COLEGIO UNIVERSITARIO DE ESTUDIOS FINANCEROS

GRADO EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS

Trabajo de Fin de Grado

AUTOR: de Miguel Casado, Guillermo

TUTOR: Flores de Frutos, Rafael

"MODELOS ECONOMÉTRICOS PARA LA PREVISIÓN DE COTIZACIONES BURSÁTILES SEMANALES, MÁXIMAS Y MÍNIMAS, DE EMPRESAS EUROPEAS: EL CASO DE INDITEX"

Madrid, abril de 2019

ÍNDICE

RESUMEN……3

1. INTRODUCCIÓN……..……4

2. DESARROLLO…….……5

2.1. Previsibilidad de los rendimientos bursátiles……...5
2.2. Modelos VEC……..…….9
2.3. Modelo empírico…….……11
2.4. Estrategia…….16

3. CONCLUSIONES……18

4. BIBLIOGRAFÍA……..19

5. ANEXOS……..20

RESUMEN

Este trabajo trata de demostrar que los precios máximos, mínimos y últimos semanales de una acción son predecibles en base a los datos pasados. Para ello, se han utilizado los datos bursátiles de la empresa Inditex. Se propone utilizar un modelo vectorial de corrección de error, ya que se encuentran relaciones de cointegración entre las variables utilizadas, emulando prácticamente a Caporin et al (2013).

Palabras clave:

- Eficiencia de mercados
- Previsibilidad de rendimientos
- Precios máximos, mínimos y últimos semanales
- Relaciones de cointegración
- Modelo vectorial de corrección de error (VEC)

1. INTRODUCCIÓN

En Caporin et al (2013) se preguntan si son predecibles los máximos y mínimos de una acción, en caso afirmativo, qué modelo se puede utilizar. También se cuestionan si estas previsiones pueden mejorar las técnicas de análisis técnico que se vienen utilizando hasta ahora.

Los investigadores defienden que $ln(max)_t$ y $ln(min)_t$, al estar cointegrados, pueden preverse usando el pasado de ambas variables diarias del Dow Jones utilizando un modelo vectorial de corrección de error. Esto indica que no existe una eficiencia semi-fuerte del mercado.

El objetivo del trabajo es replicar y mejorar el artículo de Caporin et al (2013) con los datos máximos, mínimos y últimos semanales de la empresa Inditex, evaluando la previsibilidad de los precios de Inditex.

Se ha añadido la variable del último semanal ya que está íntimamente ligada a los máximos y mínimos y posee información muy valiosa acerca de estas dos variables.

También se decide que los datos fueran semanales para que la muestra estuviera libre de fluctuaciones excesivas propias de los datos diarios.

El trabajo se ordena de la siguiente manera:

Primero se habla acerca de lo que ha dicho la literatura al respecto de la previsibilidad de los rendimientos bursátiles y la eficiencia de los mercados, acto seguido se explican los modelos vectoriales de corrección de error y la prueba empírica de este modelo, después una explicación de la estrategia conseguida y finalmente acaba con una conclusión.

2. DESARROLLO DEL TRABAJO

2.1. PREVISIBILIDAD DE LOS RENDIMIENTOS BURSÁTILES

El estudio de la previsibilidad de los rendimientos bursátiles ha sido un verdadero quebradero de cabeza para los economistas en las últimas tres décadas. Llama la atención que teorías económicas enfrentadas hayan sido reconocidas y galardonadas a nivel académico.

El Premio Nobel de Economía del año 2013 lo ganaron Eugene Fama, Lars Peter Hansen y Robert Shiller con su trabajo empírico de determinación de los precios de las acciones. Fama y Shiller son economistas teóricos, prácticamente opuestos, y Hansen económetra. Fama, por un lado, es defensor de la doble hipótesis de Eficiencia- Expectativas Racionales en los mercados de valores (EER) y también detractor de la afirmación de la existencia de burbujas especulativas en los mercados, teoría impulsada, efectivamente, por Shiller el cual la denomina "Economía del Comportamiento". Vease Shiller (1990).

Robert Shiller descubrió que los precios de las acciones tienen una varianza mayor de lo esperado si dichos precios fueran determinados por el valor presente de los dividendos futuros, descontados a un tipo de interés constante. Lo que viene a decir que los dividendos no cambian tanto como para explicar las grandes fluctuaciones de las cotizaciones de las acciones.

Shiller analizó e identificó distintos ratios como $\frac{dividendos}{precio}$ ó $\frac{precio}{beneficio\ medio}$ para explicar y predecir rendimientos anuales. Este último, lo utilizó como indicador adelantado de la formación de burbujas especulativas. El peligro viene dado cuando hay un precio muy elevado comparado con los beneficios medios históricos de un valor. La correcta predicción de la crisis de los años 90 y la gran crisis inmobiliaria que vivimos en el año 2008, por parte de Shiller, apoyan sus teorías.

Cuando Shiller intenta explicar la previsibilidad a largo plazo de los rendimientos en bolsa, se desmarca completamente de la posición de su homólogo Fama. Aboga por la

"Economía del Comportamiento", línea de pensamiento donde la psicología de masas y la individual juegan un papel muy importante a la hora de la fluctuación de los precios. Defiende que los compradores se dejan influenciar por el comportamiento general de la bolsa con total irracionalidad y que las previsiones tanto de riesgo como de rendimientos son erróneas.

Por otro lado, **Eugene Fama** defiende que la previsión de los rendimientos de acciones a corto plazo es compleja, ya que estos precios tienden a seguir paseos aleatorios. Véase Malkiel, B. G. (1973).

Si eso es cierto, la previsión más certera del precio de una acción para el período "*t+1*", condicionada a todo lo que se conoce hasta *"t"(Ωt),* es precisamente el precio en "*t*". La previsibilidad de los rendimientos es consecuencia de una clara falta de eficiencia.
Fama también habla del error de previsión y lo categoriza de la siguiente manera: cuando este no está autocorrelacionado, se dice que hay "eficiencia informacional débil"; si además está incorrelacionado con toda la información pública en "*t*", se dice que hay "eficiencia informacional semi-fuerte"; y si además está incorrelacionado con todo tipo de información, ya sea pública o privada, en "*t*", se dice que hay "eficiencia informacional fuerte". Cada caso implica un nivel concreto de falta de previsibilidad del rendimiento de la acción. Por lo que, si es imprevisible, se entiende que el mercado tiene un funcionamiento eficiente. Vease Fama (1988).

Hay cuestiones donde ambas escuelas coinciden como es en el hecho de que la previsibilidad aumenta con el horizonte de previsión, como exponen Fama y French en el año 1988. Difícil de entender por otro lado, ya que cuanto mayor es el horizonte la dispersión de los errores aumenta.
Como bien hemos comentado, sí hay previsibilidad de los rendimientos, pero es muy imprecisa. En Flores (2014), el autor llega a la conclusión de que la complejidad de la previsibilidad de los rendimientos es un claro síntoma de la eficiencia de los mercados y sobre todo de sus agentes, los cuales consiguen utilizar rápidamente la información importante haciendo así que los valores actuales se sitúen en un precio muy parecido al esperado precio futuro.
También podemos vislumbrar cierta irracionalidad en la previsibilidad de ciertos rendimientos en unas determinadas épocas.

La metodología del **Caporin** et al (2013) nos ha servido de base para el estudio y análisis empírico de este trabajo. Este artículo se centra básicamente en tres preguntas: ¿Los precios máximos y mínimos de las acciones son predecibles? ¿Podemos realizar un modelo en base a esa afirmación? ¿Las previsiones de máximos y mínimos son útiles para mejorar las técnicas de análisis técnico en cuanto a *trading?*
Para responder a estas preguntas han utilizado datos de máximos y mínimos de 8 años pasados en el Dow Jones.

En cuanto a la primera pregunta, los autores se sorprenden de la poca consideración que se le ha dado a los máximos y mínimos, y a la poca importancia que ha otorgado la literatura a los datos pasados. Esta opinión viene dada por tres razones: los datos bursátiles pasados están recogidos y se pueden utilizar; muchas reglas de *trading* basadas del Análisis Técnico tienen que ver con los soportes y resistencias de los precios, lo que está muy ligado a los máximos y mínimos; y finalmente, los máximos y mínimos son una clara fuente de información asimétrica y puede ser útil para la medir la liquidez del mercado.
Los cambios de los precios de los máximos y mínimos de días seguidos están correlacionados y suelen ir en paralelo a lo largo del tiempo, manteniendo las distancias entre uno y otro. Así que la respuesta a esta pregunta es afirmativa, sí son predecibles.

Para la segunda pregunta presentan un modelo vectorial autorregresivo de corrección de error con los máximos y mínimos. Los motivos de la implementación de este modelo son porque capta la cointegración de ambos precios y porque el rango, diferencia entre máximos y mínimos, a largo plazo se puede recoger con la técnica autorregresiva fraccional. Al igual que la primera pregunta, la respuesta es afirmativa: se puede realizar un modelo para prever máximos y mínimos.

Por último, en referencia a la tercera pregunta, hay que aclarar que el periodo de datos que recogieron los investigadores era muy significativo, ya que abarcaba periodos de calma y otros de una gran liquidez y varianza del mercado. Encontraron que el modelo vectorial fraccional autorregresivo de corrección de error utilizado tenía una fuerte capacidad de previsión, tanto que mejoraba los modelos de referencia. Así que, el

siguiente paso era que con las previsiones de máximos y mínimos debían determinar las señales de entrada y salida.

Parece que existe un periodo de eficiencia, pero esta eficiencia no es total, por lo que es posible que exista previsibilidad de rendimientos. Ni la eficiencia es total ni la irracionalidad es total, muchos autores han aportado evidencia empírica al respecto. Nosotros también nos sumamos a ellos.

2.2. MODELOS VEC

Para comenzar a hablar sobre los modelos VEC (modelos de corrección de error vectoriales) es necesario empezar citando también los modelos VAR (modelos autorregresivos vectoriales) ya que están íntimamente relacionados entre sí. Ambos se utilizan para modelizar series temporales multivariantes donde haya dependencias dinámicas entre series. La modelización multivariante lo que nos permite es mejorar la previsibilidad frente a modelos univariantes donde se modeliza cada serie por separado.
Los modelos VAR se utilizan cuando las series no presentan relación de cointegración, y los modelos VEC cuando las series presentan relaciones de cointegración.

El modelo VEC depura el modelo VAR ya que incluye el ajuste de variables en el corto plazo hacia un equilibrio a largo plazo determinado por un *shock* inesperado. Podemos afirmar que el modelo VEC nos aporta más información que el modelo VAR, sobre todo en cuanto a la información de la velocidad de ajuste. (Fernandez-Corugedo, 2003).

Además de aprender acerca de una posible relación a largo plazo entre dos series, el concepto de cointegración enriquece el tipo de modelos dinámicos de los que se dispone. Si y_t y x_t son procesos I(1) y no están cointegrados, se puede estimar un modelo dinámico en primeras diferencias.
Si y_t y x_t están cointegradas con el parámetro β, entonces se tienen variables I(0) adicionales que se pueden incluir en el modelo. Sea $s_t = y_t - \beta x_t$, de manera que s_t sea I(0) y suponga, por simplicidad, que s_t tiene media cero. Ahora se pueden incluir retardos de s_{t-1} en la ecuación:

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta y_{t-1} + \gamma_1 \Delta x_{t-1} + \delta s_{t-1} + u_t \qquad \textbf{EQ.1}$$
$$= \alpha_0 + \alpha_1 \Delta y_{t-1} + \gamma_1 \Delta x_{t-1} + \delta (y_{t-1} - \beta x_{t-1}) + u_t,$$

donde E($u_t \,|I_{t-1}$) = 0 y I_{t-1} contiene información sobre todos los valores pasados de *x* e *y*. El término $\delta(y_{t-1} - \beta x_{t-1})$ recibe el nombre de *término de corrección de error* donde la ecuación anteriormente desarrollada (EQ.2) es un ejemplo de modelo VEC.
Un modelo VEC nos permite estudiar la dinámica a corto plazo de la relación entre *x* y *y*. Por simplicidad, considere el modelo sin los retardos de Δx_t y Δy_t:

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \delta(y_{t-1} - \beta x_{t-1}) + u_{t'} \qquad \textbf{EQ.2}$$

donde $\delta < 0$. Si $y_{t-1} > \beta x_{t-1}$, entonces el periodo anterior rebasa el equilibrio; debido a que $\delta < 0$, el termino de corrección de error funciona para retornar *y* al equilibrio. Asimismo, si $y_{t-1} < \beta x_{t-1}$, el término de corrección de errores induce un cambio positivo en *y* la devuelve al equilibrio.

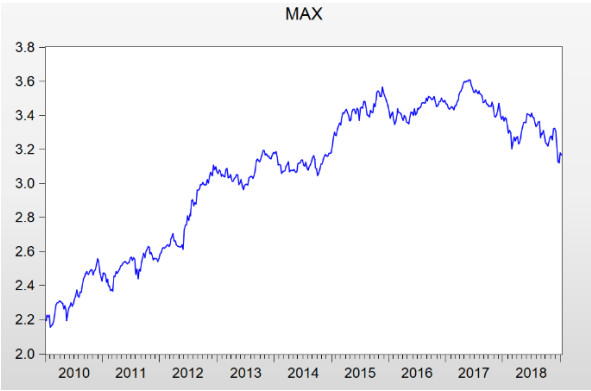
Si quisiéramos estimar los parámetros de un modelo VEC, utilizando el ejemplo de la EQ.3, tendríamos que saber la β, y se haría la regresión de Δy_t sobre Δx_t y s_{t-1} , donde $s_{t-1} = (y_{t-1} - \beta x_{t-1})$. Véase en Wooldridge (2015).

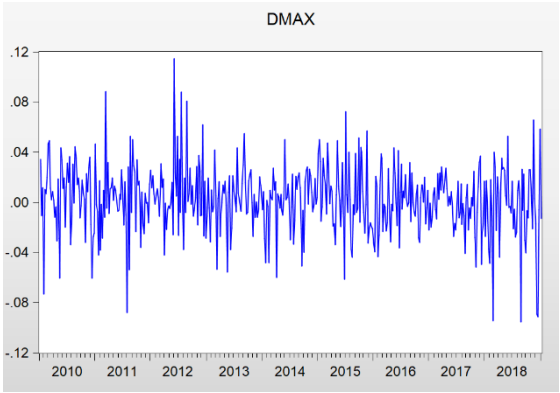
Por otro lado, en cuanto a las relaciones de cointegración podemos saber exactamente cuantas hay y cuales son. El método utilizado se llama el Método de Johansen & Juselius donde desarrolla un test de cointegración sobre modelos VAR utilizando la metodología desarrollada por Johansen. Este autor analiza las restricciones impuestas por la cointegración de las series incluidas en un modelo VAR no restringido. Este test lo hemos realizado en EViews a la hora de realizar el trabajo para tener más información acerca de las relaciones de cointegración de las variables de nuestro modelo. Vease Johansen & Juselius (1990).

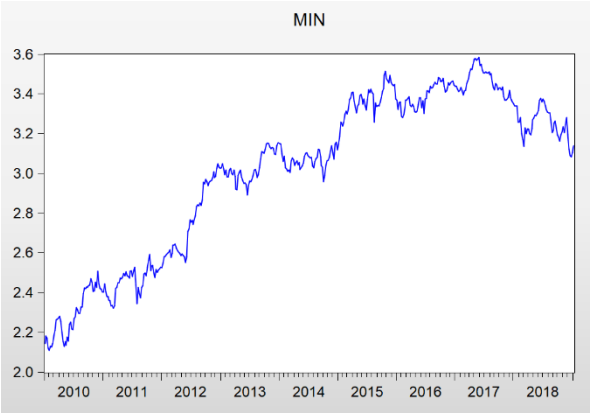
2.3. MODELO EMPÍRICO

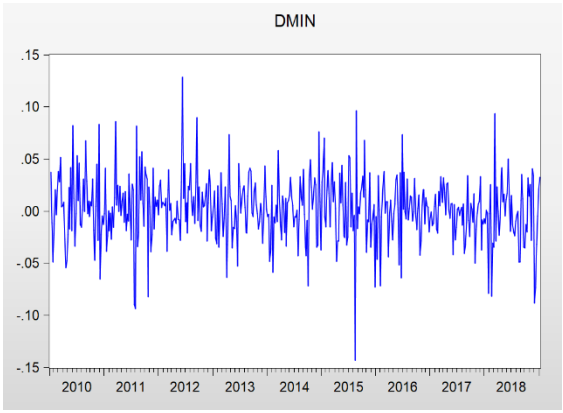
Para realizar el modelo y el estudio de la posible previsión de rendimientos de las acciones de Inditex, se recopilan datos pasados de la acción desde el 4 de enero del 2010 hasta el 27 de agosto del 2018.

A diferencia del modelo realizado por Caporini, De Magistris y Ranaldo (2013), donde utilizan máximos y mínimos semanales, en este trabajo se añaden también el precio último semanal de la empresa española. Se trabaja con estos datos debido a que el último tiene una gran información, ya que es el precio al que ha terminado la semana, tiene bastante relación con el precio de apertura del máximo y del mínimo de la semana siguiente y puede ser útil para poder finalmente prever los rendimientos futuros de la acción. (*)

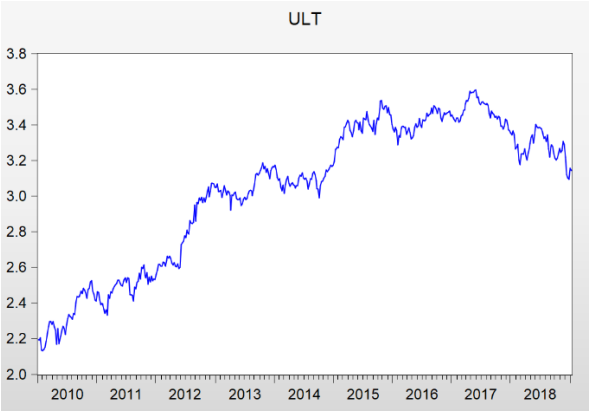


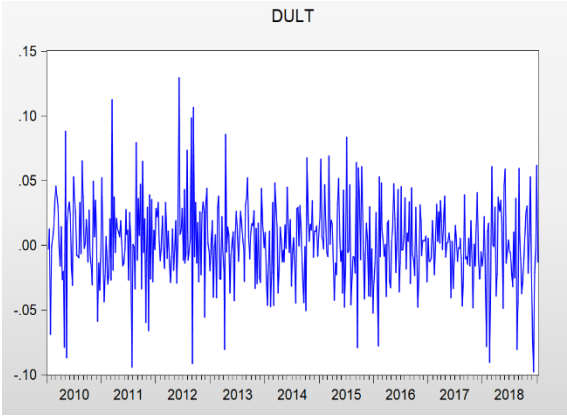






*Todas las gráficas y tablas utilizadas en este trabajo son de elaboración propia por medio de EViews y Excel.





Como se puede ver en las tablas nombradas *MAX*, *MIN* y *ULT* están representados en logaritmos neperianos de los precios máximos, mínimos y últimos semanales, respectivamente, de la empresa Inditex.

Como se observa, son series integradas de orden 1, I(1), ya que se les ha aplicado una primera diferencia a cada una (gráficos *DMAX*, *DMIN* y *DULT)* y se intuye que se convierten en estacionarias. Los gráficos de las series de niveles sugieren la presencia de dos relaciones de cointegración, extremo que confirma el método de Johansen & Juselius.

En cuanto a las **relaciones de cointegración** se han realizado a través del siguiente Test de Johansen & Juselius mediante EViews para saber cuántas y cuáles son dichas relaciones de cointegración:

TEST DE LA TRAZA

Nº de ecuaciones de cointegracion	Valor propio	Estadístico de traza	Valor crítico (0.05)	Probabilidad
Ninguna	0.419947	381.3513	35.19275	0
Al menos 1	0.22272	125.9168	20.26184	0
Al menos 2	0.016389	7.749993	9.164546	0.0921

El Test de la Traza indica que hay 2 ecuaciones de cointegración ya que 0.0921>0.05.

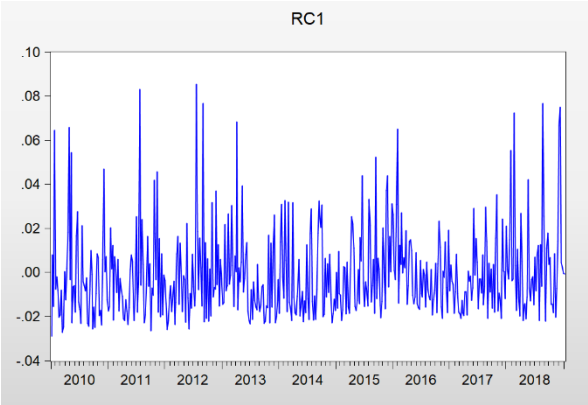
TEST DE COINTEGRACIÓN DE JOHANSEN & JUSELIUS

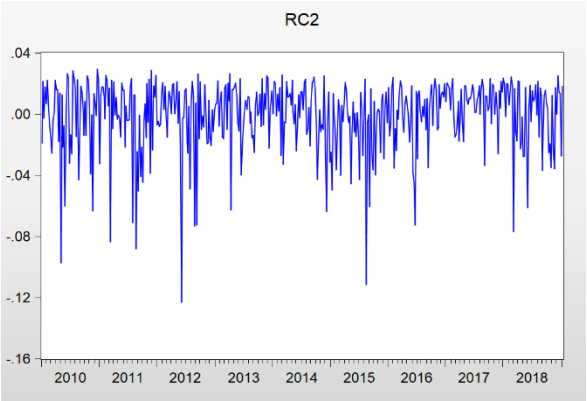
2 ecuaciones de Cointegración:
Coeficientes de cointegración (Desviación típica en paréntesis)

MAX	MIN	ULT	C
1	0	-0.993721 (-0.00207)	-0.042657 (-0.00635)
0	1	-1.006256 (-0.00241)	0.044519 (-0.00738)

De donde podemos conocer que, efectivamente, hay dos relaciones de cointegración y cómo son, a través de sus ecuaciones, acto seguido se han graficado:

$$RC1_t = max_t - 0.993721 \times ult_t - 0.042657$$
$$RC2_t = min_t - 1.006256 \times ult_t + 0.044519$$





Como se puede observar en las gráficas *RC1* y *RC2* que efectivamente son relaciones de cointegración debido a que son estacionarias.

En cuanto al **Modelo VEC**, consta de 3 ecuaciones con forma genérica:

$$\nabla y_{i\,t} = \alpha_{i,0} + \alpha_{i,1} \times RC1_{t-1} + \alpha_{i,2} \times RC2_{t-1} + \sum_{j=1}^{3} \sum_{k=1}^{p-1} \gamma_{i,j,k} \nabla y_{j\,t-k} + \varepsilon_{i\,t}$$

Siendo *i=1,2,3* ; *j=1…p* ; *t=1…n* y siendo las variables dependientes $\nabla y_{1t} = \nabla ln(max)_t$; $\nabla y_{2t} = \nabla ln(min)_t$; $\nabla y_{3t} = \nabla ln(ult)_t$. Lo hemos representado también mediante la siguiente tabla, añadiendo el R cuadrado, del que ahora se hablará, estadístico Q, desviación típica y P-valor:

MODELO VEC [1]	$\nabla ln(max)_t$	$\nabla ln(min)_t$	$\nabla ln(ult)_t$
$RC1_{t-1}$	-0.71514	-0.191017	0
$RC2_{t-1}$	-0.178182	-0.844757	0
$\nabla ln(max)_{t-1}$	-0.204181	0	-0.17533
$\nabla ln(min)_{t-1}$	0.109933	0	0
R² x100	38.2917 %	46.4944 %	1.7609 %
σ x 100	2.1154	2.2646	3.1859
Estadístico Q (12)	10.451	8.7205	10.257
P-VALOR (12)	0.576	0.727	0.593

El R^2 obtenido en el Modelo VEC proporciona una idea de la capacidad explicativa del pasado sobre el presente de cada variable, y por tanto de su previsibilidad. El R^2 asociado a $\nabla ln(max)_t$ es del 38.29%, mientras que el $\nabla ln(min)_t$ es del 46.49%. Ambos R^2 son muy superiores al 5%. Un $R^2 \leq 5\%$ indica que $\nabla ln(y)_t \cong \mu_y + a_t$. Se podría decir que $\nabla ln(ult)_t$ es prácticamente un paseo aleatorio.

[1] Hemos omitido las variables $\nabla ln(ult)_{t-1}$ y C de la tabla ya que todos sus resultados daban 0.

2.4. ESTRATEGIA

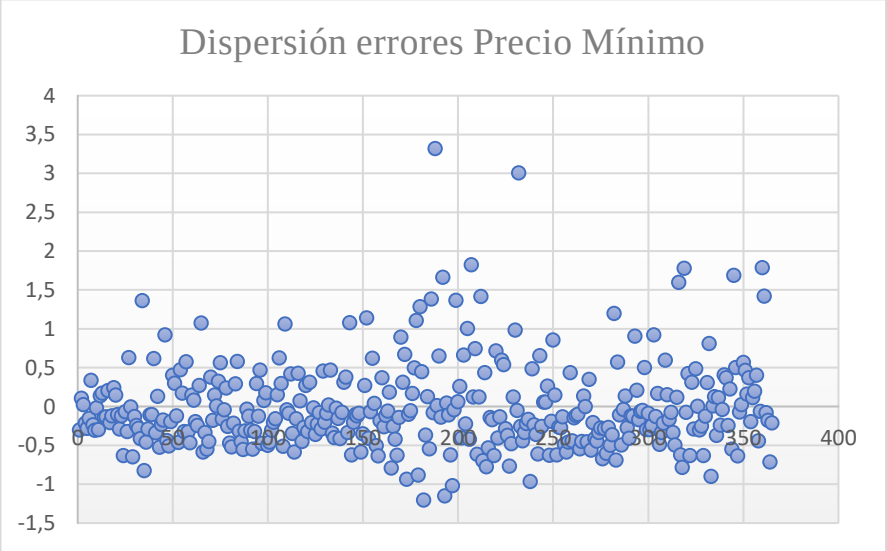
Con las previsiones obtenidas, uno de los objetivos del trabajo era crear una estrategia que fuera capaz de batir a las ya existentes y más simples, estrategias de comprar y mantener.

En este caso la estrategia que se ha desarrollado es más compleja y reporta unos beneficios mucho mayores que el ya mencionado. El procedimiento ha sido el siguiente:

En primer lugar, se calculan las diferencias entre los valores reales y los previstos respecto al precio mínimo de la acción, es decir, el error.

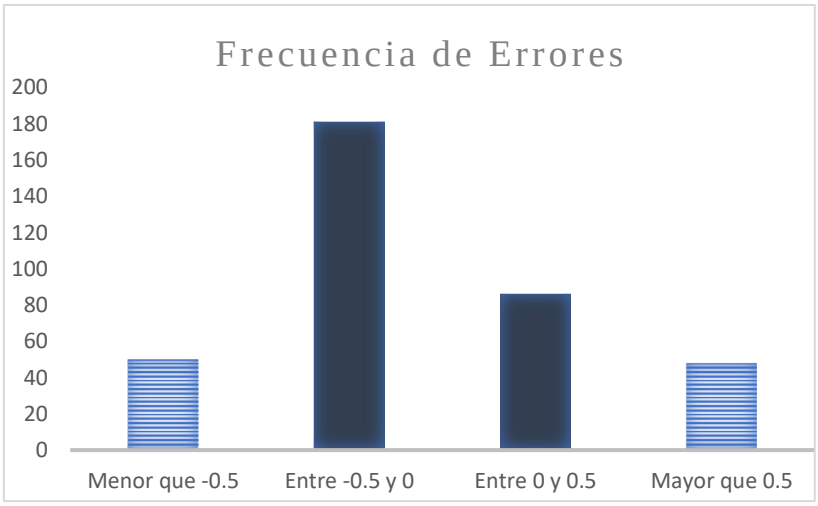
$$Error_t = Valor\ Real_t - Previsión_t$$

Una vez obtenidos todos los errores de cada una de las semanas, se hace un gráfico con los resultados:[2]



[2] Cálculos realizados en Excel, disponible en el CD de Anexos.

En forma de tabla, y distribuyendo los errores en distintos intervalos, los resultados son los siguientes:



Como se puede observar, la mayoría de errores se sitúan alrededor de 0, entre el intervalo (-0.5, 0.5). Concretamente 267 valores sobre 365, lo que supone un 73.15% del total. Lo que nos garantiza que si establecemos unos baremos alrededor de este intervalo, acudiremos al mercado la gran mayoría de las veces.

La estrategia elegida ha sido comprar en tres precios distintos: 50 céntimos por encima de la previsión, en la previsión y 50 céntimos por debajo de la previsión. Vendiendo siempre al precio último semanal, es decir, en el cierre del mercado.
Suponiendo que contamos con un capital semanal de 60.000 € para invertir, invertiremos el 33 % de esta cantidad en cada uno de los baremos, es decir, 20.000 € respectivamente.

Los resultados obtenidos son bastante satisfactorios ya que, manteniendo esta estrategia desde enero de 2012 hasta la actualidad, se hubiera conseguido un rendimiento total de 89,564.54 €, lo que supone un 149% de beneficios respecto a la cantidad original.

3. CONCLUSIONES

Como hemos podido ver, la investigación contesta a las preguntas que plantearon Caporin et al (2013) y los resultados están en línea con los resultados que hallaron ellos.

Con los modelos autorregresivos hemos aprendido que prácticamente tenemos paseos aleatorios univariantes, debido al ruido blanco. Eso apoyaría la hipótesis de eficiencia débil.

Pero, por otro lado, se encuentra un modelo que nos permite realizar previsiones, el modelo de corrección de error. Un modelo que tiene en cuenta el pasado público de la variable y por lo tanto, se rechaza con ese modelo la eficiencia semi-fuerte que pudiera haber, es decir, el rendimiento es previsible.

El R^2 de $\nabla ln(max)_t$ y $\nabla ln(min)_t$ indica que el pasado de otras variables es importante en la previsión $\nabla ln(max)$.

Si $RC1_{t-1}$ y $RC2_{t-1}$ son variables relacionadas con el riesgo, es posible que parte de la previsibilidad detectada se deba a los cambios en el riesgo.

En cuanto a la estrategia conseguida se ha podido demostrar que sí, se pueden mejorar estrategias simples propias del análisis técnico como “comprar y mantener”. Se ha conseguido una buena rentabilidad con el modelo utilizado en este trabajo con los rendimientos de Inditex.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Caporin, M., Ranaldo, A., & De Magistris, P. S. (2013). On the predictability of stock prices: A case for high and low prices. Journal of Banking & Finance, 37(12), 5132-5146.

- Fama, E.F. and K.R. French (1988), "Dividend yields and expected stock returns," Journal of Financial Economics 22, 3-26.

- Fernandez-Corugedo, E. (2003). Exercise on unit roots (including structural breaks), estimating a VECM and the implications of the VECM.

- Flores de Frutos, R. (2014). Eficiencia versus exuberancia irracional. Economistas, (138), 239-246.

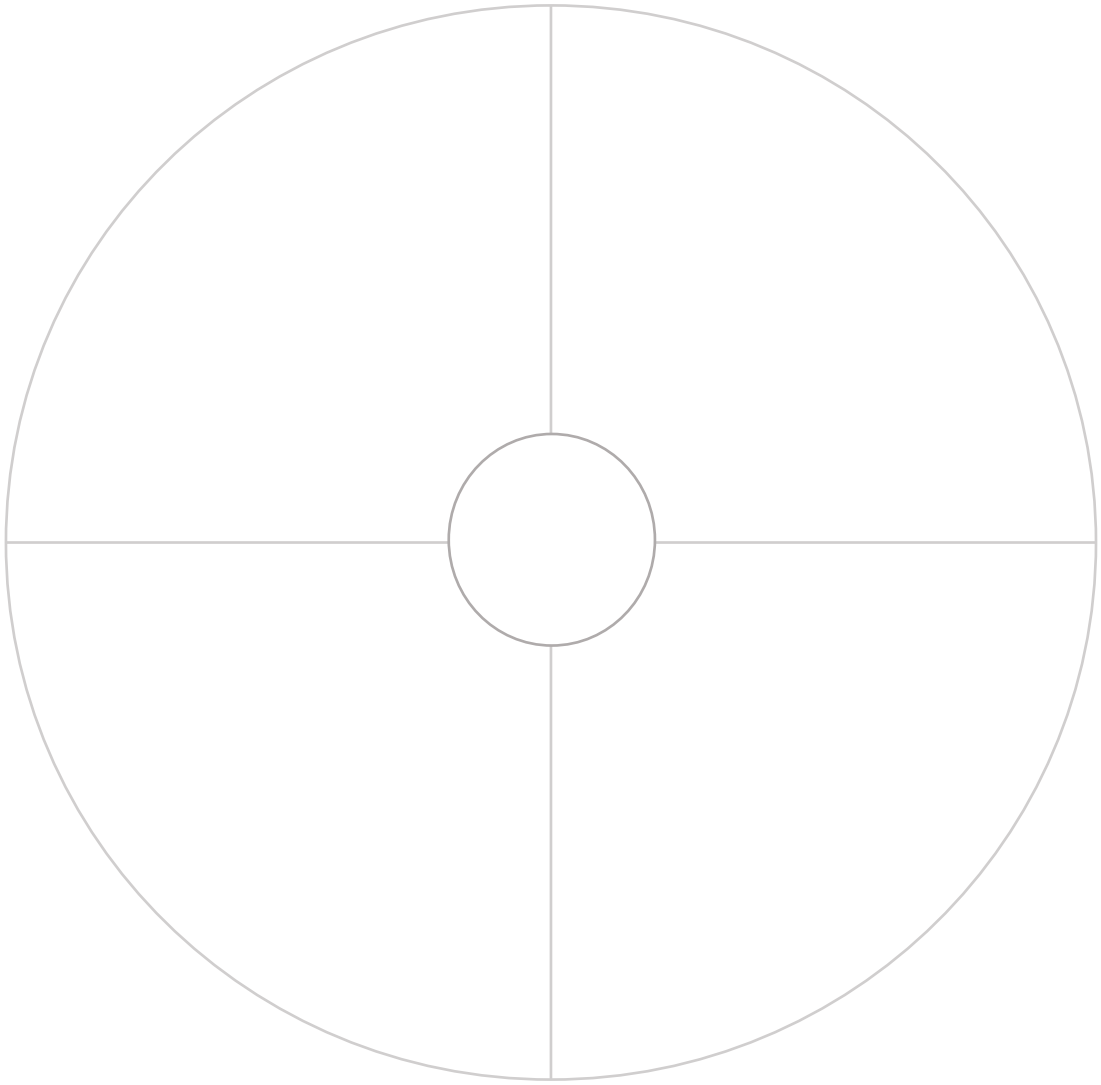
- Johansen, S., & Juselius, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inference on cointegration—with applications to the demand for money. Oxford Bulletin of Economics and statistics, 52(2), 169-210.

- Malkiel, B. G. (2007). A random walk down Wall Street: the time-tested strategy for successful investing. WW Norton & Company.

- Minguez Salido, R. (2018). Modelos VAR y VEC. Diccionario Empresarial.

- Shiller, R. J. (1990). Market volatility and investor behavior. The American Economic Review, 80(2), 58.

- Wooldridge, J. M. (2015). Introductory econometrics: A modern approach. Nelson Education.

5. ANEXOS

Todos los documentos, bases de datos, tablas, imágenes, gráficas y operaciones realizadas en EViews y Excel, los adjunto en el siguiente CD por si se quisiera revisar cualquier tipo de dato por parte del tribunal.