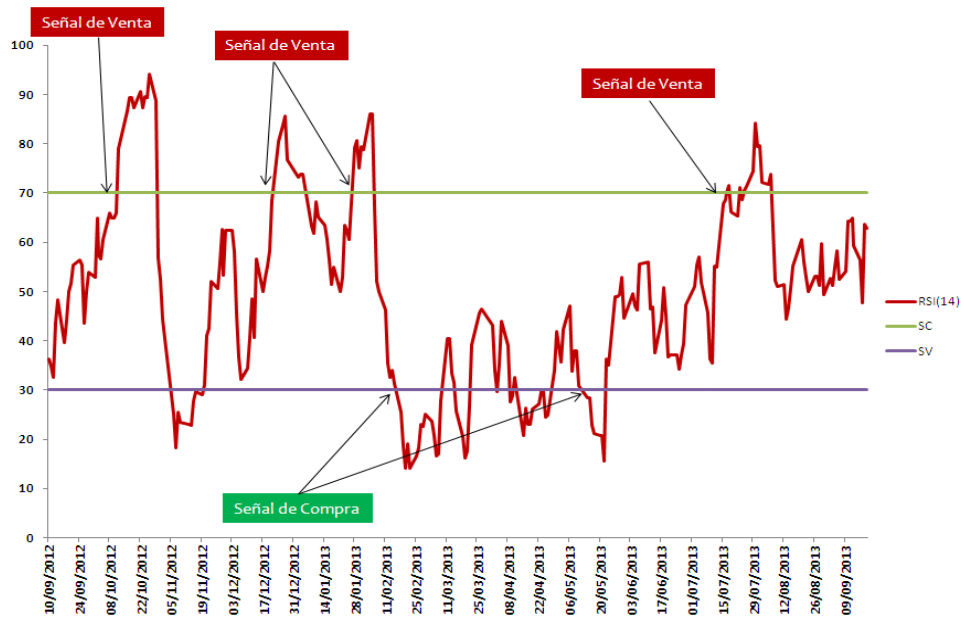


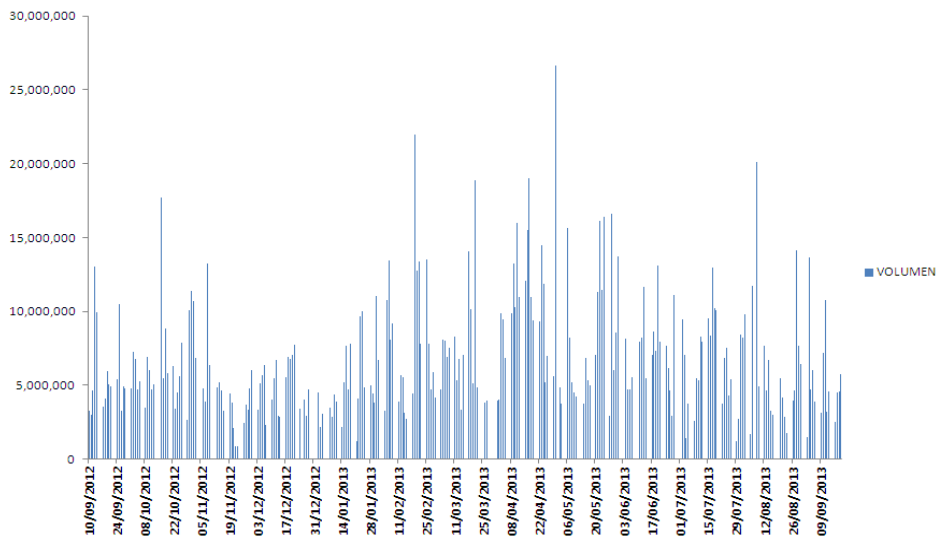
Ilustración 1 Bandas de Bollinger y Medias Móviles de mediano y largo plazo

Fuente: Construcción propia a partir de datos de la BVC



**Ilustración 2 Indicador RSI**

Fuente: Construcción propia a partir de datos de la BVC



**Ilustración 3 Volumen de negociación**

Fuente: Construcción propia a partir de datos de la BVC

En el gráfico de bandas de Bollinger y medias móviles se identificaron varias señales de compra y venta de la acción que empiezan a tener consistencia en la medida en que se analiza el volumen y el indicador RSI.

- La primera señal que muestra el gráfico es aproximadamente el 08 de Octubre de 2012 en el cual el precio toca la banda Bollinger superior, lo que significa que la acción está sobrecomprada y por lo tanto se debe tomar una posición corta en el instrumento. Esta señal toma mayor fuerza cuando estudiamos el índice RSI en cuya fecha sobrepasa la línea horizontal de sobrecompra e igualmente nos da señal de venta. Para dicha fecha el volumen de negociación de la acción fue alto lo que significa que hubo muchos actores del mercado entrando en la posición corta de dicho activo lo que demuestra que esta tendencia es consistente.

Realizando el cálculo de la rentabilidad para el caso en que la acción se hubiera vendido el día 08 de Octubre del 2012 a un precio de \$5.350 (precio de cierre de la acción para ese día) y suponiendo que la acción se compró el 10 de Septiembre del mismo año a un precio de \$5.260, se obtendría el siguiente resultado:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{5350 - 5260}{5260} = 1.71\%$$

Esto significa que para el tiempo en el cual se mantuvo la inversión el rendimiento financiero generado es del 1.71%.

- Entre Enero de 2013 y Mayo del mismo año, se evidencia una tendencia bajista fuerte de la acción. La señal de venta de este activo financiero se empezó a observar entre Diciembre de 2012 y Febrero de 2013 donde el precio de la acción toca la banda Bollinger superior (señal de que la acción está sobrecomprada), rompe de arriba hacia abajo las medias móviles de



corto y largo plazo y además se presenta volúmenes altos de negociación. Estos movimientos constituyen una señal fuerte de venta del activo y el resultado arrojado por el indicador RSI nos demuestra que el activo supera la línea de sobrecompra y el precio se agota, por lo tanto se le recomienda al inversionista liquidar su posición.

La rentabilidad obtenida en caso de que la acción se hubiera vendido el día 05 de Febrero de 2013 a un precio de \$5.710 y suponiendo que la acción se compró el 06 de Noviembre de 2012 a un precio de \$5.220, es la siguiente:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{5710 - 5220}{5220} = 9.39\%$$

Este resultado es bastante óptimo para el periodo de tiempo en el cual dura la inversión.

- En mayo de 2013 el precio de la acción toca la banda Bollinger inferior, lo que nos da a entender que el activo esta sobrevendido. El indicador RSI muestra que se traspasa a línea de sobreventa, señal que se acompaña de un nivel alto de volumen, por lo tanto se debe tomar una posición larga en la acción ya que se espera valorización de la misma para los próximos días.

Para el cálculo de rentabilidad se supone que la acción de Ecopetrol se compra el día 20 de Mayo de 2013 a un precio de \$3.995 y se vende el 1 de Agosto del mismo año a un precio de \$4.350, entonces se obtiene lo siguiente:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{4350 - 3995}{3995} = 8.89\%$$

- En Julio de 2013 de nuevo el precio toca la banda Bollinger superior, el RSI sobrepasa la línea de sobrecompra y se presentan altos volúmenes de negociación, estas tres señales nos indica que se debe tomar una posición corta ya que se espera que el precio de la acción tome una tendencia negativa.

A partir de las señales identificadas con la ayuda de las técnicas utilizadas del análisis técnico se procede a describir la manera como se utiliza un algoritmo para trading de alta frecuencia en la ejecución de una orden a mercado.

## **8. PROPUESTA**

### **8.1. Planteamiento de solución para la implementación de algoritmos de ejecución para trading de alta frecuencia.**

Habiendo identificado los principales tipos de negociación en los mercados bursátiles y las tecnologías de la información y la comunicación de vanguardia en los mercados de valores, se identificó una alternativa de inversión para implementar algoritmos para trading de ejecución de alta frecuencia en el mercado colombiano de acuerdo a las características que este presenta.

La fundamentación de esta decisión inicia identificando cuales son los activos financieros sobre los cuales se realizará la inversión; para esto se seleccionó el activo más líquido del mercado colombiano, tomando en cuenta que este tipo de tecnologías requieren trabajar sobre instrumentos con alta liquidez dado que el inversionista requiere contar de inmediato con los recursos suficientes para aplicar o ejecutar las ordenes de negociación en el mismo instante de tiempo en que se identifican oportunidades de trading.

La selección de activos líquidos es la primera de la entradas que requiere el algoritmos para que identifique cuáles son sus objetivos de inversión; por medio del índice de capitalización bursátil y liquidez del mercado colombiano COLCAP, se identifica el universo de activos financieros que serán seguidos por el algoritmo para identificar el objeto de inversión, por ejemplo identificando la más líquida, que en el caso práctico es la acción de Ecopetrol, con este dato ya el algoritmo está en capacidad de tomar la primera decisión, a lo que se le denomina estrategia Sniper, que en español traduce, francotirador, pues a partir de un criterio, se busca tener participación en uno o varios activos que cumplan una o varias características; en nuestro caso, que cumplan con los más altos índices de liquidez.

Dado que pueden existir políticas de inversión que estén rigiendo la operación bursátil del actor de mercado, en este caso el algoritmo, se debe tener en cuenta los límites y/o restricciones que se tengan establecidos, por ejemplo si se trata de una política de no inversión en el sector minero energético, la selección de alta liquidez del activo objetivo estará restringida por una constante en la cual se parametriza el algoritmo dicha restricción y este debe actuar buscando el activo de más alta liquidez que no pertenezca al sector minero-energético o que pertenezca a uno en específico.

Habiendo identificado la primera de las salidas, el algoritmo planteado debe proceder a tomar los datos de entrada para comenzar a realizar los análisis técnicos respectivos que le permitan tomar decisiones de inversión; para esto, se deben establecer más parámetros constantes dentro del proceso interno del programa, para permitirle al algoritmo fundamentarse en sus decisiones. La constante en este caso deberá ser el marco del tiempo, teniendo en cuenta que el algoritmo no es autónomo al 100%, requiere de la intervención y supervisión de un trader, éste último, será quien establezca el valor de dicha serie de tiempo la cual podrá ser, en días o meses, 1 día, para el caso intra-day, 60, días o incluso años; dependiendo de las políticas que rigen la operación de la compañía inversora o el trader. El marco de tiempo será el valor constante que le permita al algoritmo establecer el límite máximo y mínimo de tiempo para leer los datos del proveedor de precios, por ejemplo, para el caso práctico, en el capítulo dos, se tomó tres años, con este marco se identifican puntualmente la serie de datos que será objeto de estudio por parte del algoritmo.

A partir de la serie de datos, el algoritmo continúa con la ejecución de su proceso el cual se basa en la elaboración de tres modelos de análisis técnico, bandas de Bollinger, medias móviles e índice de fuerza relativa RSI. Este análisis le permitirá al algoritmo identificar oportunidades de negociación con cada modelo. La decisión de inversión será fundamentada en hallar por lo menos en dos de los tres tipos de análisis la misma oportunidad de trading, es decir, si por ejemplo en un

instante  $t$ , se logra identificar una oportunidad de compra de acuerdo al análisis efectuado por la metodología de bandas de Bollinger, adicionalmente las medias móviles ofrecen otra oportunidad de compra pero el índice de fuerza relativa RSI no muestran una oportunidad, el algoritmo identificará que se cumple con su criterio, dos de tres casos afirmativos en los modelos de análisis técnico, para lo cual envía a mercado una orden de compra o venta según corresponda con acciones de Ecopetrol a precio de mercado; el tamaño de la orden estará regido por otro parámetro constante que el trader que supervisa y hace seguimiento, establece acorde a sus políticas de inversión y límites de aversión al riesgo.

La estrategia ejecutada por el algoritmo planteado, es ejecución, la cual consideramos que debería ser la más viable de acuerdo a las condiciones que hoy por hoy presenta el mercado bursátil colombiano.

- Arbitraje: Consideramos su descarte dado que en Colombia solo existe una bolsa de valores y no hay más de 3 especies con las cuales se pueda aplicar este tipo de negociación por lo cual no consideramos viable una inversión de recursos en un tipo de trading que se limitaría tan fuertemente.
- Predicción: Hemos decidido descartarlo dado que el número de especies de alta liquidez en el mercado colombiano es limitado y pequeño, pues aunque el mercado cuenta con un muy buen conjunto histórico de datos, existen factores fundamentales que afectan de manera considerable las tendencias de los mismos, además, la economía colombiana se encuentra en desarrollo lo que impacta aún más las tendencias de los activos.

Con lo anterior, seleccionamos el tipo de negociación de ejecución, considerando que en el mercado bursátil colombiano existen varios proveedores de precios que permiten conocer en línea los datos de negociación de cada especie del mercado.

Así planteamos el uso de algoritmos de ejecución para trading que le permitirá a un inversor tomar una posición específica en el mercado, aprovechando las tecnologías de la información y la comunicación para analizar datos en un tiempo

poco significativo comparado con el tiempo al que humanamente un trader sería capaz de ejecutar.

Lo anterior toma fuerza al implementar el termino de alta frecuencia, el cual consiste en aumentar el número de ejecuciones del algoritmo para que realice un seguimiento segundo a segundo del activo seleccionado y por sí solo, de acuerdo a los parámetros constantes dados por quien supervisa y parametriza el programa, esté pueda identificar más rápidamente las oportunidades de negociación que el mercado ofrece.

Igualmente los algoritmos de ejecución para trading de alta frecuencia le permitiría al inversor no solo aprovechar las más pequeñas unidades de tiempo, sino también adecuar la solución para que se utilice una técnica de guerrilla, que le permita a este aumentar el número de activos al cual se les hace seguimiento, por ejemplo tomando no uno sino los 5 más líquidos, así se obtendrán beneficios no solo en cuanto a tiempo de ejecución sino también en cuanto a cantidad.

## 9. CONCLUSIONES

El tipo de negociación ejecución en las Bolsa de Valores de Colombia es el más adecuado comparado con arbitraje y predicción, para negociar dado las condiciones de liquidez y fuentes de información que en este se presentan.

El análisis técnico es una herramienta que se considera fundamental para la identificación de oportunidades de negociación en los mercados bursátiles con herramientas basadas en algoritmos de trading.

Las condiciones actuales de liquidez del mercado colombiano permiten hacer uso de las tecnologías de la información y la comunicación lo cual permite adoptar estrategias de inversión basada en algoritmos de ejecución para trading de alta frecuencia.

La implementación de algoritmos de ejecución para trading de alta frecuencia tiene un bajo nivel de complejidad dado que a hoy se cuenta con las herramientas financieras que permiten identificar oportunidades de trading. Basta con identificar los aspectos funcionales en un orden determinado de modo tal que se identifiquen entradas, proceso y salidas

Al realizar el cálculo de rentabilidad en los puntos donde el análisis técnico arrojó señales de compra y venta de la acción de Ecopetrol, nos pudimos dar cuenta que si se hubieran tomado decisiones de inversión basadas en el análisis realizado, se hubieran obtenido rentabilidades positivas lo que se traduce en una utilidad para el inversionista. Es por ello que se concluye que las herramientas utilizadas en el desarrollo de un análisis técnico pueden ser útiles siempre y cuando se analicen varios indicadores a la vez con el fin de que sea mucho más consistente la señal que muestre dicho análisis. Es importante tener en cuenta que el análisis técnico podría complementarse con

un análisis fundamental ya que hoy en día y debido a la crisis económica mundial, los mercados son mucho más volátiles y es necesario tener una visión global del mercado con el fin de evitar incurrir en pérdidas económicas.



## **BIBLIOGRAFÍA**

AGUDELO, Daniel. Liquidez en los mercados colombianos. ¿Cuánto hemos avanzado en los últimos 10 años? Cuadernos de administración, Medellín, 23(40), 2010, 239-269 p.

ALDRIDGE, Irene. High-frequency trading: a practical guide to algorithmic strategies and trading system, New Jersey, 2010, 339 p.

BROGAARD, Jonathan. High Frequency Trading and its Impact on Market quality. Northwestern University Kellogg School of Management Working Paper. September 2010.

CHAN, Ernest P. Algorithmic Trading: Winning Strategies and Their Rationale, New Jersey, 2013, 211 p.

CHAN, Ernest P. Quantitative trading: how to build your own algorithmic trading business, New Jersey, 2009, 181 p.

DURBIN, Michael. All about high-frequency trading, New York, 2010, 224 p.

HENDERSHOTT, T., JONES, C., y MENKVELD, A. Does algorithmic trading improve liquidity? The Journal of Finance, 66(1), 1, (2011, Febrero).

SANCHEZ, Miguel, PINEDA, Ana. La denominada negociación automatizada de alta frecuencia (High Frequency Trading). Características y regulación. Pereira. 2013. N° 12.

RENDÓN, Andrés, Trading por algoritmos ¿Una nueva fuente de ingresos? Revista capital inteligente Edición 39, Grupo Bancolombia, marzo 2013, página. 4.

## CIBERGRAFÍA

Andrés Araya Falcone Tecnología, Mercado de Valores y Finanzas, ALGORITHMIC TRADING ¿Qué reemplaza o deja obsoleto?, 2011. [Consultado el: 7 de julio de 2013.] <http://andresarayafalcone.blogspot.com/2011/12/algorithmic-trading-que-reemplaza-o.html#!/2011/12/algorithmic-trading-que-reemplaza-o.html>

Funds Americas, Columna de opinión ARAYA, Andrés. El mejor amigo del trader: Algorithmic Trading. Santiago de Chile, 2012. <http://www.fundsamericas.com/opinion/columnas/9818/Algoritmos--Bolsa-de-Santiago--Andres-Araya--transacciones>

Funds Americas, Noticias, Backoffice, 2011. [Consultado el: 27 de agosto de 2013.] <http://www.fundsamericas.com/noticias/backoffice/6919/Deutsche-Bank-lanza-Autobahn-Equity-en-Brasil-y-su-algoritmo-Stealth>

Grupo Aval Acciones y Valores S.A., Inversionistas, Preguntas Frecuentes, 2013. [Consultado: 02 de septiembre de 2013.] [https://www.grupoaval.com/pls/portal/docs/PAGE/GAVAL/CONTENIDOS/NO\\_ADMIN/POP\\_UPS/INVERSIONISTAS/preguntas\\_frecuentes.html#ancla](https://www.grupoaval.com/pls/portal/docs/PAGE/GAVAL/CONTENIDOS/NO_ADMIN/POP_UPS/INVERSIONISTAS/preguntas_frecuentes.html#ancla)

Markus Ferber, proyecto de resolución legislativa del parlamento europeo, 2012, [Consultado: 13 de noviembre de 2013.] <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+REPORT+A7-2012-0306+0+DOC+XML+V0//ES>