



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

Implementación del Z-Score
de Altman al F-Score de Piotroski

Autor

Andrés Porroche Eltoro

Director

Dr. Luis Alfonso Vicente Gimeno

Facultad de Economía y Empresa

2024

Autor: Andrés Porroche Eltoro

Director: Dr. Luis Alfonso Vicente Gimeno

Titulo: Implementación del Z-Score de Altman al F-Score de Piotroski

Titulación: Máster en Contabilidad y Finanzas

Resumen:

Este estudio examina la aplicación de un filtro intermedio, basado en el Z''-Score de Altman (1983), en la selección de acciones propuesta por Piotroski (2000). El objetivo de dicho filtro es afinar aun más la capacidad de discernir las empresas ganadoras de las perdedoras por fundamentales financieros, en busca de mejoras significativas en rentabilidad. Tras validar el modelo y someterlo a varias pruebas que confirmen la robustez de este, sobre una muestra significativa de acciones USA de pequeña capitalización. Se halla que el modelo de filtros propuesto es significativamente más rentable que Piotroski (2000), en cuanto se forman carteras completas, con posiciones largas y cortas. Dicha mejora, viene dada por la mejora que aporta el filtro en las posiciones cortas de empresas con malos fundamentales financieros.

Abstract:

This study examines the application of an intermediate filter, based on Altman's Z''-Score (1983), in the stock selection framework proposed by Piotroski (2000). The objective of this filter is to further refine the ability to distinguish winning companies from losing ones based on financial fundamentals, with the aim of achieving significant improvements in profitability. After validating the model and subjecting it to various robustness tests on a significant sample of U.S. small-cap stocks, it is found that the proposed filter model is significantly more profitable than Piotroski's (2000) approach, particularly when constructing complete portfolios with both long and short positions. This improvement is primarily driven by the enhanced performance of the filter in identifying short positions in companies with poor financial fundamentals.

Índice

1. Motivación y Contexto	1
2. Metodología.....	5
2.1. Z-Score de Altman.....	5
2.2. F-Score de Piotroski	7
3. Análisis empírico.....	10
3.1 Datos	11
3.1.1. Selección de la muestra	11
3.1.2. Obtención de datos y selección temporal	11
3.1.3. Tratamiento de datos y aplicación de filtros.....	12
3.2 Resultados (baseline results)	14
3.2.1. Piotroski.....	14
3.2.2. Modelo de filtros	27
3.3 Análisis de robustez.....	40
3.3.1. Filtro cuartil del B/M.....	40
3.3.2. Filtro de liquidez.....	41
3.3.3. Análisis sectorial	43
4. Conclusiones.....	46
5. Bibliografía.....	48
Anexos	51

Índice de tablas

Tabla 1. Limpieza de la muestra.....	13
Tabla 2. F-9 vs Russell 2000	15
Tabla 3. F-9 vs Russell (2008-2023)	16
Tabla 4. F-9 vs F-0	18
Tabla 5. F-9 vs F-0 (2008-2023)	19
Tabla 6. F-98 vs Russell 2000	20
Tabla 7. F-98 vs Russell (2008-2023)	21
Tabla 8. F-98 vs F-01	22
Tabla 9. F-98 vs F-01 (2008-2023)	23
Tabla 10. F-98/01 vs Russell 2000	25
Tabla 11. F-98/01 vs Russell (2008-2023)	26
Tabla 12. F-9 vs ZF-9	28
Tabla 13. F-9 vs ZF-9 (2008-2023)	29
Tabla 14. F-98 vs ZF-98.....	30
Tabla 15. F-98 vs ZF-98 (2008-2023)	31
Tabla 16. F-0 vs ZF-0	32
Tabla 17. F-0 vs ZF-0 (2008-2023)	33
Tabla 18. F-01 vs ZF-01	34
Tabla 19. F-01 vs ZF-01 (2008-2023)	35
Tabla 20. ZF-98 vs ZF-01	36
Tabla 21. ZF-98 vs ZF-01 (2008-2023)	37
Tabla 22. F-98/01 vs ZF-98/01	38
Tabla 23. F-98/01 vs ZF-98/01 (2008-2023).....	39

1. Motivación y Contexto

En el vasto y dinámico campo de la inversión financiera, la evaluación precisa del desempeño y la salud financiera de una empresa es esencial para la toma de decisiones. La inversión en valor, ya introducida hace décadas por Graham (1934), va a ser el punto introductorio de este trabajo, pues a partir de esta práctica de inversión en valor se han sofisticado distintos filtros para seleccionar empresas. La inversión basada en el valor ha sido objeto de amplia investigación en la literatura financiera, destacando la búsqueda de acciones infravaloradas en relación con su valor intrínseco como un enfoque prometedor para generar rendimientos superiores a largo plazo. Dentro de esta literatura vemos como los enfoques en valor son diversos, desde la búsqueda de rentabilidades basada en la inversión en acciones con un bajo Price to Book y bajo Price to Earnings (Lakonishok et al., 1991; Fama y French, 1992), enfoques basados en el apalancamiento (Penman et al., 2007), búsqueda de empresas con un alto beneficio bruto sobre activos (Novy-Marx, 2013), concluyendo en que la información que aportan los estados financieros, potencian la inversión en valor (Abarbanell y Bushee, 1997, 1998; Piotroski, 2000).

En este contexto, los modelos de puntuación, como el renombrado Fundamental Score (F-Score) propuesto por Piotroski (2000), han emergido como herramientas valiosas para inversores y analistas en la evaluación de empresa. Desde su introducción, Piotroski (2000), se ha destacado por su capacidad para identificar empresas con sólidos fundamentos financieros y potencial de crecimiento, basándose en una serie de indicadores contables y financieros específicos. Sin embargo, tal y como apuntan algunos trabajos recientes para el mercado europeo y norteamericano, Gimeno et al. (2020), en un entorno financiero en constante evolución y cada vez más complejo, se denota la necesidad de mejorar y adaptar dicho modelo.

En este sentido, el contexto general de este trabajo de investigación estaría enmarcado en la búsqueda de filtros y herramientas adicionales que mejoren el poder explicativo del modelo de F-Score. Tal y como cita Piotroski (2000), la rentabilidad obtenida por el proceso de inversión basado en el F-Score, es superior a la que obtendríamos si solo invirtiéramos en las empresas con un alto ratio Book to Market (B/M). Siendo dicho concepto, inicialmente propuesto por Basu (1977), ampliamente estudiado como una medida de valoración y rendimiento de las acciones. La investigación de Fama y French (1992) ha subrayado la relevancia del B/M ratio como

predictor de rendimientos esperados de acciones, además de poner en evidencia la necesidad de tener en cuenta el tamaño de la empresa.

Piotroski (2000) usa el B/M como filtro inicial para seleccionar empresas a las que luego aplicar el F-Score. Estudios afirman que las empresas con un alto B/M, tienden a encontrarse en una situación de dificultad financiera, la cual produce una infravaloración de la empresa, y por ello en el largo plazo las empresas con un mayor B/M evidencian una rentabilidad mayor, que las empresas de B/M inferior (Fama y French, 1998; Campbell et al. 2008). Estas dificultades financieras generan mucha incertidumbre acerca de la continuidad de la empresa, siendo un factor de estudio clave a valorar la posible quiebra de la empresa (Altman, 1968; Ohlson, 1980; Merton, 1974; Beaver, 1966). Sumado a investigaciones como la de Dichev (1998), sugieren que el riesgo de quiebra puede considerarse como un factor de riesgo sistemático que debe tenerse en cuenta al evaluar los rendimientos esperados de las acciones y al construir carteras de inversiones. En promedio las empresas que tienen un alto B/M tienden a tener dificultades financieras (Fama y French, 1995; Chen y Zhang, 1998). Son este tipo de empresas las que tienden a sufrir una infravaloración en el mercado, por la sobreestimación del riesgo. Esto genera una oportunidad para tomar posición en ellas, pues tal y como concluyó Dechow y Sloan (1997), Lakonishok et al. (1994), la relación de tomar posiciones en aquellas empresas infravaloradas conlleva un riesgo que es retribuido en forma de mayor rentabilidad. Empíricamente llegaron a la conclusión que, en el largo plazo, una estrategia de inversión contraria si puede llegar a dar rendimientos positivos.

Tomar una inversión de valor, puede llegar a ser arriesgado, pero LaPorta (1996) advierte de que los errores de mercado generados por fallos en las predicciones de los analistas son el principal foco de rentabilidad de dichas inversiones. Es por ello, por lo que tomar un filtro previo antes del F-Score, debería permitir obtener con mayor precisión las empresas que verdaderamente están infravaloradas y son capaces de dar una alta rentabilidad en el largo plazo. El filtro propuesto es el Z''-Score de Altman (1983), el cual permite discernir entre empresas con posibilidades reales de quiebra, a empresas solventes con capacidad de recuperación. Mediante este filtro inicial se permite seleccionar aquellas empresas solventes, para su posterior examinación mediante el F-Score de Piotroski.

El Z-Score de Altman ha sido una herramienta fundamental para evaluar el riesgo de quiebra de una empresa, al combinar varios indicadores financieros en un

modelo predictivo (Altman, 1968). Además de ser continuista en la línea de inversión en valor, en base a modelos de puntuación, es un indicador respaldado por la literatura, y similar a otras grandes propuestas de diagnóstico de riesgo de quiebra, Ohlson (1980) y Beaver (1966), como un buen método de predicción. Si bien es cierto, que estudios posteriores ponen en evidencia ciertos signos de obsolescencia (Begley et al., 1996). Los modelos neuronales, así como modelos posteriores al de Altman (1968), aumentan la capacidad predictiva bien sea mediante la inclusión de nuevas variables o mediante nuevos métodos. En Altman et al. (1994) se comparan dos metodologías, Linear Discriminant Analysis y Neural Networks (LDA y NN), analizando más de 1000 empresas italianas. Ambos métodos muestran grandes resultados predictivos, pese a los problemas de “caja negra” de las redes neuronales, pese a ello Altman et al. (1994) concluye con la necesidad de un mayor número de pruebas y estudios para discernir que método es más adecuado.

La mejora predictiva es evidente en otros estudios como Campbell et al. (2011), pero recalcar que deriva de la idea principal del Z-Score de Altman. Es importante poder discernir entre las empresas con dificultades financieras, solventes y las abocadas a la quiebra. Campbell et al. (2011) propone un modelo logit que permite diferenciarlas, el modelo no deja de ser una derivación del Z-Score de Altman. Pero los resultados son significativos, pues remarca la idea de que las empresas solventes que son capaces de superar las dificultades financieras obtienen un mejor rendimiento que todas aquellas que permanecen en ese riesgo de quiebra, pues el mercado las infravalora.

Altman (2000) evidencia que el Z-Score es un gran predictor a un año, pero su efectividad se diluye drásticamente a partir del segundo año. Pese a esto, considero que la capacidad predictiva del Z-Score de Altman es suficiente para su uso de filtro, pues en base a la metodología propuesta más adelante en este trabajo, la idea de esta estrategia de selección de activos conlleva un rebalanceo de la cartera cada año que se presenten los estados financieros. En este caso, al reevaluar las empresas anualmente con el Z-Score solventaríamos ese problema de imprecisión, sumado a que las empresas a posteriori también se someten al F-Score.

Dadas las semejanzas de ambos modelos, basados en un análisis fundamental de sus estados financieros, concluyo que el uso del Z-Score es un indicador valido para discernir entre empresas con mayor o menor posibilidad de quiebra, pudiendo así seleccionar las pertinentes para someterlas al F-Score, eje principal de este trabajo. El problema aparece cuando la muestra a estudiar se trata de empresas no manufactureras.

Para ello, Altman (1983) expone el problema y el Z''-Score como solución al mismo, modificando los parámetros iniciales del Z-Score pudiendo ser así aplicado en empresas no manufactureras y en mercados ajenos al estadounidense. Altman (2017) muestra la robustez del Z''-Score, además de establecerse como un predictor sólido en mercados ajenos al estadounidense y para todo tipo de sectores, y deja entrever su potencial si se aplican una serie de hipótesis propias para cada país que decidimos investigar.

En este contexto, el presente estudio propone un sistema de filtros para la selección de acciones, combinando el F-Score de Piotroski (2000) como eje central del trabajo y utilizando el Z-Score de Altman (1968, 1983) como filtro preliminar para identificar empresas con un bajo riesgo de quiebra. Nos enfocaremos específicamente en empresas con alto B/M como punto de partida, aprovechando la investigación de Fama y French (1992) sobre la importancia de esta medida en la valoración de acciones. Posteriormente, tomaremos dichas empresas, y se le aplicara el Z-Score de Altman (1968) para hallar cuales no tienen tanto riesgo de quiebra, y será finalmente a esa muestra a la que se aplicara el F-Score de Piotroski (2000).

En definitiva, este estudio basado en la inversión en valor previamente introducida busca integrar el Z-Score y el F-Score, modelos bien reconocidos en la literatura financiera, con el objetivo de mejorar la identificación y selección de empresas infravaloradas con capacidad de obtener una rentabilidad superior al mercado en el largo plazo, en base a unos fundamentos financieros sólidos. Dado lo que nos es conocido, es la primera aplicación conjunta de ambos indicadores sobre una muestra de acciones de pequeña capitalización del mercado norteamericano.

La estructura de este trabajo será la siguiente. A continuación, se presentarán ambos modelos, Z-Score de Altman (1968,1983) y F-Score de Piotroski (2000), y se explicara la metodología a seguir en el mismo. Posteriormente, se realizará un análisis empírico para una muestra de empresas cotizadas de pequeña capitalización estadounidenses, y se expondrán los resultados pertinentes, así como una explicación acerca de los mismos. Finalmente, se concluirá con un análisis del propio informe valorando su aportación real, significatividad y capacidad predictiva.

2. Metodología

La metodología de este trabajo se fundamenta en el Z-Score de Altman (1968,1983) y el F-Score de Piotroski (2000). Se busca la aplicación de un modelo de filtros mediante la utilización de ambos scores, de cara a la selección de empresas en las que invertir.

2.1. Z-Score de Altman

El Z-Score inicial propuesto por Altman (1968), tomaba una muestra de 66 empresas manufactureras estadounidenses durante el periodo 1946 y 1965. Se dividió la muestra en dos grupos, de 33 empresas cada uno. Grupo 1, consistía en las empresas que presentaron quiebra en base al Capítulo 10 de la Ley Nacional de Quiebras durante el periodo estudiado. Las empresas de este primer grupo mostraban un tamaño medio de 6.4 millones de dólares, en un rango entre 0.7 y 25.9 millones de dólares. Grupo 2, conformado por empresas no quebradas, y de un tamaño ligeramente mayor que oscilaba entre 1 y 25 millones de dólares. Resaltar que el propio Altman destaca la falta de homogeneidad en las muestras, pese a cumplir el requisito de ser relativamente pequeñas y pertenecer al sector manufacturero. Los datos recopilados para las empresas de ambos grupos eran del mismo período. Para el Grupo 1, los datos se derivaron de los estados financieros un período antes de la quiebra. En base a esta muestra Altman creó el Z-Score, para poder discernir a las empresas entre el Grupo 1 y Grupo 2. La función es la siguiente:

$$Z = 1.2X_1 + 1.4X_2 + 3.3X_3 + 0.6X_4 + 1.0X_5 \quad [1]$$

Donde las variables se corresponden:

- $X_1 = \text{Working Capital} / \text{Total Assets}$ [1.1]

Este ratio utiliza el Working Capital, que es la diferencia entre los activos corrientes frente a los pasivos corrientes. Es decir, pretende ver la liquidez de la empresa en relación con sus activos totales. Un ratio positivo es indicativo de que la empresa está bien estructurada en cuanto a liquidez, lo cual genera una cobertura ante imprevistos a corto plazo sin necesidad de financiación externa.

- $X_2 = \text{Retained Earnings} / \text{Total Assets}$ [1.2]

Este ratio mide la capacidad de retener ganancias. Un valor alto sugiere que una gran parte de los activos de la empresa ha sido financiada internamente a través de ganancias retenidas, lo que indica una buena gestión financiera y una sólida estructura de capital.

Por el contrario, un valor bajo podría indicar que la empresa depende en gran medida de la deuda o de la emisión de nuevas acciones para financiar sus activos.

$$- \boxed{X_3} = \text{Earnings Before Interest and Taxes (EBIT)} / \text{Total Assets} \quad [1.3]$$

Este ratio mide la eficiencia operativa de la empresa y su capacidad para generar ingresos a partir de sus activos. Un valor alto en el ratio indica que la empresa es eficaz en utilizar sus activos para generar ganancias operativas, lo cual es una señal de buena gestión. Un valor bajo podría sugerir problemas operativos o una sobreinversión en activos que no están generando los retornos esperados.

$$- \boxed{X_4} = \text{Market Value of Equity} / \text{Book Value of Total Liabilities} \quad [1.4]$$

Este ratio mide en cuanto la empresa se financia a través de los accionistas, frente a su apalancamiento financiero mediante deuda. Un ratio alto significa la empresa tiene un bajo nivel de deuda en relación con su valor de mercado, lo que indica una posición financiera fuerte y menor riesgo de insolvencia. Un valor bajo sugiere una alta dependencia de la deuda, lo que podría aumentar el riesgo financiero, especialmente en entornos de tasas de interés crecientes o de dificultades operativas.

$$- \boxed{X_5} = \text{Sales} / \text{Total Assets} \quad [1.5]$$

Este ratio mide la capacidad de generar ventas en base a los activos de la empresa. La capacidad de generar ventas con poco activo es signo de competitividad en las empresas y de una mejor gestión de los recursos disponibles.

En base a la formula del Z-Score [1], Altman propone tres clases de empresas dependiendo de su resultado en la misma:

- $Z > 2.99$: La empresa está en una "zona segura", con una baja probabilidad de bancarrota.
- $1.81 < Z < 2.99$: La empresa está en una "zona gris" o "zona de alerta", donde el riesgo de bancarrota no es claro.
- $Z < 1.81$: La empresa está en una "zona de peligro", con una alta probabilidad de bancarrota.

Dicho modelo fue modificado por Altman (1983), pues el modelo inicial solo era aplicable para empresas que cotizaban en bolsa. Es por ello por lo que reestimó el modelo sustituyendo el "Market Value of Equity", por el "Book Value of Equity" creando así el Z'-Score, donde la variable resultaría tal que así:

$$X_4 = \text{Book Value of Equity} / \text{Book Value of Total Liabilities}$$

[2]

Este modelo no es relevante en si para el presente trabajo, pero sirve para comprender a modo de introducción el Z'' -Score, el cual excluía la variable X_5 para conseguir evitar el sesgo del sector estudiado, pudiendo así observar el Z-Score en empresas no manufactureras, pues la rotación de activos era una variable muy sensible al sector, por tanto, no permitía el uso del Z-Score en empresas no manufactureras. El resultado de dicho modelo es:

$$Z'' = 6.56X_1 + 3.26X_2 + 6.72X_3 + 1.05X_4 \quad [3]$$

Los resultados del estudio especificaron que el Z'' -Score y el Z' -Score mostraban resultados idénticos, y que el ratio X_3 era el que más poder discriminante tenía en este último modelo.

Discrimina las empresas en los mismos tres términos que el anterior, pero moviendo los límites:

- $Z'' > 2.6$: La empresa está en una "zona segura", con una baja probabilidad de bancarrota.
- $1.1 < Z'' < 2.6$: La empresa está en una "zona gris" o "zona de alerta", donde el riesgo de bancarrota no es claro.
- $Z'' < 1.1$: La empresa está en una "zona de peligro", con una alta probabilidad de bancarrota.

En el presente trabajo se utilizará esta última versión, Z'' -Score, a modo de filtro intermedio en el proceso de selección de activos, esto se debe a que la muestra de empresas pequeñas tiene una gran variedad de sectores y se halla en Estados Unidos, siendo así muy similar a la llevada a cabo para la estimación del Z'' -Score.

2.2. F-Score de Piotroski

Piotroski (2000) basa su inversión en valor, apoyándose en los fundamentales de la empresa. Piotroski (2000) evalúa las empresas con un alto B/M debido a su potencial de alta rentabilidad en el largo plazo (Lakonishok et al. 1995, Fama y French, 1992). Dentro de esta muestra del estudio de Piotroski (2000), se encuentra que la mayoría de las empresas se enfrenta a dificultades financieras, Fama y French (1995), Chen y Zhang (1998). Las principales causas de estas dificultades financieras son las que le motivan a la creación del F-Score, a modo de cuantificación de estas, y un modelo con capacidad

de discriminar entre empresas con capacidad de reversión de la situación y crecimiento, en mayor o menor medida.

Piotroski (2000) evalúa mediante 9 criterios los fundamentales de una empresa para ver la salud financiera de la misma. A su vez establece un parámetro para identificar empresas con potencial para generar altos retornos, basado en la inversión en valor. El F-Score se obtiene sumando los puntos de los nueve criterios. Una alta puntuación en el score, puntuación de 8 o 9, indica que la empresa tiene una fuerte salud financiera, con buenos resultados en términos de rentabilidad, eficiencia operativa y estructura financiera. Estas empresas suelen estar bien posicionadas para generar beneficios sostenibles en el futuro, lo que las convierte en candidatos atractivos para la inversión a largo plazo. Se pretende tomar posiciones largas en este tipo de empresas pues se espera que batan al mercado en un periodo de medio o largo plazo. Por el contrario, una baja puntuación en el F-Score, puntuación de 0 o 1, indica que la empresa tiene problemas financieros significativos en múltiples áreas, incluyendo rentabilidad, eficiencia operativa y estructura financiera. Estas empresas suelen estar en mayor riesgo de enfrentar dificultades financieras futuras, incluida la posibilidad de quiebra. Se pretende tomar posiciones cortas en este tipo de empresas pues se espera que el medio o largo experimenten un peor desempeño que el mercado.

$$\begin{aligned} \text{F-Score} = & \text{ROA} + \Delta \text{ROA} + \text{CFO} + \text{ACCRUAL} + \Delta \text{LEVER} + \Delta \text{LIQUID} + \text{EQ_OFFER} \\ & + \Delta \text{MARGIN} + \Delta \text{TURN} \end{aligned} \quad [4]$$

Dichos componentes del F-Score se pueden dividir en 3 grandes grupos;

- Profitability: conformado por ROA, Δ ROA, CFO y Accrual. Los cuales pretenden medir la performance de la empresa.
- Leverage, liquidity and source of funds: conformado por Δ Lever, Δ Liquid y EQ_Offer. Los cuales pretenden ver la situación de la financiación.
- Operating efficiency: conformado por Δ Margin, Δ Turn. Los cuales pretenden definir la eficiencia del negocio en base a las ventas.

PROFITABILITY:

Este apartado se centra en la rentabilidad, conformado por los cuatro primeros criterios, ROA, Δ ROA, CFO y Accrual. Los cuales pretenden medir la performance de la empresa, es decir, evalúan la eficiencia de la empresa en cuanto a la generación de beneficios.

- $\text{ROA} = \text{Net Income before extraordinary items} / \text{Total Assets} > 0 \quad [4.1]$

Return on Assets (ROA), debe ser positivo. Pretende ver la capacidad de la empresa de generar beneficios a partir de sus activos. Que el ROA sea positivo es buena señal pues es un indicador de buena salud financiera.

$$- \Delta \text{ROA} > 0 \quad [4.2]$$

La variación del ROA debe ser positiva. Esto indica una mejora en la eficiencia de gestión de los activos, mejorando la rentabilidad de estos.

$$- \text{CFO} = \text{Cash Flow from Operations} / \text{Total Assets} > 0 \quad [4.3]$$

El flujo de caja operativo debe ser positivo. Este mide la capacidad de generar efectivo a partir de sus operaciones principales.

$$- \text{Accrual} = (\text{Net Income before extraordinary items} - \text{Cash Flow from Operations}) / \text{Total Assets} < 0 \quad [4.4]$$

El flujo de caja debe ser mayor a los ingresos netos ordinarios. Esto evalúa la calidad de las ganancias de la empresa. Si el flujo de caja es mayor que el ingreso neto, se sugiere que las ganancias reportadas son de alta calidad y menos influenciadas por ajustes contables o partidas no monetarias.

LEVERAGE, LIQUIDITY AND SOURCE OF FUNDS:

Los siguientes tres criterios evalúan la estructura de capital de la empresa y su capacidad para financiar sus operaciones y crecimiento.

$$- \Delta \text{Lever} < 0 \quad \text{Lever} = \text{Long-term Debt} / \text{Total Assets (average)} \quad [4.5]$$

Variación deuda/activos negativa. Este criterio analiza si la empresa ha reducido su apalancamiento a largo plazo, lo que disminuye el riesgo financiero. Una reducción en la deuda a largo plazo relativa a los activos totales sugiere una menor dependencia del financiamiento externo.

$$- \Delta \text{Liquid} > 0 \quad \text{Liquid} = \text{Current Assets} / \text{Current Liabilities} \quad [4.6]$$

Variación en el ratio de liquidez positiva. Este ratio mide la capacidad de la empresa para cubrir sus pasivos a corto plazo con sus activos corrientes. Un aumento en el ratio indica una mejora en la liquidez de la empresa, lo que le permite enfrentar mejor sus obligaciones más inmediatas.

$$- \text{EQ_Offer: If the firm did not issue common equity} = 1 \quad [4.7]$$

No emisión de acciones durante el año. Este criterio valora si la empresa ha evitado emitir nuevas acciones, lo cual es favorable porque sugiere que la empresa no está diluyendo el valor de las acciones existentes para financiarse. La emisión de acciones

puede ser vista como una señal de que la empresa necesita capital adicional, lo que podría indicar debilidad financiera.

OPERATING EFFICIENCY:

Los dos últimos criterios se centran en la eficiencia con la que la empresa maneja sus recursos operativos.

$$- \Delta \text{ Margin} > 0 \quad \text{Margin} = \text{Gross Margin} / \text{Total Sales} \quad [4.8]$$

Variación en el margen bruto debe ser positiva. Una mejora en el margen puede ser signo de una mejora en costes, de una mejor gestión de inventarios o de un incremento del precio de venta.

$$- \Delta \text{ Turn} > 0 \quad \text{Turn} = \text{Total Sales} / \text{Total Assets (Beginning of the year)} \quad [4.9]$$

Variación en la rotación de activos positiva. Este mide la mejora en la eficiencia de los activos para generar ventas.

Las variables del F-Score toman valor de 1 o 0 dependiendo de si cumplen la restricción o no. Es decir, las empresas con una buena salud financiera y potencial de crecimiento tomaran valores más próximos a 9, mientras que las empresas en situación opuesta tomaran valores más próximos a 0.

3. Análisis empírico

El análisis empírico se fundamenta en la implementación de un filtro intermedio a la metodología inicial propuesta por Piotroski (2000). Comenzaremos seleccionando una muestra Empresas cotizadas de pequeña capitalización o small caps que integran el índice bursátil Russell 2000. Esta decisión se debe a que tal y como muestra Fama y French (1992) y Piotroski (2000), el efecto de selección de empresas en base a un alto B/M se ve acentuado en empresas de menor tamaño y menos seguidas por los analistas. Así pues, se seleccionará a las empresas con un B/M superior a la mediana de la muestra. A estas empresas se le aplicará el filtro intermedio del Z''-Score de Altman (1983), para poder discernir entre empresas con mayor o menor posibilidad de quiebra, tomando las empresas seguras. Del resultado de este filtro se realizará el F-Score de Piotroski (2000) sobre las empresas con menor posibilidad de quiebra, de las cuales se seleccionarán con objetivo de inversión a largo plazo todas aquellas que obtengan una puntuación suficientemente grande. Caso inverso en las posiciones cortas, donde se tomarán las empresas con mayor posibilidad de quiebra según Altman (1983), y con un F-Score en base a Piotroski (2000) suficientemente pequeño.

3.1 Datos

3.1.1. Selección de la muestra

El presente estudio opta por utilizar el índice bursátil, Russell 2000, como muestra para la aplicación del F-Score y el Z-Score, basándose en las siguientes consideraciones teóricas y empíricas que subrayan la idoneidad de esta.

El Russell 2000 incluye las principales empresas de pequeña capitalización estadounidenses. Las empresas de menor capitalización tienden a estar menos seguidas por los analistas, dando cabida a posibles ineficiencias en la valoración de las mismas, pudiendo hallar con mayor facilidad empresas infravaloradas. Lo cual constituye un entorno favorable para la aplicación del F-Score (Piotroski, 2000; Fama y French, 1993).

Estas empresas están menos consolidadas, además de ser muy diversas en sector y tipo de empresa, por ello la aplicación del Z-Score puede prevenírnos de tomar malas decisiones basándonos en su probabilidad de quiebra. Además, la amplia diversificación permite la generalizabilidad del estudio, pues la literatura sugiere que las muestras diversificadas reducen el riesgo de sesgos asociados con la concentración en sectores específicos, lo que mejora la validez externa de los hallazgos (Banz, 1981; Chan y Lakonishok, 1992).

Se observa que las empresas de pequeña capitalización incluidas en el Russell 2000 presentan una mayor volatilidad en sus precios de mercado en comparación con empresas de mayor tamaño. Esta característica es particularmente relevante dado que un entorno volátil puede amplificar las diferencias en desempeño entre empresas financieramente sólidas y aquellas que no lo son, proporcionando una prueba robusta de la efectividad del modelo de filtros propuesto en el estudio. Reinganum (1981).

En resumen, la opción del Russell 2000 como muestra para la aplicación del sistema de filtros propuesto se fundamenta en su representatividad del segmento de pequeña capitalización, la diversidad y volatilidad de las empresas incluidas, siendo un entorno idóneo para el estudio.

3.1.2. Obtención de datos y selección temporal

Para la obtención de los datos se utiliza la base de datos de EIKON Refinitiv. Para el presente estudio, se ha utilizado como fuente de datos el fondo cotizado (ETF) de Vanguard que réplica al índice Russell 2000 (Vanguard Russell 2000 ETF, ticker:

VTWO). Este ETF incluye en su cartera la composición del índice Russell 2000. Se pudieron obtener datos de la composición y rentabilidad diaria del mismo, desde el 22 de septiembre del año 2010, hasta el 31 de marzo del 2024. El objetivo inicial del estudio era obtener datos desde el 2006 hasta el 2023, para aplicar el sistema de filtros desde el 2007 hasta el 2023, hallando la rentabilidad de estos últimos hasta el 31 de marzo de 2024. Ante el problema de hallar las empresas exactas que formaban el ETF en los períodos 2006, 2007, 2008, 2009, se trasladó la composición del año 2010 hasta el 2006, suponiendo una baja rotación de las empresas que conforman el Russell 2000, la muestra no debería verse muy diferente de la realidad. El motivo de la no supresión de los años carentes de datos exactos es debido a que previo al análisis se consideraban de vital importancia los años de crisis para ver la capacidad del modelo de filtros, dado que se basa en la prevención de quiebras y grandes fundamentales para el crecimiento, esos años de recesión económica y quiebra de varias empresas es relevante para la investigación.

El periodo de 2006 a 2023 fue seleccionado por varias razones. En primer lugar, este intervalo de tiempo abarca múltiples ciclos económicos, incluyendo la crisis financiera global de 2008 y su posterior recuperación, además de la reciente crisis de la pandemia y su posterior clima inflacionario. Esto permite que el análisis capture cómo el modelo de filtros se desempeña en diferentes condiciones de mercado, proporcionando una evaluación robusta de su aplicabilidad y efectividad a lo largo del tiempo.

3.1.3. Tratamiento de datos y aplicación de filtros

El tratamiento de datos se basa en la metodología propuesta anteriormente, se toman los datos necesarios para realizar el F-Score y el Z-Score. Dada la exigencia de los modelos propuestos la muestra es completa. Con objetivo de analizar todas las empresas de las cuales haya información. Por este motivo los resultados son robustos.

El F-Score no está diseñado para empresas financieras pues el primer filtro a la muestra fue eliminar todas entidades financieras que componen el Russell 2000, principalmente banca regional. Además, en este proceso también se eliminaron ciertos componentes del ETF que o bien no se correspondían con el Russell 2000, como pueden ser la liquidez, o que no se proporcionaba bien la información del ISIN de la empresa. La composición sectorial del índice será abordada en el apartado 3.3.3. de este mismo trabajo, y los datos definitivos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Limpieza de la muestra

AÑO	Nº EMPRESAS BRUTO	Nº EMPRESAS LIMPIO
2010	1976	1655
2011	1972	1648
2012	1985	1621
2013	2018	1642
2014	2034	1685
2015	2001	1660
2016	1993	1611
2017	2014	1623
2018	2043	1651
2019	2012	1631
2020	2083	1685
2021	2088	1776
2022	1965	1647
2023	1982	1643

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON

El número de empresas tratadas tras la limpieza oscilaba entre 1600-1700 dependiendo del año, entorno al 85% de las empresas que conformaban el ETF eran aptas para el sistema de filtros, lo que pone de manifiesto la consistencia de nuestros futuros resultados empíricos.

En base a la muestra, se calculó la mediana del B/M, para discernir entre empresas sobrevaloradas e infravaloradas, siendo estas últimas las que pasarían al siguiente filtro.

Primero se aplicó el F-Score de Piotroski (2000) para ver su funcionamiento con la muestra y tener una referencia, para después ser comparada con el propio índice, Russell 2000. Posterior a esto se realizó el modelo de filtros el cual se fundamenta en aplicar el Z''-Score a las empresas infravaloradas, y luego aplicar el F-Score de Piotroski (2000). En las empresas seguras y con F-Score 9 o 8, se toman posiciones largas, y se denominan ZF-Score 98, mientras que las empresas con alto riesgo de quiebra y con F-Score 0 o 1, se toman posiciones cortas, y se denominan ZF-Score 01.

Uno de los inconvenientes arrastrado por la muestra es la no existencia de empresas con ZF-9 en el año 2007. Dado este motivo, se ha decidido no tomar ese año para la muestra dado que no se podrían hacer las comparativas pertinentes para ver la eficiencia del modelo. Dejando un periodo temporal a estudiar que comprende desde el uno de abril de 2008 hasta el 31 de marzo de 2024.

Para el cálculo de las rentabilidades y riesgo de las carteras propuestas, se tomarán las rentabilidades diarias desde el primer día de cotización de abril, pues es una fecha próxima a la de publicación de cuentas anuales, base clave para la realización de

los filtros, hasta el último día de cotización de marzo del año posterior. La cartera se rota en base a los resultados del modelo de filtros anualmente.

Finalmente, en las comparativas con el Russell 2000 se debe tener en cuenta que, dado que desde EIKON Refitiv el ETF de Vanguard proporcionaba información completa desde 2011, para el cálculo de las rentabilidades de los períodos anteriores, 2008 a 2010, se tomaran las rentabilidades de iShares Russell 2000, creado por BlackRock.

3.2 Resultados (baseline results)

El objetivo de esta investigación fue desarrollar y evaluar una metodología de selección de inversiones basada en la combinación del F-Score de Piotroski (2000) y el Z"-Score de Altman (1983), aplicada a empresas del índice Russell 2000. La investigación pretende dar un modelo capaz de identificar empresas con sólidos fundamentos financieros y operativos, y contrastar su desempeño frente al índice de referencia. En este apartado se busca observar los resultados del estudio, proporcionando un informe y un análisis estadístico de las carteras creadas.

3.2.1. Piotroski

En primera instancia se analizará la eficacia del modelo de Piotroski (2000), comprobando su robustez, así como su resultado frente al índice de referencia Russell 2000.

Se presenta un análisis comparativo de una cartera compuesta exclusivamente por empresas F-9, las cuales presuponen mejores fundamentos financieros, frente al índice de referencia, el Russell 2000.

Tabla 2. F-9 vs Russell 2000

		Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencia Rentabilidad F9 - RUSSELL	Número de empresas
2008	F-9	0.01%	4.09%	0.16%	4
	RUSSELL	-0.15%	3.07%		1976 [†]
2009	F-9	0.35%	2.10%	0.16%	6
	RUSSELL	0.19%	1.59%		1976 [†]
2010	F-9	0.13%	1.39%	0.03%	12
	RUSSELL	0.10%	1.54%		1976
2011	F-9	0.07%	2.39%	0.05%	6
	RUSSELL	0.02%	1.93%		1972
2012	F-9	0.20%	1.37%	0.14%**	13
	RUSSELL	0.06%	0.97%		1985
2013	F-9	0.13%	1.31%	0.03%	6
	RUSSELL	0.10%	0.95%		2018
2014	F-9	0.08%	1.13%	0.05%	7
	RUSSELL	0.03%	0.98%		2034
2015	F-9	0.02%	1.27%	0.05%	6
	RUSSELL	-0.03%	1.16%		2001
2016	F-9	0.14%	1.48%	0.05%	7
	RUSSELL	0.09%	0.97%		1993
2017	F-9	0.09%	1.07%	0.04%	15
	RUSSELL	0.05%	0.82%		2014
2018	F-9	0.04%	1.16%	0.02%	21
	RUSSELL	0.02%	1.07%		2043
2019	F-9	0.06%	2.36%	0.15%	10
	RUSSELL	-0.09%	2.03%		2012
2020	F-9	0.43%	2.20%	0.13%	13
	RUSSELL	0.30%	1.87%		2083
2021	F-9	0.14%	1.47%	0.16%**	33
	RUSSELL	-0.02%	1.33%		2088
2022	F-9	0.07%	1.90%	0.11%	28
	RUSSELL	-0.04%	1.66%		1965
2023	F-9	0.18%	1.14%	0.10%	17
	RUSSELL	0.08%	1.21%		1982

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Rentabilidad diaria media muestra la rentabilidad promedio diaria de una cartera equiponderada formada por las acciones con un F-Score igual a 9, y la rentabilidad promedio diaria del Índice Bursátil Russell 2000. Se muestra también información sobre la desviación típica de dichas rentabilidades diarias. Diferencia F9-RUSSELL refleja la diferencia entre las rentabilidades diarias medias de la cartera equiponderada y el índice bursátil, así como su significación estadística. Todos los cálculos se desglosan para cada año natural del periodo de análisis, 2008-2023. Además, se añade el número de empresas que conforma cada cartera en dicho periodo temporal. [†] En 2008 y 2009 se considera la misma composición del índice bursátil Russell 2000 debido a la no disponibilidad de su composición para dichos años.

** Significativo al 1%. * Significativo al 5%.

Tabla 3. F-9 vs Russell (2008-2023)

	Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencia F9 - RUSSELL
F-9	0.13%**	1.90%	0.09%**
RUSSELL	0.04%	1.56%	

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Esta tabla se interpreta de forma similar a la Tabla 2, pero sus cálculos se realizan para todo el periodo de análisis 2008-2023.

** Significativo al 1%. * Significativo al 5%.

De acuerdo con la Tabla 2, las empresas con F-Score de 9 obtienen una rentabilidad mayor al Russell todos los años del periodo de la muestra. Sin embargo, tomando un intervalo de confianza del 1%, dicho exceso de rentabilidad sólo es significativo en 2012 y 2021. Estos años tienen ciertas características importantes. 2012 es el año posterior a la crisis del techo de deuda estadounidense, 2011. Además, dicha crisis viene precedida de la gran crisis de 2008, es decir, 2012 es un año de recuperación post crisis. 2021, en su caso, es el año posterior a la pandemia generada por la crisis de la COVID-19, es decir, también es un año de recuperación. Visto este breve desglose podríamos llegar a encontrar cierta tendencia por parte del F-Score de Piotroski (2000), por diferenciarse de manera significativa en entornos postcrisis, este hecho ya fue mencionado por el autor en su obra y vemos como se reafirma en esta muestra.

En referencia con la Tabla 3, donde se muestra todo el periodo temporal en su conjunto, la cartera F-9 muestra una rentabilidad diaria media superior al índice, aunque también presenta un riesgo mayor. Este riesgo extra en gran medida viene dado por la escasa diversificación de la cartera F-9, mientras que el Russell 2000 agrupa una gran cantidad de empresas, la cartera F-9 es sensiblemente inferior en cuanto a número de activos, lo cual genera un aumento del riesgo específico. La Tabla 3 evidencia que la estrategia de Piotroski (2000) mantenida en el largo plazo, pese a los diferentes contextos económicos y de mercado, generaría valor añadido respecto a una gestión indexada sobre el Russell 2000.

A continuación, se presenta un análisis comparativo de una cartera compuesta exclusivamente por empresas F-9, frente a una cartera compuesta exclusivamente por empresas F-0. Este análisis pretende demostrar que el modelo de Piotroski (2000), es coherente y robusto, pues delimita dos carteras en base a sus fundamentos financieros, siendo un grupo F-9 y el opuesto F-0. En base a la teoría de Piotroski (2000), los

rendimientos de F-9 deberían ser significativamente superiores a los de F-0, dada la calidad de sus estados financieros.

Tabla 4. F-9 vs F-0

		Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencia de rentabilidad F9 – F0	Número de empresas
2008	F-9	0.01%	4.09%	0.18%	4
	F-0	-0.17%	3.85%		6
2009	F-9	0.35%	2.10%	0.10%	6
	F-0	0.25%	2.22%		3
2010	F-9	0.13%	1.39%	0.08%	12
	F-0	0.05%	2.46%		2
2011	F-9	0.07%	2.39%	0.02%	6
	F-0	0.05%	3.07%		2
2012	F-9	0.20%	1.37%	0.43%	13
	F-0	-0.23%	6.65%		1
2013	F-9	0.13%	1.31%	-0.36	6
	F-0	0.49%	6.25%		2
2014	F-9	0.08%	1.13%	0.19%	7
	F-0	-0.11%	2.58%		2
2015	F-9	0.02%	1.27%	0.12%	6
	F-0	-0.10%	3.11%		3
2016	F-9	0.14%	1.48%	-	7
	F-0	-	-		0
2017	F-9	0.09%	1.07%	0.06%	15
	F-0	0.03%	1.96%		2
2018	F-9	0.04%	1.16%	-	21
	F-0	-	-		0
2019	F-9	0.06%	2.36%	0.17%	10
	F-0	-0.11%	6.97%		1
2020	F-9	0.43%	2.20%	-	13
	F-0	-	-		0
2021	F-9	0.14%	1.47%	-	33
	F-0	-	-		0
2022	F-9	0.07%	1.90%	0.24%	28
	F-0	-0.17%	4.00%		4
2023	F-9	0.18%	1.14%	0.01%	17
	F-0	0.19%	3.70%		2

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Rentabilidad diaria media muestra la rentabilidad promedio diaria de una cartera equiponderada formada por las acciones con un F-Score igual a 9, y la rentabilidad promedio diaria por las acciones con un F-Score igual a 0. Se muestra también información sobre la desviación típica de dichas rentabilidades diarias. Diferencia F9-F0 refleja la diferencia entre las rentabilidades diarias medias entre ambas carteras equiponderadas, así como su significación estadística. Todos los cálculos se desglosan para cada año natural del periodo de análisis, 2008-2023. Además, se añade el número de empresas que conforma cada cartera en dicho periodo temporal.

** Significativo al 1%. * Significativo al 5%.

Tabla 5. F-9 vs F-0 (2008-2023)

	Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencia F9-F0
F-9	0.13%	1.90%	
F-0	0.01%	4.25%	0.12%

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Esta tabla se interpreta de forma similar a la Tabla 4, pero sus cálculos se realizan para todo el periodo de análisis 2008-2023.

** Significativo al 1%. * Significativo al 5%.

En referencia a la tabla 4 y 5, las empresas con F-Score superior muestran mayor rentabilidad que las empresas con F-Score inferior. Pero estadísticamente, esta diferencia no es significativa en ningún año, ni para todo el periodo en conjunto. Lo cual denota que el modelo de Piotroski (2000), no es coherente en su filtrado, y que analizado de manera estadística no es relevante discernir las empresas en base a su F-Score, pues no se hallan resultados significativos que avalen diferencias en su rentabilidad.

Además, otra de las conclusiones que obtenemos son que las empresas con F-Score de 0, en el periodo 2008-2023 obtienen una rentabilidad diaria media positiva, lo cual no concuerda con la hipótesis del modelo de Piotroski, y perjudicará la rentabilidad de la cartera si tomáramos posiciones cortas en ellas. Una característica reseñable es la gran diferencia de riesgo que se da entre empresas el alto y bajo score, teniendo estas últimas una gran desviación típica, véase dada por disminuir de forma notoria la cantidad de activos, generando un aumento de la desviación típica vía riesgo específico.

Al igual que en las tablas 2 y 3, se buscaba realizar un análisis de las posiciones largas en empresas de máximo F-Score, en busca de confirmar que el modelo de Piotroski (2000) funciona, se presenta un análisis comparativo de una cartera compuesta exclusivamente por empresas F-98, ampliando así el margen de F-Score necesario para tomar posiciones largas, frente al índice de referencia, el Russell 2000. Se busca, que al generar una cartera con empresas de F-Score 9 y 8, el comportamiento frente al índice sea similar al de F-9, y además sostenga las hipótesis de generar valor vía rentabilidad frente al índice.

Tabla 6. F-98 vs Russell 2000

		Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencia F98-RUSSELL	Número de empresas
2008	F-98	0.04%	2.67%	0.19%*	47
	RUSSELL	-0.15%	3.07%		1976 ^T
2009	F-98	0.41%	1.75%	0.22%**	59
	RUSSELL	0.19%	1.59%		1976 ^T
2010	F-98	0.15%	1.58%	0.05%*	80
	RUSSELL	0.10%	1.54%		1976
2011	F-98	0.04%	1.96%	0.02%	73
	RUSSELL	0.02%	1.93%		1972
2012	F-98	0.14%	1.01%	0.08%**	78
	RUSSELL	0.06%	0.97%		1985
2013	F-98	0.15%	0.98%	0.05%*	63
	RUSSELL	0.10%	0.95%		2018
2014	F-98	0.07%	0.93%	0.04%*	57
	RUSSELL	0.03%	0.98%		2034
2015	F-98	0.01%	1.08%	0.04%	65
	RUSSELL	-0.03%	1.16%		2001
2016	F-98	0.17%	1.05%	0.08%**	73
	RUSSELL	0.09%	0.97%		1993
2017	F-98	0.08%	0.87%	0.03%	92
	RUSSELL	0.05%	0.82%		2014
2018	F-98	0.04%	1.02%	0.02%	118
	RUSSELL	0.02%	1.07%		2043
2019	F-98	-0.04%	2.25%	0.05%	72
	RUSSELL	-0.09%	2.03%		2012
2020	F-98	0.39%	1.96%	0.09%*	64
	RUSSELL	0.30%	1.87%		2083
2021	F-98	0.15%	1.53%	0.17%**	163
	RUSSELL	-0.02%	1.33%		2088
2022	F-98	0.05%	1.66%	0.09%*	128
	RUSSELL	-0.04%	1.66%		1965
2023	F-98	0.15%	1.09%	0.07%*	102
	RUSSELL	0.08%	1.21%		1982

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Rentabilidad diaria media muestra la rentabilidad promedio diaria de una cartera equiponderada formada por las acciones con un F-Score entre 9 y 8, y la rentabilidad promedio diaria del Índice Bursátil Russell 2000. Se muestra también información sobre la desviación típica de dichas rentabilidades diarias. Diferencia F98-RUSSELL refleja la diferencia entre las rentabilidades diarias medias de la cartera equiponderada y el índice bursátil, así como su significación estadística. Todos los cálculos se desglosan para cada año natural del periodo de análisis, 2008-2023. Además, se añade el número de empresas que conforma cada cartera en dicho periodo temporal. ^T En 2008 y 2009 se considera la misma composición del índice bursátil Russell 2000 debido a la no disponibilidad de su composición para dichos años.

** Significativo al 1%. * Significativo al 5%.

Tabla 7. F-98 vs Russell (2008-2023)

	Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencias F98-RUSSELL
F-98	0.13%	1.56%	
RUSSELL	0.04%	1.56%	0.09%**

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Esta tabla se interpreta de forma similar a la Tabla 6, pero sus cálculos se realizan para todo el periodo de análisis 2008-2023.

En base a las tablas 6 y 7, se halla que la cartera F-98 muestra rentabilidades superiores y estadísticamente significativas en la mayoría de los años del periodo. Además de que si tomamos todo el periodo en su conjunto muestra rentabilidades muy superiores a mismo riesgo, siendo así una cartera superior a si replicáramos el índice. Piotroski (2000) estaría funcionando en términos de rentabilidad de las empresas con mejor score, de la muestra.

En busca de comprobar que el modelo es coherente y robusto, se comparan los resultados de las Tablas 2 y 3, frente a los actuales, Tablas 6 y 7. Las carteras F-9 y F-98 muestran una rentabilidad muy similar, obteniendo F-9 una rentabilidad sutilmente mayor, pero no se encuentran diferencias significativas entre la rentabilidad de estas. La característica que las diferencia es el riesgo o desviación típica. Puesto que es aquí donde el número de activos de la cartera toma un peso relevante, puesto que ya en F-98 el riesgo específico desaparece, situando el riesgo a mismos niveles que el Russell 2000, mientras que en F-9, el número de activos es sensiblemente inferior, generando un aumento en el riesgo.

Como conclusión de este apartado, se recalca el funcionamiento de Piotroski (2000) en la muestra. Siendo este capaz de hallar empresas ganadoras de manera sistemática durante el periodo temporal estudiado.

Las Tablas 8 y 9, servirán de refuerzo para comprobar la robustez del modelo de Piotroski (2000). En ellas se presenta un análisis comparativo de una cartera compuesta exclusivamente por empresas F-98, frente a una cartera compuesta exclusivamente por empresas F-01. El objetivo de este apartado es analizar si discernir entre empresas de F-Score superior e inferior, genera diferencias significativas en cuanto a rentabilidad. Es decir, si realizar carteras basándonos en la calidad de los fundamentales es coherente en la muestra.

Tabla 8. F-98 vs F-01

		Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencias F98-F01	Número de empresas
2008	F-98	0.04%	2.67%	0.11%	47
	F-01	-0.07%	3.21%		22
2009	F-98	0.41%	1.75%	0.05%	59
	F-01	0.36%	2.13%		28
2010	F-98	0.15%	1.58%	0.03%	80
	F-01	0.12%	1.41%		19
2011	F-98	0.04%	1.96%	0.00%	73
	F-01	0.04%	1.90%		21
2012	F-98	0.14%	1.01%	0.22%**	78
	F-01	-0.08%	1.38%		19
2013	F-98	0.15%	0.98%	-0.05%	63
	F-01	0.20%	1.31%		19
2014	F-98	0.07%	0.93%	0.09%	57
	F-01	-0.02%	1.24%		20
2015	F-98	0.01%	1.08%	0.08%	65
	F-01	-0.07%	1.43%		20
2016	F-98	0.17%	1.05%	-0.03%	73
	F-01	0.20%	1.66%		28
2017	F-98	0.08%	0.87%	0.01%	92
	F-01	0.07%	1.31%		20
2018	F-98	0.04%	1.02%	-0.02%	118
	F-01 ¹	0.06%	2.92%		14
2019	F-98	-0.04%	2.25%	0.04%	72
	F-01	-0.08%	2.31%		29
2020	F-98	0.39%	1.96%	-0.08%	64
	F-01	0.47%	2.79%		21
2021	F-98	0.15%	1.53%	0.36%**	163
	F-01	-0.21%	2.02%		37
2022	F-98	0.05%	1.66%	0.09%	128
	F-01	-0.04%	2.51%		80
2023	F-98	0.15%	1.09%	0.03%	102
	F-01	0.12%	1.93%		58

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Rentabilidad diaria media muestra la rentabilidad promedio diaria de una cartera equiponderada formada por las acciones con un F-Score entre 9 y 8, y la rentabilidad promedio diaria por las acciones con un F-Score entre 0 y 1. Se muestra también información sobre la desviación típica de dichas rentabilidades diarias. Diferencia F98-F01 refleja la diferencia entre las rentabilidades diarias medias entre ambas carteras equiponderadas, así como su significación estadística. Todos los cálculos se desglosan para cada año natural del periodo de análisis, 2008-2023. Además, se añade el número de empresas que conforma cada cartera en dicho periodo temporal.

** Significativo al 1%. * Significativo al 5%.

¹ El año 2018 presentaba un atípico demasiado relevante que sesgaba la muestra, se trata de US35953D1046, este ha sido eliminado.

Tabla 9. F-98 vs F-01 (2008-2023)

	Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencias F98-F01
F-98	0.13%	1.56%	
F-01	0.07%	1.97%	0.06%**

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Esta tabla se interpreta de forma similar a la Tabla 8, pero sus cálculos se realizan para todo el periodo de análisis 2008-2023.

En base la Tabla 8, la cual enfrenta a las carteras F-98 vs F-01, podemos llegar a encontrar problemas de robustez en el modelo si vamos año a año, pues hay periodos en los que las empresas con F-01 muestran rentabilidades mayores a las de F-98, pero no significativamente relevantes. Los años claves para el estudio son 2012 y 2021, donde la cartera F-98 muestra rentabilidades significativamente superiores a la cartera F-01. Estos años son los mismos donde, la cartera F-9 batía al Russell, y la cartera F-98 también. A comparación con la Tabla 4, ya se hallan casos donde las empresas de F-Score superior baten de manera significativa a las de F-Score inferior. Pero lo más destacable, es que Piotroski (2000) se muestra coherente si analizamos todo el periodo en su conjunto, pues al contrario que lo observado en la Tabla 5, las acciones de F-Score superior son significativamente más rentables que las de F-Score inferior, esto así es reflejado en la Tabla 9. Por tanto, podríamos decir que Piotroski (2000), ahora si es coherente en la muestra y periodo temporal estudiado, y posiblemente los resultados de las Tablas 4 y 5, se hallan visto condicionados por tener un menor número de empresas. Finalmente, esta comparativa deja ver como el modelo de Piotroski si es capaz de predecir de cierta manera empresas ganadoras, pero en cuanto a las perdedoras sufre imprecisiones, pues crea carteras con rentabilidades positivas, pero lo que es llamativo es que también baten al índice de referencia.

Para finalizar el análisis de Piotroski (2000) se propone una cartera final con el objetivo de maximizar la rentabilidad, bajo las hipótesis de que esta depende de los fundamentales financieros, tal y como se plantea en Piotroski (2000), se genera una cartera donde se toman posiciones largas en empresas cuyo F-Score sea superior o igual a 8, mientras que en aquellas empresas que carecen de buenos fundamentales se toman posiciones cortas, este grupo de empresas deben obtener un F-Score inferior o igual a 1. La cartera se constituye de manera equiponderada, sin tener en cuenta si corresponde a

una posición larga o corta. Para comprobar el funcionamiento de la cartera, esta se comparará vía rentabilidad y riesgo al Russell 2000.

Tabla 10. F-98/01 vs Russell 2000

		RENTABILIDAD DIARIA	DESVIACIÓN TÍPICA	Diferencias F98/01-RUSSELL	Número de empresas
2008	F-98/01	0.05%	1.26%	0.20%	69
	RUSSELL	-0.15%	3.07%		1976 [†]
2009	F-98/01	0.16%	0.68%	-0.03%	87
	RUSSELL	0.19%	1.59%		1976 [†]
2010	F-98/01	0.10%	1.05%	0.00%	99
	RUSSELL	0.10%	1.54%		1976
2011	F-98/01	0.02%	1.16%	0.00%	94
	RUSSELL	0.02%	1.93%		1972
2012	F-98/01	0.13%	0.66%	0.07%*	97
	RUSSELL	0.06%	0.97%		1985
2013	F-98/01	0.07%	0.67%	-0.03%	82
	RUSSELL	0.10%	0.95%		2018
2014	F-98/01	0.06%	0.58%	0.03%	77
	RUSSELL	0.03%	0.98%		2034
2015	F-98/01	0.03%	0.64%	0.06%	85
	RUSSELL	-0.03%	1.16%		2001
2016	F-98/01	0.07%	0.65%	-0.02%	102
	RUSSELL	0.09%	0.97%		1993
2017	F-98/01	0.05%	0.61%	0.00%	112
	RUSSELL	0.05%	0.82%		2014
2018	F-98/01	0.03%	0.82%	0.01%	132
	RUSSELL	0.02%	1.07%		2043
2019	F-98/01	-0.01%	1.12%	0.08%	101
	RUSSELL	-0.09%	2.03%		2012
2020	F-98/01	0.18%	1.03%	-0.12%	85
	RUSSELL	0.30%	1.87%		2083
2021	F-98/01	0.16%	1.09%	0.18%**	200
	RUSSELL	-0.02%	1.33%		2088
2022	F-98/01	0.04%	0.87%	0.08%	208
	RUSSELL	-0.04%	1.66%		1965
2023	F-98/01	0.05%	0.53%	-0.03%	160
	RUSSELL	0.08%	1.21%		1982

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Rentabilidad diaria media muestra la rentabilidad promedio diaria de una cartera equiponderada formada por posiciones largas en las acciones con un F-Score entre 9 y 8, y posiciones cortas en las acciones con un F-Score entre 0 y 1, y la rentabilidad promedio diaria del Índice Bursátil Russell 2000. Se muestra también información sobre la desviación típica de dichas rentabilidades diarias. Diferencia F98/01-RUSSELL refleja la diferencia entre las rentabilidades diarias medias de la cartera equiponderada y el índice bursátil, así como su significación estadística. Todos los cálculos se desglosan para cada año natural del periodo de análisis, 2008-2023. Además, se añade el número de empresas que conforma cada cartera en dicho periodo temporal. [†] En 2008 y 2009 se considera la misma composición del índice bursátil Russell 2000 debido a la no disponibilidad de su composición para dichos años.

** Significativo al 1%. * Significativo al 5%.

Tabla 11. F-98/01 vs Russell (2008-2023)

	Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencia F98/01-RUSSELL
F-98/01	0.08%	0.87%	
RUSSELL	0.01%	1.56%	0.07%

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Esta tabla se interpreta de forma similar a la Tabla 10, pero sus cálculos se realizan para todo el periodo de análisis 2008-2023.

La cartera equiponderada final conformada por Piotroski (2000), se conforma mediante la toma de posiciones largas en F-98 y posiciones cortas en F-01. Esta cartera no es significativamente más rentable que el Russell 2000. Por tanto, Piotroski (2000) no sería más efectivo que una gestión indexada. Respecto al riesgo, se observa una notable reducción del mismo. Esto se debe a que carteras como F-9 o F-0, tienen una cantidad sensiblemente inferior de activos, en cambio en la Tabla 10 y 11, se observa como ya en F-98/01 la cantidad de activos es muy superior, generando una disminución considerable en la desviación típica, tras eliminar el riesgo específico.

La Tabla 10 en comparación con la Tabla 6 muestra un menor número de años con rentabilidades significativas frente al Russell. Destacan los años 2012 y 2021, ya mencionados anteriormente, donde la cartera si obtiene rentabilidades significativamente superiores al Russell. Lo más resaltante es la comparativa entre la Tabla 7 y la Tabla 11, donde una cartera con solo posiciones largas si es capaz de batir al mercado, mientras que la combinación de posiciones largas y cortas en base a Piotroski (2000), no consigue diferencias significativas en cuanto a rentabilidad frente al Russell. Esto agrava el problema mencionado anteriormente, con respecto a las Tablas 8 y 9, y es que las posiciones cortas, es decir aquellas con peores fundamentales según Piotroski (2000), no obtienen rentabilidades significativamente inferiores al mercado, y en la muestra actual se da el caso de que merman la rentabilidad de la cartera.

Como conclusión del estudio de Piotroski (2000) en la muestra, se extraen las siguientes conclusiones. El modelo es robusto, siendo las empresas de mayor F-Score las de mayor rentabilidad, frente al índice y frente a las de menor F-Score. Pese a ello se ha de tener siempre en consideración que las carteras de pocos activos pueden verse sesgadas en algunos años, además de caracterizarse por una mayor desviación típica dado un aumento en el riesgo específico. Acerca de las posiciones cortas, son el eslabón débil de Piotroski (2000), pues el estudio refleja rentabilidades contrarias en

ciertos casos a lo esperado, si bien cuando tomamos F-98 y F-01, las conclusiones son acordes a lo provisto por Piotroski (2000), cuando generamos una cartera F-98/01, las posiciones cortas merman la rentabilidad, debido a la incapacidad del modelo para generar rentabilidades significativamente inferiores al índice.

3.2.2. Modelo de filtros

Tras comprobar el modelo de Piotroski (2000) en la muestra, aplicaremos el modelo de filtros propuesto. Este modelo será comparado con Piotroski (2000), para ver cuál es el aporte de la implementación del filtro basado en Altman (1983). Recalcar el proceso llevado acabo para la creación de las carteras en base al modelo de filtro. Se aplica Piotroski (2000), con la salvedad de que a las empresas de F-Score superior se les requiere que superen Altman (1983), como empresa segura. Mientras que a las empresas de peores fundamentales, es decir F-Score inferior, se les requiere que no superen Altman (1983), por tanto, que sean consideradas empresas con alto potencial de quiebra. Este proceso se llevará acabo a uno de abril, y se rotará la cartera de forma anual, con motivo de maximizar el efecto de Altman (1983), tal y como se expresa en el primer apartado de este trabajo, Altman (1983), es un buen predictor a un año, pero su eficacia cae si se mantiene más en el tiempo (Altman, 2000).

En primera instancia se valorará como afecta a las posiciones de máximo F-Score, buscando evidencias de que la implementación de Altman (1983), genera cambios significativos en rentabilidad y como el riesgo asociado, así como el número de empresas varía con respecto a Piotroski (2000).

Tabla 12. F-9 vs ZF-9

		Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencia de rentabilidad F9 – ZF9	Número de empresas
2008	F-9	0.01%	4.09%	0.05%	4
	ZF-9	-0.04%	7.24%		1
2009	F-9	0.35%	2.10%	0.06%	6
	ZF-9	0.29%	2.23%		3
2010	F-9	0.13%	1.39%	0.02%	12
	ZF-9	0.11%	1.62%		3
2011	F-9	0.07%	2.39%	-0.01%	6
	ZF-9	0.08%	2.55%		3
2012	F-9	0.20%	1.37%	0.04%	13
	ZF-9	0.16%	1.49%		6
2013	F-9	0.13%	1.31%	0.00%	6
	ZF-9	0.13%	1.31%		6
2014	F-9	0.08%	1.13%	-0.01%	7
	ZF-9	0.09%	1.25%		6
2015	F-9	0.02%	1.27%	-0.01%	6
	ZF-9	0.03%	1.57%		4
2016	F-9	0.14%	1.48%	0.02%	7
	ZF-9	0.12%	1.27%		4
2017	F-9	0.09%	1.07%	-0.02%	15
	ZF-9	0.11%	1.12%		10
2018	F-9	0.04%	1.16%	0.00%	21
	ZF-9	0.04%	1.25%		16
2019	F-9	0.06%	2.36%	0.04%	10
	ZF-9	0.02%	2.42%		5
2020	F-9	0.43%	2.20%	0.03%	13
	ZF-9	0.40%	2.21%		8
2021	F-9	0.14%	1.47%	0.03%	33
	ZF-9	0.11%	1.34%		24
2022	F-9	0.07%	1.90%	-0.03%	28
	ZF-9	0.10%	1.86%		17
2023	F-9	0.18%	1.14%	0.03%	17
	ZF-9	0.15%	1.18%		15

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Rentabilidad diaria media muestra la rentabilidad promedio diaria de una cartera equiponderada formada por las acciones con un F-Score igual a 9, y la rentabilidad promedio diaria por las acciones con un F-Score igual a 9, además de ser consideradas “SEGURAS” por el Z’-Score. Se muestra también información sobre la desviación típica de dichas rentabilidades diarias. Diferencia F9-ZF9 refleja la diferencia entre las rentabilidades diarias medias entre ambas carteras equiponderadas, así como su significación estadística. Todos los cálculos se desglosan para cada año natural del periodo de análisis, 2008-2023. Además, se añade el número de empresas que conforma cada cartera en dicho periodo temporal.

** Significativo al 1%. * Significativo al 5%.

Tabla 13. F-9 vs ZF-9 (2008-2023)

	Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencia F9-ZF9
F-9	0.13%	1.90%	
ZF-9	0.12%	2.46%	0.01%

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Esta tabla se interpreta de forma similar a la Tabla 12, pero sus cálculos se realizan para todo el periodo de análisis 2008-2023.

Se puede observar en la Tabla 12 como la aplicación del modelo de filtros no genera ningún cambio significativo en las rentabilidades de ningún año. En adición a ello, en la Tabla 13, se ratifica que la implementación del Z-Score en Piotroski (2000) no genera ningún cambio significativo en la rentabilidad de la cartera tomando todo el periodo en su conjunto. Dicha Tabla 13, muestra como el modelo de filtros en empresas de F-9, aumenta el riesgo y obtiene una menor rentabilidad, es decir, aplicar el filtro de que la empresa sea segura estaría aumentando la desviación típica de la cartera además de no aportar ningún cambio significativo en la rentabilidad de la misma. Aunque dicho aumento del riesgo es debido a que las carteras propuestas son equiponderadas, y al tener unos filtros tan exigentes, el número de activos es muy reducido. Esto genera que no exista ningún efecto vía diversificación, el cual no permite eliminar el riesgo específico. Tras esta aclaración, podríamos juzgar ambas carteras como estadísticamente similares, por tanto, la implementación del Z-Score como filtro intermedio en Piotroski (2000), no genera cambios significativos en las empresas de máximo F-Score.

Dado que las empresas de máximo F-Score son escasas, amplia el análisis a empresas con F-Score de 8 y 9. Generando comparativa entre Piotroski (2000) y el modelo de filtros propuesto, en busca de que este genere alguna diferenciación al ampliar los requisitos de F-Score.

Tabla 14. F-98 vs ZF-98

		RENTABILIDAD DIARIA	DESVIACIÓN TÍPICA	Diferencia de rentabilidad F98 – ZF98	Número de empresas
2008	F-98	0.04%	2.67%	0.08%	47
	ZF-98	-0.04%	2.58%		37
2009	F-98	0.41%	1.75%	0.11%**	59
	ZF-98	0.30%	1.56%		29
2010	F-98	0.15%	1.58%	-0.01%	80
	ZF-98	0.16%	1.55%		53
2011	F-98	0.04%	1.96%	-0.01%	73
	ZF-98	0.05%	1.96%		45
2012	F-98	0.14%	1.01%	-0.00%	78
	ZF-98	0.14%	1.00%		52
2013	F-98	0.15%	0.98%	-0.02%	63
	ZF-98	0.17%	1.06%		40
2014	F-98	0.07%	0.93%	-0.01%	57
	ZF-98	0.08%	0.94%		42
2015	F-98	0.01%	1.08%	-0.02%	65
	ZF-98	0.03%	1.11%		38
2016	F-98	0.17%	1.05%	0.04%*	73
	ZF-98	0.13%	1.04%		40
2017	F-98	0.08%	0.87%	-0.01%	92
	ZF-98	0.09%	0.90%		56
2018	F-98	0.04%	1.02%	-0.01%	118
	ZF-98	0.05%	1.07%		74
2019	F-98	-0.04%	2.25%	-0.03%	72
	ZF-98	-0.01%	2.05%		42
2020	F-98	0.39%	1.96%	-0.03%	64
	ZF-98	0.42%	1.97%		37
2021	F-98	0.15%	1.53%	0.05%	163
	ZF-98	0.10%	1.38%		101
2022	F-98	0.05%	1.66%	-0.05%**	128
	ZF-98	0.10%	1.68%		69
2023	F-98	0.15%	1.09%	-0.02%	102
	ZF-98	0.17%	1.06%		68

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Rentabilidad diaria media muestra la rentabilidad promedio diaria de una cartera equiponderada formada por las acciones con un F-Score entre 9 y 8, y la rentabilidad promedio diaria por las acciones con un F-Score entre 9 y 8, además de ser consideradas “SEGURAS” por el Z’-Score. Se muestra también información sobre la desviación típica de dichas rentabilidades diarias. Diferencia F98-ZF98 refleja la diferencia entre las rentabilidades diarias medias entre ambas carteras equiponderadas, así como su significación estadística. Todos los cálculos se desglosan para cada año natural del periodo de análisis, 2008-2023. Además, se añade el número de empresas que conforma cada cartera en dicho periodo temporal.

** Significativo al 1%. * Significativo al 5%.

Tabla 15. F-98 vs ZF-98 (2008-2023)

	Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencia F98-ZF98
F-98	0.13%	1.56%	
ZF-98	0.12%	1.52%	0.01%

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Esta tabla se interpreta de forma similar a la Tabla 14, pero sus cálculos se realizan para todo el periodo de análisis 2008-2023.

En relación con la Tabla 14, se observa como en año 2009 la cartera compuesta por F-98 obtiene una rentabilidad significativamente mayor a la generada por el modelo de filtros, este suceso donde la cartera de Piotroski (2000) es superior estadísticamente en cuanto a rentabilidad solo se repite en 2016, pero esta vez con una significación del 5%. Además, es resaltable que se encuentran situaciones contrarias a las expuestas anteriormente, pues en el año 2022 la cartera generada en base al modelo de filtros es significativamente más rentable que la generada por F-98. Por tanto, año a año, no se puede sacar una conclusión clara de que modelo es más efectivo. Por ello se analiza la Tabla 15, en ella se muestra como las carteras no tienen diferencias significativas en cuanto a rentabilidad en el periodo. Por tanto, el modelo de filtros no aporta nada en términos de rentabilidad frente a Piotroski (2000). Analizando el riesgo, se ve como la cartera ZF-98 obtiene un riesgo inferior, por tanto, Altman (1983), estaría aportando seguridad a la cartera vía reducción de la desviación típica. Tras analizar las carteras se puede concluir que el modelo de filtros no aporta valor vía rentabilidad en las posiciones de mayor F-Score, pero si permite reducir el riesgo de la cartera sin que los rendimientos de esta se vean afectados significativamente.

Se procede a realizar un análisis de las empresas de mínimo F-Score, frente a las empresas con dicho score y calificadas como “peligrosas” por Altman (1983). Se pone aprueba el modelo de filtros en el lado opuesto anteriormente, es decir, en empresas con malos fundamentales y de las que se esperarían retornos inferiores.

Tabla 16. F-0 vs ZF-0

		Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencia rentabilidad F0-ZF0	Número de empresas
2008	F-0	-0.17%	3.85%	0.07%	6
	ZF-0	-0.24%	4.65%		4
2009	F-0	0.25%	2.22%	0.05%	3
	ZF-0	0.20%	4.14%		1
2010	F-0	0.05%	2.46%	0.09%	2
	ZF-0	-0.04%	3.48%		1
2011	F-0	0.05%	3.07%	-	2
	ZF-0	-	-		0
2012	F-0	-0.23%	6.65%	0.00%	1
	ZF-0	-0.23%	6.65%		1
2013	F-0	0.49%	6.25%	-	2
	ZF-0	-	-		0
2014	F-0	-0.11%	2.58%	0.23%	2
	ZF-0	-0.34%	4.32%		1
2015	F-0	-0.10%	3.11%	0.06%	3
	ZF-0	-0.16%	4.27%		2
2016	F-0	-	-	-	0
	ZF-0	-	-		0
2017	F-0	0.03%	1.96%	0.00%	2
	ZF-0	0.03%	2.44%		1
2018	F-0	-	-	-	0
	ZF-0	-	-		0
2019	F-0	-0.11%	6.97%	-	1
	ZF-0	-	-		0
2020	F-0	-	-	-	0
	ZF-0	-	-		0
2021	F-0	-	-	-	0
	ZF-0	-	-		0
2022	F-0	-0.17%	4.00%	0.24%	4
	ZF-0	-0.41%	6.59%		1
2023	F-0	0.19%	3.70%	-	2
	ZF-0	-	-		0

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Rentabilidad diaria media muestra la rentabilidad promedio diaria de una cartera equiponderada formada por las acciones con un F-Score igual a 0, y la rentabilidad promedio diaria por las acciones con un F-Score igual a 0, además de ser consideradas “PELIGROSAS” por el Z’-Score. Se muestra también información sobre la desviación típica de dichas rentabilidades diarias. Diferencia F0-ZF0 refleja la diferencia entre las rentabilidades diarias medias entre ambas carteras equiponderadas, así como su significación estadística. Todos los cálculos se desglosan para cada año natural del periodo de análisis, 2008-2023. Además, se añade el número de empresas que conforma cada cartera en dicho periodo temporal.

** Significativo al 1%. * Significativo al 5%.

Tabla 17. F-0 vs ZF-0 (2008-2023)

	Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencia F0-ZF0
F-0	0.01%	4.25%	
ZF-0	- 0.14%	4.76%	0.15%

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Esta tabla se interpreta de forma similar a la Tabla 16, pero sus cálculos se realizan para todo el periodo de análisis 2008-2023.

Este es uno de los aspectos claves del trabajo, pues pretende observar si la aplicación de Altman (1983), afecta positivamente a la cartera F-0. En la Tabla 16, se realiza la comparativa de manera anual. En dicha tabla, ningún año marca diferencias significativas en rentabilidad, lo que es más destacable de la misma es el número de empresas. Se halla que la muestra encuentra muy pocas empresas de F-0, pero menos aún de F-0 y peligrosas según Altman (1983), tal y como cabe esperar. Dado este motivo encontramos imposibilidad de comparación en la mitad de los años del estudio, limitando en gran medida la comparativa, esto era una posibilidad contemplada dada la gran exigencia de los filtros propuestos, pero considero necesario la evaluación de los extremos de Piotroski (2000) y el modelo de filtros. Se observa en la Tabla 17 como la cartera ZF-0, si obtiene rentabilidades negativas, lo cual posteriormente será beneficioso en cuanto se tomen posiciones cortas. En el periodo muestral no se hallan diferencias significativas estadísticamente entre las rentabilidades de ambas carteras, y dado la escasez de activos en las carteras, la desviación típica es muy alta dada la exposición al riesgo específico.

Para suplir el problema de escasez de activos en las carteras, se estudiará en las tablas posteriores una cartera conformada por empresas de F-Score entre 0 y 1, además se generará una cartera basada en el modelo de filtros para dichos scores. Se busca analizar si que no haya diferencias significativas en F-0 es motivo de la escasez de activos o del mero hecho de que el modelo de filtros no esta funcionando para empresas con malos fundamentales.

Tabla 18. F-01 vs ZF-01

		RENTABILIDAD DIARIA	DESVIACIÓN TÍPICA	Diferencia rentabilidad F01-ZF01	Número de empresas
2008	F-01	-0.07%	3.21%	0.21%	22
	ZF-01	-0.28%	3.45%		9
2009	F-01	0.36%	2.13%	-0.20%**	28
	ZF-01	0.56%	3.08%		12
2010	F-01	0.12%	1.41%	0.11%	19
	ZF-01	0.01%	2.06%		2
2011	F-01	0.04%	1.90%	0.13%	21
	ZF-01	-0.09%	2.42%		6
2012	F-01	-0.08%	1.38%	0.06%	19
	ZF-01	-0.14%	1.62%		12
2013	F-01	0.20%	1.31%	0.00%	19
	ZF-01	0.20%	2.36%		5
2014	F-01	-0.02%	1.24%	0.03%	20
	ZF-01	-0.05%	2.12%		8
2015	F-01	-0.07%	1.43%	0.02%	20
	ZF-01	-0.09%	2.01%		9
2016	F-01	0.20%	1.66%	0.17%*	28
	ZF-01	0.03%	2.17%		11
2017	F-01	0.07%	1.31%	0.04%	20
	ZF-01	0.03%	5.58%		7
2018	F-01	0.06%	2.92%	-0.17%	14
	ZF-01	0.23%	3.31%		2
2019	F-01	-0.08%	2.31%	0.08%	29
	ZF-01	-0.16%	2.51%		15
2020	F-01	0.47%	2.79%	-0.06%	21
	ZF-01	0.53%	3.66%		10
2021	F-01	-0.21%	2.02%	-0.01%	37
	ZF-01	-0.20%	2.47%		8
2022	F-01	-0.04%	2.51%	0.14%*	80
	ZF-01	-0.18%	2.84%		23
2023	F-01	0.12%	1.93%	-0.02%	58
	ZF-01	0.14%	2.54%		21

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Rentabilidad diaria media muestra la rentabilidad promedio diaria de una cartera equiponderada formada por las acciones con un F-Score entre 0 y 1, y la rentabilidad promedio diaria por las acciones con un F-Score entre 0 y 1, además de ser consideradas “PELIGROSAS” por el Z’-Score. Se muestra también información sobre la desviación típica de dichas rentabilidades diarias. Diferencia F0-ZF0 refleja la diferencia entre las rentabilidades diarias medias entre ambas carteras equiponderadas, así como su significación estadística. Todos los cálculos se desglosan para cada año natural del periodo de análisis, 2008-2023. Además, se añade el número de empresas que conforma cada cartera en dicho periodo temporal.

** Significativo al 1%. * Significativo al 5%.

Tabla 19. F-01 vs ZF-01 (2008-2023)

	RENTABILIDAD DIARIA	RIESGO	Diferencias F01-ZF01
F-01	0.07%	1.97%	
ZF-01	0.03%	2.60%	0.04%

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Esta tabla se interpreta de forma similar a la Tabla 19, pero sus cálculos se realizan para todo el periodo de análisis 2008-2023.

La Tabla 18 muestra una comparativa anual de las carteras F-01 y ZF-01, en ella se observa varias diferencias significativas. Siendo estrictos, a un intervalo de confianza del 1% tan solo se halla el caso del año 2009, donde la cartera F-01 tuvo una rentabilidad significativamente inferior a la cartera ZF-01. Si ampliamos las observaciones al 5%, se ve como en 2016 y 2022, la cartera F-01 fue significativamente más rentable frente a la creada en base al modelo de filtros. Año a año las conclusiones no marcan una tendencia estadística clara, por ello se efectúa la Tabla 19. En dicha tabla, se ve como las carteras no son significativamente distintas. Además, de ambas reflejar rentabilidades positivas. Si analizamos la desviación típica, vemos como el efecto de la diversificación sigue tomando un peso muy importante. Pues la cartera del modelo de filtros ve su riesgo incrementado por tener una cantidad de activos bastante inferior.

Tras los análisis efectuados, se comprueba que el modelo de filtros mantenga la consistencia de Piotroski (2000), es decir, que sea capaz de discernir entre empresas ganadoras y perdedoras. Para ello se plantea ver las diferencias en rentabilidad, riesgo y número de empresas de ZF-98 frente a ZF-01.

Tabla 20. ZF-98 vs ZF-01

		Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencia rentabilidad ZF98-ZF01	Número de empresas
2008	ZF-98	-0.04%	2.58%	0.24%	37
	ZF-01	-0.28%	3.45%		9
2009	ZF-98	0.30%	1.56%	-0.26%	29
	ZF-01	0.56%	3.08%		12
2010	ZF-98	0.16%	1.55%	0.15%	53
	ZF-01	0.01%	2.06%		2
2011	ZF-98	0.05%	1.96%	0.14%	45
	ZF-01	-0.09%	2.42%		6
2012	ZF-98	0.14%	1.00%	0.28%**	52
	ZF-01	-0.14%	1.62%		12
2013	ZF-98	0.17%	1.06%	-0.03%	40
	ZF-01	0.20%	2.36%		5
2014	ZF-98	0.08%	0.94%	0.13%	42
	ZF-01	-0.05%	2.12%		8
2015	ZF-98	0.03%	1.11%	0.12%	38
	ZF-01	-0.09%	2.01%		9
2016	ZF-98	0.13%	1.04%	0.10%	40
	ZF-01	0.03%	2.17%		11
2017	ZF-98	0.09%	0.90%	0.06%	56
	ZF-01	0.03%	5.58%		7
2018	ZF-98	0.05%	1.07%	-0.18%	74
	ZF-01	0.23%	3.31%		2
2019	ZF-98	-0.01%	2.05%	0.15%	42
	ZF-01	-0.16%	2.51%		15
2020	ZF-98	0.42%	1.97%	-0.11%	37
	ZF-01	0.53%	3.66%		10
2021	ZF-98	0.10%	1.38%	0.30%*	101
	ZF-01	-0.20%	2.47%		8
2022	ZF-98	0.10%	1.68%	0.28%	69
	ZF-01	-0.18%	2.84%		23
2023	ZF-98	0.17%	1.06%	0.03%	68
	ZF-01	0.14%	2.54%		21

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Rentabilidad diaria media muestra la rentabilidad promedio diaria de una cartera equiponderada formada por las acciones con un F-Score entre 9 y 8, además de ser consideradas “SEGURAS” por el Z’-Score y la rentabilidad promedio diaria por las acciones con un F-Score entre 0 y 1, además de ser consideradas “PELIGROSAS” por el Z’-Score. Se muestra también información sobre la desviación típica de dichas rentabilidades diarias. Diferencia F98-F01 refleja la diferencia entre las rentabilidades diarias medias entre ambas carteras equiponderadas, así como su significación estadística. Todos los cálculos se desglosan para cada año natural del periodo de análisis, 2008-2023. Además, se añade el número de empresas que conforma cada cartera en dicho periodo temporal.

** Significativo al 1%. * Significativo al 5%.

Tabla 21. ZF-98 vs ZF-01 (2008-2023)

	Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencia rentabilidad ZF98- ZF01
ZF-98	0,12%	1,52%	
ZF-01	0,03%	2,60%	0,09%*

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Esta tabla se interpreta de forma similar a la Tabla 20, pero sus cálculos se realizan para todo el periodo de análisis 2008-2023.

En base a la Tabla 20, se ven años donde la cartera conformada por empresas con mejores fundamentales y bajo riesgo de quiebra obtiene rentabilidades significativamente superiores a las formadas en base a un F-Score inferior y consideradas con alta probabilidad de quiebra por el Z-Score. Los años en cuestión son, 2012 y 2021, siendo este ultimo solo significativo al 5%. Además, si analizamos todo el periodo muestral, Tabla 21, se observa que para intervalo de confianza del 5%, la cartera ZF-98 es significativamente más rentable que la cartera ZF-01. Es decir, se puede concluir que pese a la adición de un filtro intermedio a Piotroski (2000) el modelo sigue manteniendo su consistencia.

Una vez afirmado que el modelo de filtros no rompe la consistencia estudiada en Piotroski (2000), se propone la cartera final. Esta cartera se construye de manera equiponderada, tomando posiciones largas en las empresas de F-Score 9 y 8, además dichas empresas deben ser consideradas “SEGURAS” por el Z-Score, y toma posiciones cortas en empresas cuyo F-Score sea de 0 y 1, además de ser consideradas “PELIGROSAS” por el Z-Score. La cartera es nombrada como ZF-98/01, y se pretende comparar con la cartera final creada en base a Piotroski (2000), F-98/01.

Tabla 22. F-98/01 vs ZF-98/01

		Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencia rentabilidad F98/01-ZF98/01	Número de empresas
2008	F-98/01	0,05%	1,26%	0,03%	69
	ZF-98/01	0,02%	1,73%		46
2009	F-98/01	0,16%	0,68%	0,10%**	87
	ZF-98/01	0,06%	0,74%		41
2010	F-98/01	0,10%	1,05%	-0,05%	99
	ZF-98/01	0,15%	1,45%		55
2011	F-98/01	0,02%	1,16%	-0,03%	94
	ZF-98/01	0,05%	1,61%		51
2012	F-98/01	0,13%	0,66%	0,00%	97
	ZF-98/01	0,13%	0,66%		64
2013	F-98/01	0,07%	0,67%	-0,05%*	82
	ZF-98/01	0,12%	0,93%		45
2014	F-98/01	0,06%	0,58%	-0,02%	77
	ZF-98/01	0,08%	0,77%		50
2015	F-98/01	0,03%	0,64%	-0,01%	85
	ZF-98/01	0,04%	0,75%		47
2016	F-98/01	0,07%	0,65%	-0,02%	102
	ZF-98/01	0,09%	0,76%		51
2017	F-98/01	0,05%	0,61%	-0,03%	112
	ZF-98/01	0,08%	0,71%		63
2018	F-98/01	0,03%	0,82%	-0,01%	132
	ZF-98/01	0,04%	1,02%		76
2019	F-98/01	-0,01%	1,12%	-0,05%	101
	ZF-98/01	0,04%	1,14%		57
2020	F-98/01	0,18%	1,03%	-0,03%	85
	ZF-98/01	0,21%	1,22%		47
2021	F-98/01	0,16%	1,09%	0,06%	200
	ZF-98/01	0,10%	1,21%		109
2022	F-98/01	0,04%	0,87%	-0,08%*	208
	ZF-98/01	0,12%	1,06%		92
2023	F-98/01	0,05%	0,53%	-0,04%	160
	ZF-98/01	0,09%	0,68%		89

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Rentabilidad diaria media muestra la rentabilidad promedio diaria de una cartera equiponderada formada por posiciones largas en las acciones con un F-Score entre 9 y 8, y posiciones cortas en las acciones con un F-Score entre 0 y 1, y la rentabilidad promedio diaria una cartera equiponderada formada por posiciones largas en acciones con un F-Score entre 8 y 9, además de ser consideradas “SEGURAS” por el Z’-Score, y posiciones cortas en acciones con F-Score entre 0 y 1, además de ser consideradas “PELIGROSAS” por el Z’-Score. Se muestra también información sobre la desviación típica de dichas rentabilidades diarias. Diferencia F98/01-ZF98/01 refleja la diferencia entre las rentabilidades diarias medias de la cartera equiponderada y el índice bursátil, así como su significación estadística. Todos los cálculos se desglosan para cada año natural del periodo de análisis, 2008-2023. Además, se añade el número de empresas que conforma cada cartera en dicho periodo temporal.

** Significativo al 1%. * Significativo al 5%.

Tabla 23. F-98/01 vs ZF-98/01 (2008-2023)

	Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencia rentabilidad F98/01- ZF98/01
F-98/01	0,08%	0,87%	
ZF-98/01	0,09%	1,08%	-0,01%*

Fuente. Elaboración propia en base a información de EIKON. Esta tabla se interpreta de forma similar a la Tabla 22, pero sus cálculos se realizan para todo el periodo de análisis 2008-2023.

Finalizando con el análisis de los resultados, F-98/01 frente a ZF-98/01, enfrentamos las dos carteras finales que se crearían siguiendo la teoría de los modelos. La Tabla 22 muestra el desglose anual de las carteras, donde en 2009 se destaca como la cartera generada en base a Piotroski (2000), obtiene una rentabilidad significativamente mayor. En cambio, los años 2013 y 2021, es la cartera generada en base al modelo de filtros la cual obtiene rentabilidades significativamente superiores para un intervalo de confianza del 5%. Para ver que cartera es mejor en la muestra, la Tabla 23 toma todo el periodo, es aquí donde se halla que el modelo de filtros obtiene una rentabilidad mayor a Piotroski (2000) para un nivel de significación del 5%. Podríamos concluir que, en base a las tablas anteriores, Tabla 15 y Tabla 19, los modelos no eran significativamente diferentes en cuanto a rentabilidad, pero al poner en conjunto las posiciones largas y cortas, las pequeñas diferencias en rentabilidad se agravan generando que las carteras se distancien y generen rentabilidades significativamente distintas. En cuanto al riesgo, este en comparación con el índice es inferior en ambas carteras, y entre ellas la cartera F-98/01 es más segura. La cartera ZF-98/01, es considerada la más rentable de las carteras finales, además de ser también significativamente más rentable que el Russell 2000, por tanto, el modelo de filtros si mejora Piotroski (2000), a la hora de crear carteras que combinen posiciones largas y posiciones cortas.

Podríamos concluir que en su conjunto el modelo de filtros aporta una rentabilidad significativa frente a Piotroski (2000), pero deja margen de mejora evidente en las posiciones largas, mientras que se beneficia en mayor medida de las posiciones cortas. Desde el apartado estadístico, los modelos solo se distanciarían en cuanto a rentabilidad cuando se combinan posiciones largas y cortas. Siendo Piotroski (2000) un modelo más adecuado en las posiciones largas de dicha cartera, y el modelo de filtros un mejor indicador en las posiciones cortas de esta. Lo cual sería algo esperable, pues

Piotroski (2000) es un modelo de búsqueda de empresas ganadoras, es decir, se creó en base encontrar empresas de alto crecimiento. Mientras que Altman (1983) es un modelo basado en encontrar empresas que van a quebrar, no en aportar valor a la hora de detectar crecimiento.

3.3 Análisis de robustez

En los siguientes apartados se pretende observar si Piotroski (2000) y el modelo de filtros generado son robustos en la muestra estudiada. Se plantean varios análisis, el primero de ellos en base al filtro inicial B/M. En segundo lugar, debido a las cualidades de la muestra se plantea un nuevo filtro de liquidez. Finalmente, se analizará si el modelo genera sesgos sectoriales a la hora de la selección de activos.

En base a estos análisis se determinará si el modelo se mantiene robusto y se puede dar validez al mismo, así como analizar como estas nuevas pruebas afectan a su rentabilidad y riesgo.

3.3.1. Filtro cuartil del B/M

Para evaluar la robustez del modelo se someterá a la muestra a un nuevo análisis, donde tanto Piotroski (2000), como el modelo de filtros, en vez de discernir las empresas como infravaloradas a partir de la mediana del B/M, se hará mediante el cuartil, acotando aún más la muestra en empresas con dificultades financieras y castigadas por el mercado. Mediante este ajuste se pretende examinar si los resultados obtenidos previamente, bajo el filtro de selección de la mediana, se mantienen consistentes o sufren variaciones significativas al acotar la muestra sometiéndola a un filtro más estricto. Todas las siguientes conclusiones se basan en las pruebas realizadas, las cuales pueden ser consultadas en el Anexo 1.

El ratio B/M es clave en la investigación, pues es el primer filtro tomado por Piotroski (2000), a modo de búsqueda de empresas con alto potencial de revalorización, tal y como propuso Fama y French (1992). Las empresas con mayor B/M tienen un capital contable elevado en relación con el de mercado, esto para Lakonishok et al. (1994), sugiere que el mercado puede estar subestimando sus perspectivas futuras.

Comenzaremos analizando como este nuevo filtro afecta a las posiciones largas de la cartera generada mediante Piotroski (2000). Las posiciones largas de la cartera, tras la aplicación de la nueva restricción, generan una rentabilidad significativamente superior. Por tanto, podríamos concluir que el filtro de B/M es bueno, pues es capaz de

ver las empresas más infravaloradas por el mercado. Piotroski (2000) acentúa la rentabilidad de las posiciones largas cuanto mayor sea su B/M, es decir, el filtro supone una correlación positiva en rentabilidad. Esta conclusión es relevante, pues destacaría la capacidad de hallar mayores rentabilidades cuando más infravalorada esté la empresa.

Las posiciones cortas de Piotroski (2000) tras la aplicación de un B/M más restrictivo, no sufren variaciones significativas en cuanto a rentabilidad. Siendo así, Piotroski (2000) capaz de hallar empresas perdedoras pese a su infravaloración por el mercado.

Concluyendo con el análisis de Piotroski (2000), la cartera final F-98/01 pasa a tener una rentabilidad significativamente distinta al índice bursátil Russell 2000. Esto previo al filtro, no sucedía. Por tanto, la aplicación de B/M superior, muestra que Piotroski (2000) es robusto en la muestra y genera aumentos en la rentabilidad del modelo, llegando a distanciarse de manera significativa del índice.

Se somete al modelo de filtros a una restricción mayor del B/M, y se encuentra que el modelo pierde robustez, a causa de no hallar diferencias significativas entre Z-98 y Z-01, cuando previo al filtro si había. Esto se debe a un aumento significativo en las rentabilidades de Z-98 y Z-01, tras la aplicación del filtro. Esto en consonancia con el modelo de Piotroski (2000), se puede concluir que someter a la muestra a una restricción mayor acentúa significativamente el rendimiento de las carteras, por tanto, el filtro de B/M, se muestra robusto a la hora de detectar empresas infravaloradas en la muestra.

3.3.2. Filtro de liquidez

Si bien el Russell 2000 es el principal mercado de small caps, estas suelen estar menos negociadas que las grandes empresas, pudiendo presentar problemas de liquidez. Es por ello, que realizando el análisis se han encontrado distintos casos de empresas que apenas eran negociadas en el periodo que se mantenían en cartera sesgando bastante así los resultados estadísticos. Dada esta situación y con fin de obtener unos resultados más robustos se propone eliminar todas aquellas empresas que no coticen al menos un 75% de los días que se mantienen en cartera. Dicha información se obtiene de la base de datos Eikon Refinitiv. Estos resultados pueden ser consultados en el Anexo 2.

Este criterio asegura que las empresas seleccionadas tengan un volumen de negociación adecuado, lo que no solo facilita la ejecución de operaciones, sino que también reduce el riesgo de precios ineficientes o distorsionados en el mercado

(Chordia, Roll y Subrahmanyam, 2001). Además, este filtro permite mantener la robustez del análisis, garantizando que los resultados obtenidos no se vean comprometidos por las empresas ilíquidas, que podrían no reflejar adecuadamente el funcionamiento del modelo.

La primera diferencia que se encuentra al aplicar el filtro de liquidez es que Piotroski (2000) se vuelve un modelo de mayor robustez, pues anteriormente no se encontraban diferencias significativas entre la rentabilidad de las carteras F-9 y F-0, lo cual resultaba anómalo debido a que la conforman empresas con estados financieros opuestos. Tras el filtro, las empresas de F-0, ya generan rendimientos negativos, siendo esto más acorde a lo propuesto por Piotroski (2000). Pero siguen sin generarse diferencias significativas en cuanto a rentabilidad en las carteras F-9 y F-0.

El filtro de liquidez reporta una mayor robustez al modelo de Piotroski (2000), pues la cartera final, F-98/01, ya muestra rentabilidades superiores y significativas al 5%, frente al Russell 2000, es decir, se encuentra una mejora en la robustez del modelo puesto que previo al filtro no se hallaban diferencias significativas.

Si se aplica dicho filtro también en el modelo de filtros y se pone en comparativa con Piotroski (2000), se encuentra que las posiciones largas se comienzan a asemejar en mayor medida. La comparativa F-0 y ZF-0 se muestra inalterada estadísticamente tras el filtro de liquidez, pero en F-01 y ZF-01, los modelos convergen en cuanto a rentabilidades. Además, es en las posiciones largas donde las empresas de menor liquidez sesgaban la muestra, pues tras el filtro la rentabilidad de estas empresas disminuye, siendo así más consonantes con la teoría de Piotroski (2000) y Altman (1983). Las carteras finales F-98/01 y ZF-98/01 mostraban una rentabilidad diferente al 5%, siendo ZF-98/01 superior. Tras la aplicación del filtro, ZF-98/01 muestra rentabilidades significativamente superiores a F-98/01 para un intervalo de confianza del 1%. Demostrando que el modelo de filtros aporta más valor a Piotroski (2000) si la liquidez es tomada en consideración.

Observando la cartera final del modelo de filtros frente al Russell 2000, el cual ya mostraba rentabilidades significativamente distintas, estadísticamente esta diferencia se ve incrementada. Es decir, el filtro de liquidez también le aporta robustez al modelo de filtros.

El modelo de filtros se ve muy beneficiado de este filtro de liquidez, pues dada la escasa cantidad de activos en cartera se veía muy expuesta a atípicos generados por las empresas ilíquidas. Pues el modelo muestra mayor robustez, las diferencias entre

ZF-98 y ZF-01, se acentúan. Antes dicha diferencia era significativa al 5%, tras la aplicación del filtro de liquidez, es significativa al 1%.

Considero que el filtro de liquidez es necesario a la hora de tomar en cuenta los resultados del estudio, pues se comprueba una mayor robustez del modelo. Esto se debe a que ciertas empresas del Russell 2000 tenían un volumen de negociación muy bajo dejando situaciones a lo largo del año atípicas que sesgaban la muestra.

3.3.3. Análisis sectorial

Para finalizar el análisis, me gustaría destacar un apartado de menor índole financiera como es la composición sectorial de las carteras creadas. La idea de este apartado es mostrar una comparativa anual de la composición del Russell y las carteras creadas con Piotroski (2000) y el modelo de filtros. Dado que los distintos sectores presentan dinámicas de riesgo y rendimiento específicas, véase el auge de las farmacéuticas en la época de la pandemia o el declive de las entidades financieras en la crisis bancaria, la distribución sectorial de las empresas seleccionadas puede impactar significativamente en los resultados obtenidos. Dichos resultados pueden ser consultados en el Anexo 3 y 4.

Este análisis tiene como objetivo comprender cómo la metodología propuesta afecta la exposición sectorial de las carteras y cómo esta exposición podría influir en el rendimiento y riesgo observado. Además de la búsqueda de ciertos patrones por parte de los filtros, es decir si tienden más castigar o premiar algún sector en específico.

Debido a el problema de obtención de la muestra en base al ETF de Vanguard, comentado en epígrafes anteriores. Solo se pudo obtener la composición hasta el 2010, este año será el año de partida para el análisis sectorial. Además, se observará la muestra utilizada para los filtros, es decir, el ETF de Vanguard tras la limpieza, en este caso lo más significativo es que no se tiene en cuenta las empresas del sector financiero. Sector que toma cierto peso considerable en el Russell, sobre todo empresas de banca regional. Esto se debe a la teoría propuesta por Piotroski (2000), la cual explica que el F-Score no esta diseñado para este tipo de empresas.

La situación inicial de la muestra se caracteriza por una alta concentración en los sectores de tecnología, industrial, consumo discrecional y salud abarcando más de un 70% de las empresas de la muestra en este año. Esta composición sufre varias variaciones a lo largo del periodo de estudio, destacando el sector de salud que va

ganando peso hasta resultar el de mayor tamaño en los años finales del estudio. Si desglosamos los sectores de mayor peso en el índice:

- Tecnología, este sector ha mostrado un crecimiento sostenido, incrementando su peso relativo en la composición del índice desde 2010, alcanzando su máxima representación durante la recuperación posterior a la pandemia de COVID-19 en 2020. El sector tecnológico ha sido durante los últimos tiempos un sector en auge y con gran expansión empresarial.
- Salud, históricamente ha mantenido una posición destacada en el índice, experimentó un incremento considerable en 2020 y 2021, debido a la crisis sanitaria de la COVID-19, llegando a contar con un peso superior al 25% en el índice.
- El sector industrial ha fluctuado de manera cíclica, aumentando su peso en períodos de recuperación económica, como entre 2010-2014, pero reduciéndose en momentos de crisis, como en 2020, donde la pandemia afectó de manera directa a empresas manufactureras.
- Consumo discrecional ha sido particularmente sensible a los ciclos económicos. Si bien se recuperó tras la crisis de 2008, mostró vulnerabilidades durante los episodios de incertidumbre global, como la crisis de deuda soberana europea en 2011 y el estallido de la pandemia en 2020.

Mientras que los sectores con menor representación en la muestra tienden a sufrir ligeras fluctuaciones dependiendo del momento económico, pero no acaban de tener un peso significativo en la muestra.

Observando las carteras debemos discernir entre las posiciones largas es decir aquellas empresas de F-98 o ZF-98, y las posiciones cortas F-01 y ZF-01. Se deben observar desde el prisma de que sectores pasan con mayor o menor solvencia los filtros y en qué sentido.

Las posiciones largas, tomando las de mayor score, es decir F-9, se ve como a lo largo de todo el periodo el sector de mayor peso en las carteras es el industrial, seguido de energía y consumo discrecional. Esto no se repite en ZF-9, donde si bien industrial vuelve a ser principal, y lo hace con aun más peso, le siguen consumo discrecional y materiales. Pero la relevancia no está en ver los sectores líderes en cuanto a peso de cartera, sino en como Piotroski (2000) y Altman (1983) tratan de discernir a las empresas. Es aquí donde encontramos que dentro del sector tecnológico más del 90% de

las empresas consideradas F-9 son seguras. Otro sector con esta tendencia, de ser considerado bueno por ambos filtros es de salud y defensivo. Mientras que sectores que para Piotroski (2000) contienen empresas con potencial de revalorización, como comunicaciones y real estate, Altman (1983) no las considera seguras. Finalmente, hay que destacar el caso atípico del sector de consumo discrecional, que para Piotroski (2000) se considera importante en cuanto a peso relativo, pero Altman (1983), no considera seguro en su mayoría en la primera mitad del estudio, mientras que ya en los años finales obtiene una gran capacidad de superar este filtro de solvencia.

Para comprobar que estas tendencias son robustas, se analiza en F-98 y ZF-98. Sectores como el industrial y el consumo discrecional vuelve a ser los de mayor peso. Se recalca la tendencia, industrial es capaz de pasar ambos filtros de manera consistente, al igual que tecnología y consumo defensivo. En el lado opuesto, las empresas que consiguen pasar Piotroski (2000) y no acaban de calar en el modelo de filtros son utilities, comunicación y real estate. Es decir, podríamos ver cierto sesgo por parte del modelo de filtros a la hora de tomar posiciones largas en ciertos sectores, concentrando más la cartera que si simplemente se usara Piotroski (2000).

Observamos las posiciones cortas, para ver el otro lado de filtro de Altman (1983), y donde se ha visto con anterioridad que es más preciso. Se ve una tendencia, el sector sanitario pese a un F-Score de 0 se consideran la mayoría de las empresas solventes, caso similar al sector industrial. Consumo discrecional y materiales, se resaltan por ser considerados con alta probabilidad de quiebra, mientras que el caso que resalta es tecnología que si bien antes habíamos mencionado que las empresas del sector se convertían bien de F-98 a ZF-98, en F-0 tienen una alta conversión a ZF-0, es decir se consideran con altas probabilidades de quiebra.

Al ser F-0 y ZF-0 una muestra pequeña, se analiza F-01 y ZF-01 para ver si estas hipótesis de tendencia se corroboran. Sectores como real estate, comunicaciones y materiales tienden a ser considerados con mayor facilidad empresas con alta probabilidad de quiebra que sectores como industrial, salud y defensivo. Tecnología y consumo discrecional no muestran una tendencia clara.

Como conclusión de este apartado de robustez, encontramos que, al aplicar el modelo de filtros, el Z''-Score tiene cierto sesgo en la muestra, pues sectores como el industrial se ven muy favorecidos, frente a otros que se ven muy perjudicados como el real estate. Además, se ve como esta tendencia si varía a lo largo de los años, caso especial el de consumo discrecional, donde antes se veía muy perjudicado por el filtro,

pero en los últimos años es capaz de superarlo con cierta facilidad. La dependencia del modelo a los entornos macroeconómicos hace que sea necesario el apoyo de un análisis macroeconómico exhaustivo, para evitar dichos sesgos hacia sectores y aumentar la capacidad de predicción. Aun así, muestra bastante consistencia y coherencia a la hora de tomar posiciones, ejemplo de ello es la toma de posiciones en consumo defensivo, pues apenas se posiciona en corto en ellas, y toma una decisión de posicionarse en largo con mayor peso que el F-Score, los años de mayor incertidumbre económica. Es cierto que, tomando el modelo de filtros, utilities, real estate y comunicación se ven muy perjudicados pues su peso en la cartera se ve notablemente disminuido, y tiende más a favorecer a tecnología e industrial. Esto ha de ser considerado, pues puede generar carteras con mayor exposición al riesgo específico.

4. Conclusiones

La implementación de un filtro basado en Altman (1983) al modelo de Piotroski (2000), muestra robustez y significatividad en los rendimientos generados. Sin embargo, pese a optimizar ciertas facetas del modelo de Piotroski (2000), el modelo de filtros evidencia ciertos márgenes de mejora.

En primer lugar, limita las ganancias de las posiciones largas en ciertos años. Debido a la restricción de que han de tener un bajo riesgo de quiebra, en base a Altman (1983). Esto genera una menor rentabilidad, pero lo destacable es que también genera un aumento en la desviación típica. Debido a la mayor exigencia de los filtros, genera carteras con un número sensiblemente menor de activos y con menor diversificación, lo que genera un aumento el riesgo específico. Por tanto, una propuesta de mejora sería no aplicar el filtro de seguridad en las posiciones largas de la cartera, es decir a las de mejores fundamentales según Piotroski (2000).

Segundo, en posiciones cortas el modelo de filtros funciona mejor en ciertos años, mejorando la selección de empresas. Pese a ello, considero que optar por posiciones cortas en ZF-01, no es lo óptimo, sino que debería ser solo en ZF-0, pues es consistente en encontrar empresas cuya valoración se ve disminuida en el periodo que está en cartera. Además, las posiciones tienen una correlación positiva con el aumento del B/M como se ha mostrado en el análisis de robustez, se debería optar por un B/M más exigente en posiciones largas, mientras que en el caso de las posiciones cortas este filtro debería ser más laxo. En base a lo estudiado en este trabajo, una optimización del

modelo se basaría en tomar posiciones largas en las empresas de mejores fundamentales en base al cuartil B/M. Mientras que las posiciones cortas, en empresas de peores fundamentales, se basarían en la mediana de dicho indicador.

Tercero, al tratarse de un mercado de small caps las empresas ilíquidas pueden condicionar las carteras. Por ello creo conveniente tener en cuenta la liquidez de las empresas a la hora de la aplicación del modelo de filtros, en la muestra se observa como teniendo en cuenta solo las empresas que cotizan al menos un 75% de los días, el modelo mejora su robustez y rendimiento.

Finalmente, se debe tener en cuenta que el modelo de filtros muestra ciertos sesgos hacia sectores, lo cual se debe tener en cuenta, debido a que esta concentración hace que su diversificación sea menor y tenga mayor riesgo sectorial, y pueda verse afectado en mayor medida por la coyuntura económica.

El modelo de filtros, al igual que Piotroski (2000), acentúa su rendimiento en épocas de crisis o de mayor incertidumbre, y ve mermada su rentabilidad en épocas de gran crecimiento. Considero que las expectativas para la implementación del modelo son relevantes, pues podrías optimizar rendimientos seleccionando el momento de uso del modelo, en dichos períodos donde la incertidumbre es mejor. A mí se me plantea que esta hipótesis se debe a que cuando la incertidumbre es mayor, el peso de tener unos buenos estados financieros toma mayor importancia en la decisión de inversión, mientras que, en los grandes períodos alcistas, el momentum y las expectativas de crecimiento eclipsan el peso de los estados financieros. Por ello dejo, la ventana abierta a varias investigaciones posteriores, en esta rama. Así como considero que estudios posteriores, podrían optimizar en mayor medida la capacidad predictiva del modelo de filtros en las ramas mencionadas en el párrafo anterior.

5. Bibliografía

- Abarbanell, J. S., & Bushee, B. J. (1997). Fundamental analysis, future earnings, and stock prices. *Journal of Accounting Research*, 35(1), 1-24.
- Abarbanell, J. S., & Bushee, B. J. (1998). Abnormal returns to a fundamental analysis strategy. *The Accounting Review*, 73(1), 19-45.
- Altman, E. I. (1968). Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *Journal of Finance*, 23(4), 589-609.
- Altman, E. I. (1983). Corporate financial distress: A complete guide to predicting, avoiding, and dealing with bankruptcy.
- Altman, E. I. (2000). Predicting financial distress of companies: Revisiting the Z-score and Zeta® models. *Journal of Banking & Finance*, 26(7), 1487-1500.
- Altman, E. I., Iwanicz-Drozdowska, M., Laitinen, E. K., & Suvas, A. (2017). Financial distress prediction in an international context: A review and empirical analysis of Altman's Z-score model. *Journal of International Financial Management & Accounting*, 28(2), 131-171.
- Altman, E. I., Resti, A., & Sironi, A. (1994). Corporate distress diagnosis: Comparisons using linear discriminant analysis and neural networks (the Italian experience). *Journal of Banking & Finance*, 18(3), 505-529.
- Basu, S. (1977). Investment performance of common stocks in relation to their price-earnings ratios: A test of the efficient market hypothesis. *Journal of Finance*, 32(3), 663-682.
- Beaver, W. H. (1966). Financial ratios as predictors of failure. *Journal of Accounting Research*, 4(1), 71-111.
- Begley, J., Ming, J., & Watts, S. (1996). Bankruptcy classification errors in the 1980s: An empirical analysis of Altman's and Ohlson's models. *Review of Accounting Studies*, 1(3), 267-284.

Campbell, J. Y., Giglio, S., Polk, C., & Turley, R. (2008). An intertemporal CAPM with stochastic volatility. *Journal of Financial Economics*, 87(2), 358-381.

Campbell, J., Hilscher, J., & Szilagyi, J. (2011). Predicting financial distress and the performance of distressed stocks. *Journal of Investment Management*, 9(2).

Chan, L. K. C., Hamao, Y., & Lakonishok, J. (1991). Fundamentals and stock returns in Japan. *The Journal of Finance*, 46(5), 1739-1764.

Chan, L. K. C., Jegadeesh, N., & Lakonishok, J. (1995). Evaluating the performance of value versus glamour stocks: The impact of selection bias. *Journal of Financial Economics*, 38(3), 269-296.

Chen, N.-F., & Zhang, H. (1998). Risk and return of value stocks. *Journal of Business*, 71(4), 501-535.

Chordia, T., Roll, R., & Subrahmanyam, A. (2001). Market liquidity and trading activity. *The Journal of Finance*, 56(2), 501-530.

Dechow, P. M., & Sloan, R. G. (1997). Returns to contrarian investment strategies: Tests of naive expectations hypotheses. *Journal of Financial Economics*, 43(1), 3-27.

Dichev, I. D. (1998). Is the risk of bankruptcy a systematic risk? *Journal of Finance*, 53(3), 1131-1147.

Fama, E. F., & French, K. R. (1992). The cross-section of expected stock returns. *The Journal of Finance*, 47(2), 427-465.

Fama, E. F., & French, K. R. (1995). Size and book-to-market factors in earnings and returns. *The Journal of Finance*, 50(1), 131-155.

Fama, E. F., & French, K. R. (1998). Value versus growth: The international evidence. *The Journal of Finance*, 53(6), 1975-1999.

Gimeno, R., Lobán, L., & Vicente, L. (2020). A neural approach to the value investing tool F-Score. *Finance Research Letters*, 37, 101367.

Graham, B., & Dodd, D. L. (1934). *Security analysis*. McGraw-Hill.

LaPorta, R. (1996). Expectations and the cross-section of stock returns. *Journal of Finance*, 51(5), 1715-1742.

Lakonishok, J., Shleifer, A., & Vishny, R. W. (1994). Contrarian investment, extrapolation, and risk. *Journal of Finance*, 49(5), 1541-1578.

Merton, R. C. (1974). On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates. *Journal of Finance*, 29(2), 449-470.

Novy-Marx, R. (2013). The other side of value: The gross profitability premium. *Journal of Financial Economics*, 108(1), 1-28.

Ohlson, J. A. (1980). Financial ratios and the probabilistic prediction of bankruptcy. *Journal of Accounting Research*, 18(1), 109-131.

Penman, S. H., Richardson, S. A., & Tuna, I. (2007). The book-to-price effect in stock returns: Accounting for leverage. *Journal of Accounting Research*, 45(2), 427-467.

Piotroski, J. D. (2000). Value investing: The use of historical financial statement information to separate winners from losers. *Journal of Accounting Research*, 38(Supplement), 1-41.

Reinganum, M. R. (1981). Misspecification of capital asset pricing: Empirical anomalies based on earnings' yields and market values. *Journal of Financial Economics*, 9(1), 19-46.

Anexos

Anexo 1. Aplicación del filtro B/M

	Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencia rentabilidad
B/M F-98	0.14%	1.65%	
F-98	0.13%	1.56%	0.01%**
B/M F-01	0.09%	2.18%	
F-01	0.07%	1.97%	0.02%
B/M F-98/01	0.09%	0.98%	
RUSSELL	0.04%	1.56%	0.05%**
B/M ZF-98	0.14%	1.59%	
B/M ZF-01	0.10%	3.10%	0.04%
B/M ZF-98	0.14%	1.59%	
ZF-98	0.12%	1.52%	0.02%**
B/M ZF-01	0.10%	3.10%	
ZF-01	0.03%	2.60%	0.07%**

Fuente: Elaboración propia en base a datos de EIKON. Se muestra la rentabilidad diaria media de las carteras poruestas tras el filtro B/M. Además del riesgo correspondiente a cada una de ellas. Se muestra la diferencia de rentabilidad entre carteras, así como si esta es significativa o no. Las carteras propuestas (F-n es Piotroski (2000) y ZF-n es el modelo de filtros) son las mismas que en estudio previo, pero aplicando el filtro de liquidez. Es decir, se toman empresas a partir del cuartil del B/M.

*** Significativo al 1%. * Significativo al 5%.*

Anexo 2. Aplicación del filtro de Liquidez (2008-2023)

	Rentabilidad diaria media	Desviación típica	Diferencia rentabilidad
F-9L	0.13%	2.08%	
F-0L	-0.02%	3.91%	0.15%
F-98/01L	0.08%	0.89%	
RUSSELL	0.04%	1.56%	0.04%*
F-0L	-0.02%	3.91%	
ZF-0L	-0.14%	4.76%	0.12%
F-01L	0.04%	1.97%	
ZF-01L	0.02%	2.61%	0.02%
F-98/01L	0.08%	0.89%	
ZF-98/01L	0.10%	1.11%	-0.02%**
ZF-98L	0.12%	1.54%	
ZF-01L	0.02%	2.61%	0.10%**

Fuente: Elaboración propia en base a datos de EIKON. Se muestra la rentabilidad diaria media de las carteras propuestas tras el filtro de liquidez. Además del riesgo correspondiente a cada una de ellas. Se muestra la diferencia de rentabilidad entre carteras, así como si esta es significativa o no. Las carteras propuestas son las mismas que en estudio previo (F-n es Piotroski (2000) y ZF-n es el modelo de filtros) pero aplicando el filtro de liquidez. Es decir, deben haber sido empresas negociadas al menos un 75% de los días que están en cartera.

*** Significativo al 1%. * Significativo al 5%.*

Anexo 3. Sectores Russell 2000

2010									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Health care	Communication Services	Consumer Defensive
35	102	324	317	89	289	99	269	37	94
2011									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Health care	Communication Services	Consumer Defensive
38	119	339	292	94	267	102	273	34	90
2012									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Health care	Communication Services	Consumer Defensive
36	114	342	282	96	279	101	253	32	86
2013									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Health care	Communication Services	Consumer Defensive
39	125	337	268	91	274	103	281	35	86
2014									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Health care	Communication Services	Consumer Defensive
39	128	335	276	92	285	97	324	32	76
2015									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Health care	Communication Services	Consumer Defensive
41	132	308	259	79	282	93	350	34	81
2016									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Health care	Communication Services	Consumer Defensive
42	132	289	261	70	282	90	336	30	79
2017									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Health care	Communication Services	Consumer Defensive
40	131	299	267	89	269	96	325	29	74
2018									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Health care	Communication Services	Consumer Defensive
39	140	276	256	96	254	101	387	28	68
2019									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Health care	Communication Services	Consumer Defensive
38	132	215	267	118	202	66	439	76	66
2020									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Health care	Communication Services	Consumer Defensive
36	139	226	270	77	203	64	523	70	68
2021									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Health care	Communication Services	Consumer Defensive
34	139	241	254	86	234	65	555	80	79
2022									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Health care	Communication Services	Consumer Defensive
36	136	265	255	93	236	70	393	75	79
2023									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Health care	Communication Services	Consumer Defensive
35	132	260	260	97	213	77	420	66	75

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Morningstar. Se muestra la composición del ETF de Vanguard basado en el Índice Bursatil Russell 2000, tras una limpieza para que los datos sean óptimos para realizar Piotroski (2000). Se muestra el año correspondiente, así como cada sector y su número de empresas correspondiente.

Anexo 4. Composición sectorial de las carteras (2008-2023)

F-9									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Healthcare	Communication Services	Consumer Defensive
1	7	11	62	36	38	27	6	2	14
ZF-9									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Healthcare	Communication Services	Consumer Defensive
0	3	10	42	17	23	18	5	0	13
F-98									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Healthcare	Communication Services	Consumer Defensive
38	80	113	335	141	267	127	83	45	105
ZF-98									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Healthcare	Communication Services	Consumer Defensive
6	11	94	228	73	169	96	54	12	79
F-0									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Healthcare	Communication Services	Consumer Defensive
0	0	4	8	0	8	4	8	0	0
ZF-0									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Healthcare	Communication Services	Consumer Defensive
0	0	3	2	0	3	3	2	0	0
F-01									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Healthcare	Communication Services	Consumer Defensive
0	24	65	43	10	53	22	217	13	5
ZF-01									
Utilities	Real Estate	Technology	Industrials	Energy	Consumer Cyclical	Basic Materials	Healthcare	Communication Services	Consumer Defensive
0	14	25	11	5	19	10	69	7	1

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Morningstar. Se muestra una clasificación sectorial de todas las empresas que han pasado por cada cartera en el periodo (2008-2023)