



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

DESARROLLO DE UN MODELO CUANTITATIVO DE INVERSIÓN EN RENTA VARIABLE INTERNACIONAL PARA UNA ADMINISTRADORA GENERAL DE FONDOS

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
INDUSTRIAL

DANIEL ESTEBAN ARAYA MÉNDEZ

PROFESOR GUÍA:
JOSÉ MIGUEL CRUZ GONZÁLEZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
HUGO SÁNCHEZ RAMÍREZ
LUIS LLANOS COLLADO

SANTIAGO DE CHILE
2024

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE:** Ingeniero Civil Industrial
ESTUDIANTE: Daniel Esteban Araya Méndez
FECHA: 2024
PROFESOR GUÍA: José Miguel Cruz González

DESARROLLO DE UN MODELO CUANTITATIVO DE INVERSIÓN EN RENTA VARIABLE INTERNACIONAL PARA UNA ADMINISTRADORA GENERAL DE FONDOS

El éxito de una administradora general de fondos reside en su desempeño al manejar sus inversiones, por lo que mantenerse a la vanguardia e innovar en sus metodologías conlleva un muy alto valor agregado. El objetivo del presente trabajo es desarrollar un modelo cuantitativo que invierta en índices bursátiles globales, esto con el fin último de mejorar la toma de decisiones en el *asset allocation* regional en renta variable.

Con foco en la información macroeconómica, se extrajeron datos desde Bloomberg para desarrollar modelos cuantitativos que comparen diferentes economías e inviertan en índices representativos de sus mercados accionarios. Los portafolios construidos se basan en un trabajo de inversión en monedas publicado en 2013, agrupando información macroeconómica en índices de actividad económica e inflación, e invirtiendo en base a sus últimas tendencias, estrategia llamada “Momentum económico”.

Se realizó un estudio de los portafolios creados mediante *backtests* usando diferentes conjuntos de países y regiones, comparándolos con estrategias clásicas de Value y Momentum. A partir del desarrollo, estudio y validación de las carteras de inversión, se destaca el desempeño de la estrategia agregada a partir de ambos índices. Este modelo muestra una correlación de un 1% con el modelo macroeconómico actualmente utilizado por la empresa, y la mezcla de ambos consigue una rentabilidad ajustada al riesgo mayor gracias a la diversificación de riesgo de la inversión.

AGRADECIMIENTOS

A las personas que más quiero en este mundo, mi mamá y hermana, quienes han sido mi mayor razón para seguir esforzándome y quienes me dan su cariño desde siempre.

Al resto de mi familia, quienes me apoyan y me hacen feliz; mi papá, abuelos, tíos y primos.

A quienes me hicieron sentir acompañado dentro y fuera de la u, con quienes compartí el estudio, salidas, juegos y carretes; los cracks de plan común, mis panas de industrias, los de medi, el equipo alfa maravilla y mis amigos del colegio.

A los mentores que me ayudaron a crecer y expandir mis horizontes, los que por medio de sus enseñanzas hicieron posible la realización de este trabajo; Felipe y Victor.

A aquellos que, de una forma u otra, contribuyeron positivamente a mi vida personal y formación profesional. Sus palabras amables y apoyo no pasan desapercibidos.

Este trabajo no es solo mío, sino de todos los que han creído en mí y han sido parte de este viaje hasta el día de hoy. A cada uno de ustedes, mi más sincero agradecimiento.

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Industria de los fondos mutuos	2
1.2 Datos y métodos cuantitativos.....	4
2. Proyecto y justificación.....	5
2.1 Oportunidad de mejora	5
2.2 Justificación de la oportunidad encontrada	5
3. Objetivos.....	7
3.1 Objetivo General	7
3.2 Objetivos Específicos	7
4. Alcances del proyecto	8
5. Marco teórico	9
5.1 Estrategias de referencia	10
5.2 Señales y testing.....	11
6. Metodología.....	13
7. Desarrollo del proyecto	15
7.1 Datos	15
7.1.1 Índices bursátiles	15
7.1.2 Variables macroeconómicas	15
7.2 Carteras de Momentum económico	17
7.3 Construcción del benchmark.....	18
7.4 Desempeño de los modelos.....	19
7.5 Reducción de turnover	27
7.6 Resumen de resultados	29

8. Conclusión.....	30
Bibliografía.....	33
Anexo A	34
Anexo B	35
Anexo C	37
Anexo D.....	39
Anexo E	41
Anexo F	42
Anexo G.....	44
Anexo H.....	45

1. Introducción

Una Administradora General de Fondos (en adelante AGF) es una organización que se encarga de gestionar y administrar uno o varios fondos. Según su definición, encontrada en la Ley N°20.712, un fondo mutuo es un patrimonio integrado por aportes de personas naturales y jurídicas para su inversión en valores de oferta pública y otros bienes permitidos por la ley, y que permite el rescate total y permanente de las cuotas en un plazo igual o inferior a 10 días. A su vez, esta ley establece que los recursos del fondo serán administrados por una sociedad anónima especial por cuenta y riesgo de los aportantes¹. Así, una administradora de fondos mutuos se encarga de la gestión de dicho fondo, para lo cual debe tomar decisiones de inversión en nombre de los participantes, lográndolo a través de una selección y gestión de una cartera diversificada de activos financieros, como acciones, bonos, instrumentos del mercado monetario y otras clases de activos.

Es de suma relevancia para una AGF obtener un mayor rendimiento en sus inversiones, ya que se relaciona directamente con su desempeño en el mercado, y por ende su diferenciación y capacidad de atracción de clientes. Por ello es crucial que la toma de decisiones sea informada y acertada, mejorando así la rentabilidad de la inversión de los aportantes. Esta es una tarea de suma complejidad dada la incertidumbre del universo financiero en el que se generan las inversiones, por lo que desarrollar técnicas capaces de generar una rentabilidad positiva es altamente necesario y deseable. Además, es atractiva la idea de lograr una rentabilidad positiva a largo plazo mediante un portafolio de estrategias complementarias y diversificadas.

En el mercado de las inversiones es relevante innovar y mantenerse a la vanguardia, siendo de gran interés para cualquier organización del rubro el explorar estrategias que les permitan destacarse positivamente con respecto a las demás compañías. En ese sentido, el proyecto a desarrollar es útil para cualquier empresa del mercado de inversiones, tanto nacional como internacional, que invierta en activos de renta variable, ya que las metodologías que se contemplen apuntarán a mejorar la toma de decisiones de inversión dentro de este tipo de activos a nivel internacional, dejando propuesto el estudio de las metodologías utilizadas en otras clases de activos.

¹ Los fondos mutuos y sus sociedades administradoras se rigen por las disposiciones contenidas en la Ley N°20.712 de 2014, en su Reglamento, el D.S. N°129 de 2014, en el reglamento interno de cada fondo y en la normativa emitida por la Comisión del Mercado Financiero, organismo al cual compete su fiscalización. Asimismo, se aplican a estas entidades las disposiciones legales y reglamentarias relativas a las sociedades anónimas abiertas.

1.1. Industria de los fondos mutuos

Existe una gran cantidad de AGF participantes en la industria de los fondos mutuos, tal como: Banchile, Santander, BCI, Bancoestado, Larrainvial, BICE Inversiones, Scotia Chile, Principal, Itaú, Security, Sura, Zurich, entre otros.

Se tiene que, a diciembre de 2022, según la Asociación de Fondos Mutuos², el patrimonio efectivo administrado por los todos los participantes de la industria de fondos mutuos en Chile sumaba una cifra de \$47.810 mil millones de pesos. En la siguiente tabla se observa la participación de mercado de las administradoras en esa fecha:

Administradora de fondos	Participación (%)
Banchile	23,29
Santander	17,60
BCI	12,55
Bancoestado	8,02
Larrainvial	6,02
BICE Inversiones	5,85
Security	4,84
Itaú	4,46
Scotia	4,38
Principal	3,62
Sura	2,84
Zurich	1,97
Otros (<2%)	4,56

Tabla 1: Participación en el mercado de fondos mutuos (Fuente: Asociación de fondos mutuos)

² Asociación de Fondos Mutuos. *Informe Anual 2022*. (Consultado el 29 de agosto de 2023)

Según lo expuesto en la tabla anterior, se destaca que más de la mitad del mercado está concentrado en Banchile, Santander y BCI, quienes superan el 10% de participación cada una, y que juntas suman más de un 53% de participación.

Además, en el siguiente gráfico se puede observar la evolución del patrimonio efectivo administrado por la industria, la cual asciende a \$47.810 mil millones de pesos a fines del 2022, equivalente a un 21% del producto interno bruto (PIB) chileno en esa fecha. Se destaca que el patrimonio mencionado presenta un aumento acumulado del 155% en la última década.

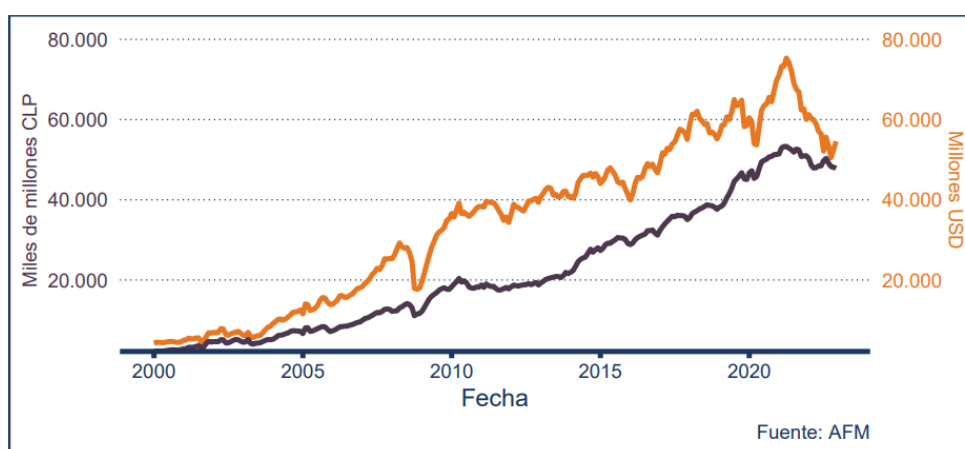


Ilustración 1: Gráfico de evolución del patrimonio efectivo administrado por la industria

Las carteras de fondos mutuos son diseñadas para una amplia gama de inversionistas y objetivos, desde fondos de renta variable, fondos balanceados, fondos estructurados hasta fondos de renta fija. Las restricciones específicas dependerán del tipo de fondo, pero en general, se espera que siga una estrategia de inversión declarada. Además, para que los inversionistas tengan la oportunidad de realizar compra y venta de acciones de los fondos a diario, los fondos mutuos ofrecen generalmente una alta liquidez, siendo una inversión flexible en la que los partícipes pueden retirar su dinero por medio de rescates diarios con pagos máximos en un plazo de 10 días o menos dependiendo de la liquidez del fondo. Luego, la atracción de nuevos inversores está directamente relacionada con la rentabilidad y variedad de los fondos ofrecidos, sumado a las capacidades comerciales de cada AGF, siendo un mercado altamente competitivo. Ante este panorama, existe un gran desafío de parte de las AGF en innovar y en mejorar la toma de decisiones de inversión. En este contexto, los modelos cuantitativos han cobrado una creciente relevancia y se han convertido en una herramienta importante para tener en cuenta.

1.2 Datos y métodos cuantitativos

Buscar participación en el mercado accionario o de renta variable ha sido históricamente una opción atractiva para los inversionistas que buscan obtener mayores retornos. Sin embargo, tomar decisiones de inversión informadas en este mercado altamente dinámico y volátil requiere de un enfoque sólido respaldado por datos confiables. En este contexto, el uso de datos macroeconómicos es fundamental para comprender la relación entre los factores económicos y el rendimiento de las acciones. Por otro lado, también se deben tener en cuenta los múltiplos agregados de las bolsas pues son de utilidad en un enfoque para evaluar la salud financiera y el potencial de crecimiento de una empresa o sector. La utilización de múltiplos ha sido de gran relevancia en la toma de decisiones de inversión, por ejemplo, estudios previos como los realizados por Fama & French (1998 y 2011) y Asness, Moskowitz & Pedersen (2013) han confirmado la existencia de primas de valor en mercados financieros internacionales por sobre los retornos asociados a riesgos sistemáticos, respaldando la importancia de utilizar valoraciones relativas de las empresas en relación con sus fundamentos económicos.

Las estrategias de inversión cuantitativas son aquellas estrategias de inversión que utilizan métodos cuantitativos, es decir, que mediante técnicas matemáticas y/o estadísticas analizan información numérica para la toma de decisiones financieras y de inversión. Según Investopedia³, los métodos cuantitativos son hoy en día parte central del mundo de las finanzas, y su aspecto llamativo yace en la imparcialidad en la toma de decisiones y en la posibilidad de probar las estrategias antes de implementarlas utilizando la historia pasada de los datos, siendo este último proceso llamado *backtesting*. Además, menciona que, con el avance de la tecnología, es probable que las metodologías cuantitativas se vuelvan aún más refinadas, ofreciendo a los inversores nuevas herramientas para la asignación de activos y la gestión del riesgo. Dado que estas estrategias no son infalibles, ya sea por malinterpretación de la información o por la existencia de escenarios anómalos como una pandemia, es prudente su utilización como un criterio adicional dentro de la toma de decisiones apoyando en la comprensión de la información disponible antes de invertir. Este trabajo se encargará de explorar un nuevo enfoque dentro de las estrategias cuantitativas a través del uso de datos macroeconómicos y múltiplos para la inversión en renta variable, pudiendo optimizar los rendimientos, el premio riesgo-retorno o los riesgos asociados, o bien servir de estrategia diversificadora en la creación de un portafolio de acciones.

³ Schmidt, M. *Using Quantitative Investment Strategies*. Investopedia (Consultado el 06 de noviembre de 2023)

2. Proyecto y justificación

2.1 Oportunidad de mejora

El proyecto surge con el propósito de enriquecer la toma de decisiones de inversión en activos de renta variable de la empresa. Generalmente, y en especial dentro de una empresa de inversiones, el proceso de inversión comienza con la pregunta “¿dónde invertir?” Dentro de renta variable, la distribución de activos (asset allocation) suele relacionarse en una primera instancia a el cómo distribuir la inversión en los diferentes países o regiones, es decir, cuánto dinero asignar a cada mercado.

Se reconoce que la toma de decisiones relacionadas con la selección de países o regiones para invertir siempre puede optimizarse mediante la exploración de nuevos enfoques, en particular a través del estudio de modelos cuantitativos. Estos son herramientas que emplean métodos cuantitativos para tomar las decisiones de inversión. Se identifica además la necesidad de un análisis exhaustivo respecto a las variables macroeconómicas subyacentes, que es un aspecto central abordado en este proyecto y que puede ser clave en el proceso de inversión, ya que es información relacionada con la situación económica de un mercado.

Dentro de una AGF, una mejor toma de decisiones en inversiones estará relacionada directamente con los rendimientos de los fondos administrados, pues elegir los instrumentos que tendrán mejores resultados aumentará el retorno de la inversión realizada. A su vez, este desempeño estará vinculado de forma directa con los retornos de la empresa, ya que los fondos al tener un mayor rendimiento, mayor será la ganancia obtenida a través de ellos y resultarán más atractivos para los inversionistas, generando así mayores ganancias y beneficios para la compañía.

2.2 Justificación de la oportunidad encontrada

Las decisiones de inversión a menudo se basan en tres criterios principales: las opiniones de expertos en el rubro o mercado en cuestión, las tendencias del mercado y la utilización de modelos de inversión definidos y validados. La razón para abordar la oportunidad encontrada radica en la importancia de mejorar la toma de decisiones de inversión en base a ese último criterio. Esto puede realizarse mediante la exploración y

testeo de modelos cuantitativos que exhiban baja correlación en sus retornos con los enfoques tradicionales y los ya explorados por la empresa.

Al construir un modelo que incorpore información macroeconómica de diferentes países y regiones se abre la oportunidad de explorar variables adicionales que enriquezcan la comprensión de sus mercados. Las señales macroeconómicas pueden proporcionar información valiosa sobre las tendencias y los cambios estructurales en los mercados internacionales, y al analizar las fuerzas macroeconómicas subyacentes se pueden identificar oportunidades de inversión tanto a corto como a largo plazo y anticipar posibles riesgos, permitiendo a la gestora aprovechar ventajas adicionales en inversiones de renta variable internacional.

Asimismo, al realizar *backtests* y analizar el desempeño de las diferentes metodologías, se obtendrán datos y métricas clave que respaldarán las decisiones de inversión, permitiendo evaluar la efectividad de las estrategias propuestas en la historia previa y entender su comportamiento frente a distintos regímenes económicos. Esto se complementará con la ejecución de tests y chequeos para comprobar la capacidad predictiva de los modelos y el aporte con respecto a modelos de Value y Momentum. Todo lo anterior brindará una base sólida para tomar decisiones informadas respecto al uso del modelo y poder implementar mejoras en función de los resultados obtenidos.

En base a cifras de la administradora, publicadas en la página de la Comisión para el Mercado Financiero en el año 2023, si el rendimiento sobre la inversión realizada por la empresa solamente en fondos mutuos creciera en un 0,01%, es decir, un punto base, habría un aumento en los resultados de más de \$ 200.000.000 CLP, evidenciando así el impacto relacionado al proyecto.

3. Objetivos

Se establecen los siguientes objetivos para el desarrollo del trabajo de título:

3.1 Objetivo General

Desarrollar un modelo cuantitativo que invierta en índices bursátiles globales, empleando métodos cuantitativos que usen información proveniente de fuentes confiables, esto con el fin último de mejorar la toma de decisiones con respecto a la distribución de inversión en activos de renta variable de diferentes países y/o regiones.

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar, evaluar y seleccionar un conjunto de variables macroeconómicas, realizando un respectivo tratamiento y análisis de forma previa a su utilización en los modelos.
- Construir modelos que inviertan a partir de la información disponible, obteniendo en el proceso métricas clave que permitan una selección óptima de activos para el desarrollo de estrategias de inversión.
- Medir el desempeño de las diferentes metodologías implementadas a través de *backtests*, con la posibilidad de aplicar mejoras, y realizar otros tests varios para verificar la robustez de los resultados.
- Evaluar la utilidad de los modelos en base a los resultados obtenidos y pruebas realizadas, tomando en consideración costos y beneficios, factibilidad, implementación, costos de transacción, entre otros aspectos clave.

4. Alcances del proyecto

Dados los objetivos y la oportunidad que aborda el trabajo de título, es importante que se tenga definida la clase de activos en la que se invertirá, siendo en este caso índices accionarios de diferentes países o regiones, como lo sería S&P 500 para Estados Unidos. Este tipo de índices corresponden a instrumentos de renta variable internacional, siendo útiles para representar los mercados accionarios de las regiones en las que se busca invertir.

Ya que existe interés de parte de la empresa en el desarrollo y estudio de variadas estrategias de inversión abordando especialmente la utilización de variables macroeconómicas, el modelo propuesto se basó en la información macroeconómica de los mercados. No fue una limitación dentro del trabajo las restricciones de riesgo utilizadas en la empresa, pero se realizaron verificaciones de criterios básicos en el análisis de los modelos, por ejemplo, la evaluación de su desempeño histórico bajo diversas condiciones de volatilidad del mercado.

La principal limitante de este trabajo es la ventana de tiempo en el que se desarrolla, siendo importante dejar propuestas de mejora que puedan ser aplicadas más adelante, llevar a cabo una profundización adecuada en el estudio de cada estrategia y lograr entregar un análisis efectivo, concluyendo en el tiempo establecido. Otra limitación es la disponibilidad de información de las variables macroeconómicas. Aunque se utiliza Bloomberg como una fuente confiable de los datos macroeconómicos y del retorno de índices accionarios, hay numerosos países que carecen de un extenso historial de información. Por lo tanto, los *backtests* son acotados a periodos donde la información esté mayoritariamente disponible.

5. Marco teórico

Dentro de la teoría financiera, el Capital Asset Pricing Model (CAPM) se considera un pilar esencial para evaluar activos financieros y orientar en la toma de decisiones de inversión. Este modelo establece una relación lineal entre el rendimiento esperado de un activo y su riesgo asociado, proporcionando una estructura que vincula la compensación esperada por asumir riesgos con la volatilidad sistémica del activo en relación con el mercado⁴. Sin embargo, el CAPM ha dado paso a diversas extensiones que buscan refinar la evaluación del riesgo y rendimiento en escenarios más complejos, tomando en cuenta factores adicionales que impactan en los resultados de la inversión, destacándose entre estos el modelo de tres factores de Fama y French⁵ como una alternativa enriquecedora. Este se basa en la idea de que además del riesgo sistemático, los rendimientos de los activos están influenciados por otros factores, como el tamaño de la empresa (factor Size) y el valor contable a precio de mercado (factor Value). Adicionalmente, existen otros factores cuyo impacto en el desempeño de los activos ha sido estudiado y demostrado, por ejemplo, el factor Momentum.

Una estrategia de Momentum es una apuesta a que los retornos pasados pueden predecir los retornos futuros de un conjunto de activos, comprando (vendiendo) aquellos que han sido más (menos) rentables últimamente. Existe una gran cantidad de literatura que discute acerca del efecto de esta estrategia. A pesar de que el foco del efecto de momentum se encuentra en los precios de los activos para crear señales de compra-venta, existe literatura con respecto al momentum de otras variables, como se muestra en el trabajo de Huang, Zhang & Zhou (2018) quienes utilizaron las tendencias de variables fundamentales del mercado accionario para crear un portafolio de inversión que compite contra la estrategia de Momentum, logrando además un mejor desempeño en un portafolio incorporando ambas estrategias. Siguiendo esa línea, Dahlquist & Hasseltoft (2019) llevaron la idea a un nivel más amplio, pues haciendo uso de las tendencias en variables macroeconómicas fundamentales, armaron índices de actividad económica e inflación de diferentes países como base para formar carteras long-short de inversión en monedas. El trabajo de título, por su parte, estudia el uso y desempeño de variables macroeconómicas dentro del mercado accionario basándose en las

⁴ La fórmula utilizada en el CAPM es: $E(r) = r_f + \beta(E(r_m) - r_f)$; con $E(r_i)$ el retorno esperado de la inversión, r_f la tasa de retorno libre de riesgo, β el beta de la inversión, y $(E(r_m) - r_f)$ la prima de riesgo del mercado.

⁵ La fórmula del modelo de tres factores de Fama y French es: $r - r_f = \alpha + \beta_1(E(r_m) - r_f) + \beta_2(SMB) + \beta_3(HML)$; donde $r - r_f$ representa el retorno por sobre la tasa libre de riesgo, β_j la sensibilidad frente al factor j , $(E(r_m) - r_f)$ la prima de riesgo del mercado, y SMB (Small Minus Big) indica el exceso de retorno de las empresas *small caps* por sobre las *big caps* y HML (High Minus Low) indican el exceso de retorno de las empresas de alto valor contable en comparación con las de un bajo valor contable.

estrategias de Momentum económico construidas por Dahlquist & Hasseltoft (2019) e invirtiendo en diferentes mercados a través de índices bursátiles.

Para tomar decisiones de inversión informadas es necesario tomar en consideración múltiples factores, entre ellos el contexto económico en que se encuentran los activos. En este sentido los datos macroeconómicos proporcionan información clave sobre la salud y el desempeño de la economía en su conjunto, teniendo un impacto directo e indirecto en el mercado de renta variable ya que influyen en la valoración de las empresas, la demanda de productos y servicios, y la confianza de los inversores. Al estudiar variables macroeconómicas se puede evaluar el entorno económico y su impacto potencial en el desempeño financiero de las empresas, por ejemplo, Kollár & Schmieder (2019) a partir de variables macroeconómicas como el PIB, crearon índices univariados y multivariados con el fin de capturar las distintas fases de ciclos económicos en diferentes países desarrollados. Además, existe literatura que divide el efecto de inflación y actividad económica en el precio de los activos, tal como Ang & Piazzesi (2003) y Piazzesi & Schneider (2006) quienes estudiaron cómo ambos factores afectaban el precio de los bonos y las dinámicas de la curva de tasas.

Para crear estrategias de inversión en renta variable utilizando datos macroeconómicos, es importante identificar las variables macroeconómicas más relevantes y su relación con el mercado de valores. Algunas variables clave pueden ser la variación en el PIB, la inflación, las tasas de interés, el consumo interno, la balanza comercial, la política económica, etc.

5.1 Estrategias de referencia

Hay dos estrategias clásicas que se tendrán en cuenta para realizar las comparaciones y otros análisis, Value y Momentum. Para ello se utilizarán uno de sus métodos de construcción más básicos, inspirándose en el trabajo de Asness, Moskowitz & Pedersen (2013) quienes estudiaron de forma exhaustiva la eficacia y validez de ambas estrategias.

Las estrategias de Value invierten dependiendo de la relación del valor actual de un activo con el valor intrínseco de este, es decir, se decide si invertir o no dependiendo de si el valor de mercado del activo se encuentra infravalorado o no en ese momento. En cambio, las estrategias de Momentum se basan en la idea de que los activos que han tenido un buen desempeño en el pasado tienden a seguir un buen comportamiento

en el futuro. Estas últimas consideran que el rendimiento de un activo posee un tipo de inercia y en base a eso toman decisiones de inversión, comprando activos cuyo rendimiento ha sido positivo recientemente y vendiendo los activos con un rendimiento negativo reciente.

Cabe destacar que Value y Momentum son considerados factores debido a sus características y patrones consistentes de rendimiento. Tal como nos exponen Asness, Moskowitz & Pedersen (2013), el efecto de Value y Momentum no se limita solamente a acciones, sino que también se ha encontrado en otras clases de activos como monedas, bonos y materias primas. Estos factores han demostrado tener un impacto significativo en el rendimiento de activos y han sido ampliamente estudiados en la literatura académica y financiera desde hace varias décadas. Un ejemplo de esto es el estudio realizado por Fama & French (1998), que respalda la existencia y la influencia de estos factores en los mercados financieros.

5.2 Señales y testing

Las señales de compra y venta en estrategias de inversión se originan a partir del análisis cuantitativo de variables, buscando momentos oportunos para adquirir o vender activos financieros. Estas señales se basan en patrones y condiciones que sugieran rendimientos positivos o negativos del activo en cuestión. Los inversores utilizan estas señales como guía para tomar decisiones informadas, mejorando así su capacidad de anticipar cambios en el mercado y optimizar el rendimiento de sus inversiones.

Al trabajar con datos macroeconómicos, múltiples agregados de las bolsas u otras variables es posible aplicar métodos cuantitativos como modelos de regresión, series de tiempo y análisis de componentes principales. Esto facilita la exploración de relaciones entre variables y el rendimiento de los activos, e incluso la generación de señales de compra y venta a partir de la información disponible. También es posible utilizar algunas técnicas más complejas como, por ejemplo, lo expuesto en el trabajo de Chakravorty, Awasthi & Da Silva (2018) en donde se observa la utilización de redes neuronales en la creación de señales para un asset allocation a nivel global.

Se reconoce la necesidad de estudiar y validar las señales construidas. Para ello es necesario estudiar la capacidad predictiva de las señales, calcular las correlaciones

entre las variables utilizadas y medir su desempeño mediante *backtests*⁶. Dahlquist & Hasseltoft (2019) en sus estrategias de inversión en monedas tienen inicialmente señales basadas en tasas de crecimiento logarítmico de los índices de actividad económica e inflación, pero obtuvieron resultados similares al estandarizar sus señales por volatilidad y también al utilizar tendencias calculadas mediante regresiones lineales, regresiones cuadráticas y medias móviles. Además, estudiaron la capacidad predictiva de sus índices mediante regresiones utilizando como variable dependiente los retornos futuros de las monedas. Este proceso es de gran utilidad para discernir las señales útiles para la construcción de un modelo de aquellas que no entregan un aporte real.

Posteriormente, para realizar la validación de las estrategias desarrolladas de forma exhaustiva es importante realizar una comparación con otras estrategias, considerando para este fin el *benchmark* propuesto anteriormente. Es necesario comprobar, además, que la estrategia sea de utilidad para la diversificación en una estrategia combinada y que no esté correlacionada con las demás. Con ese fin Asness, Moskowitz & Pedersen (2013) plantean realizar regresiones entre las estrategias, aunque también existen en la literatura metodologías más elaboradas como la propuesta por Feng, Giglio & Xiu (2020), quienes evalúan el aporte de nuevos factores frente a otros ya publicados anteriormente utilizando una regresión LASSO (*Least Absolute Shrinkage and Selection Operator* por su sigla en inglés) de doble selección junto a una post-selección adicional.

Para comprobar la robustez de los resultados, será igualmente necesario ver el comportamiento de los modelos al realizar cambios en los parámetros y métodos utilizados en la construcción de señales y carteras, sirviendo para observar la constancia y medir sensibilidad en los resultados. De forma similar se tiene lo expuesto por Dahlquist & Hasseltoft (2019) y Kollár & Schmieder (2019), quienes plantean realizar los *backtests* en diferentes subconjuntos de países (G7, G10, mercados emergentes, etc.) y en diferentes ventanas de tiempo, considerando incluso altos costos de transacción. Finalmente, cabe la posibilidad de realizar otros análisis de interés para el trabajo, como lo expuesto por Asness, Moskowitz & Pedersen (2013), quienes realizaron pruebas adicionales para medir la exposición al riesgo macroeconómico y al riesgo de liquidez.

⁶ Para ello se utilizan métricas como rendimiento acumulado y anual, volatilidad, Sharpe ratio, Maximum drawdown, entre otras.

6. Metodología

Dada la naturaleza del trabajo, la metodología sigue a la utilizada en minería de datos, llamada “Cross Industry Standard Process for Data Mining”, o bien “CRISP-DM”, la cual se resume en el siguiente diagrama:

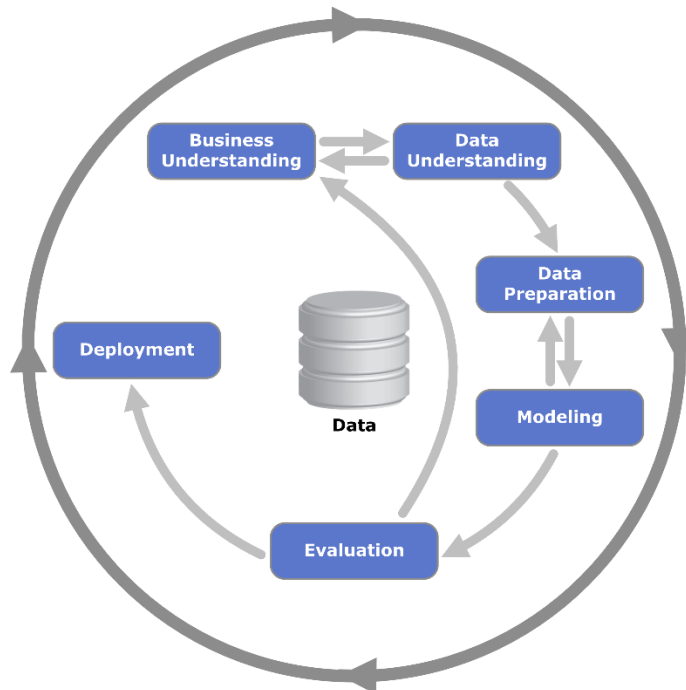


Ilustración 2: Metodología de Data Mining

El entendimiento del problema está vinculado a la determinación de objetivos y criterios a utilizar para determinar qué modelos propuestos logran mejores resultados considerando la oportunidad de mejora definida. Además, en base a ello abre la posibilidad de explorar nuevas propuestas que puedan ajustarse mejor a los resultados esperados y/o que tengan mayor robustez.

Respecto al entendimiento de la data, aquí se engloba la recolección y descripción de la data, exploración de esta y verificación de la calidad.

Luego, en la preparación de la data se considera la selección de la data a utilizar a partir de lo visto en el paso previo, la limpieza y tratamiento de la data, construcción de

nuevas variables en base a la información disponible, culminando en la construcción de bases de datos que puedan ser utilizadas más adelante en la metodología.

Posteriormente se tiene el proceso de modelamiento, en donde se construyen los modelos y *backtests* de las diferentes propuestas, y otros tests varios que servirán en el paso siguiente.

Se tiene entonces la evaluación de los resultados, donde en base a los criterios que provienen del entendimiento del problema se realiza un análisis de los *backtests* realizados, comparaciones con el *benchmark* y se forman conclusiones en relación con las validaciones realizadas.

Por último, tras realizar todas las conclusiones del proyecto, se formulará una propuesta o planificación para que la organización pueda sacar provecho de lo realizado en el trabajo de título, pudiéndose implementar algunos análisis y estrategias dentro de las utilizadas en la empresa en caso de llegar a resultados positivos.

Se destaca que para el desarrollo de modelos y el tratamiento de datos se utilizará Python, lenguaje de programación que cuenta con gran popularidad en el último tiempo, siendo uno de los más utilizados. Python cuenta con miles de librerías, de las cuales se espera el uso de Numpy y Pandas para el tratamiento de datos, entre otras.

7. Desarrollo del proyecto

7.1 Datos

7.1.1 Índices bursátiles

Se extraen desde Bloomberg los retornos mensuales de índices asociados a mercados accionarios, definidos previamente por el mánager de inversión, de los siguientes países y regiones: Alemania, Australia, Brasil, Chile, China, Colombia, Corea del Sur, España, Estados Unidos, Europa, Francia, Países Bajos, Hong Kong, India, Indonesia, Italia, Japón, Latinoamérica, Malasia, México, Rusia, Arabia Saudita, Singapur, Sudáfrica, Suiza, Tailandia, Taiwán, Turquía y Reino Unido. La información obtenida abarca desde el periodo de enero de 1987 hasta julio de 2023. Una lista de los nemotécnicos de cada índice bursátil se encuentra en el Anexo A.

7.1.2 Variables macroeconómicas

Se recopiló información por país y región de cinco principales variables macroeconómicas: Producción industrial, ventas de retail, empleo (o inverso del desempleo), índice de precio del consumidor e índice de precio del productor. Esta información fue extraída igualmente desde Bloomberg, abarcando los periodos desde enero de 1987 hasta julio de 2023, dando preferencia a la data con mayor historia disponible y que se encontrara en formato mensual, llegando a utilizar información trimestral o semestral en casos particulares. La base de datos macroeconómicos construida fue estandarizada transformando todos los datos al formato de retorno porcentual anual y dividiéndolos por su desviación estándar. Con el fin de prevenir cualquier sesgo asociado a anticiparse a la información disponible, es importante destacar que la data fue rezagada hasta el día de su publicación en base a las fechas de publicación encontradas en Bloomberg, complementando dicha información con una estimación del rezago tras visitar las fuentes originales de la data. Se considera a su vez un rezago adicional, como en el caso de China durante el periodo de año nuevo chino, en variables que les corresponda.

Por otro lado, las operaciones se realizan el primero de cada mes con la información disponible hasta el último día del mes anterior. Por ejemplo, el 1 de

septiembre se realiza una actualización de las posiciones de los portafolios con la información disponible hasta el 31 de agosto.

Usando las cinco variables macroeconómicas, y siguiendo los pasos de Dahlquist & Hasseltoft (2019), se construyeron dos índices fundamentales que miden los niveles de actividad económica e inflación de los mercados.

Índice de actividad económica

Para observar el crecimiento de la actividad económica en los diferentes mercados, se realizó un promedio equitativamente ponderado de los retornos, dentro de un horizonte determinado, de las siguientes variables:

- Producción Industrial
- Ventas de retail
- Empleo (o inversa del desempleo)

Índice de inflación

Para medir la inflación en la que se encuentra un mercado, se calcula el promedio equitativamente ponderado de los retornos, dentro de un horizonte determinado, de las siguientes variables:

- Índice de precio del consumidor (CPI)
- Índice de precio del productor (PPI)

Estos índices creados capturan los retornos de variables macroeconómicas a lo largo de múltiples horizontes temporales, específicamente uno, dos, tres, cuatro y cinco años. De esta manera, se miden varias frecuencias, evitando una selección arbitraria de los periodos considerados. Debido al formato de retorno anual de las variables, solo se contemplan horizontes de frecuencia anual.

7.2 Carteras de Momentum económico

Para invertir en aquellos mercados con un mejor desempeño reciente de sus variables macroeconómicas, basándose en la metodología propuesta por Dahlquist & Hasseltoft (2019), se crearon carteras de Momentum económico utilizando los dos índices fundamentales: el índice de actividad económica y el índice de inflación. Después de definir un conjunto específico de mercados para implementar la estrategia, se realiza un ranking de estos según su crecimiento en actividad económica y otro ranking en base a su inflación. Los rankings se construyen mes a mes y por cada uno de los horizontes de tiempo considerados, de uno a cinco años. Esto resulta mensualmente en un total de diez rankings, cinco en base al crecimiento de la actividad económica y otros cinco en base al aumento de inflación capturada. De esta manera, se contemplan diez sub-estrategias, una para cada ranking.

Se tiene al final de cada mes un ranking de los países o regiones en base a la tendencia del índice considerado, ranking a partir del cual se calcularán posiciones y pesos en el portafolio de forma similar al método utilizado por Asness, Moskowitz & Pedersen (2013). En cada periodo t , la señal de inversión de un mercado accionario c , usando un índice fundamental i y en un horizonte de tiempo l está definido como:

$$w_{c,i,l,t} = k_t \left[\text{rank}(z_{c,i,l,t}) - \frac{1}{C_t} \sum_{c=1}^{C_t} \text{rank}(z_{c,i,l,t}) \right]$$

Donde $w_{c,i,l,t}$ es la señal de inversión para el mercado c en base al índice i considerando el horizonte temporal l en el periodo t . C_t por su parte está definido como el número de mercados accionarios disponibles en el periodo t y k_t es un ponderador que asegura que cada sub-estrategia invierta siempre un dólar largo (posición larga) y un dólar corto (posición corta). Invertir en largo implica comprar un activo con la expectativa de que su valor aumente, mientras que invertir en corto implica una venta ficticia del activo esperando que su valor disminuirá. A su vez, que exista un equilibrio en ambas posiciones resulta en una estrategia dólar neutral, mitigando así el efecto asociado al cambio de valor de la moneda. El retorno de una cartera en el periodo $t+1$ por cada índice fundamental i en un horizonte temporal l es:

$$R_{i,l,t+1} = \sum_{c=1}^{C_t} w_{c,i,l,t} R_{c,t+1}$$

Se considerarán estrategias agregadas en base a los índices y/o horizontes temporales para los resultados. Para realizar la combinación de carteras, dado que las volatilidades de los retornos de las carteras son diferentes, se multiplicaron los pesos de las carteras por el inverso de la volatilidad pasada de sus retornos, siendo estos retornos pasados calculados con un EWMA de factor lambda de 0.94, y se escalaron para que la suma fuera uno. Se agregan las carteras en base al horizonte temporal formando una estrategia resultante a partir de una ventana de corto plazo (tomando 1 y 2 años) y una de largo plazo (3, 4 y 5 años). Además, se forma una estrategia mixta (Combo) que agrega las carteras basadas en ambos índices. Asimismo, se incluye una cartera agregada en base a cada índice, tomando todos los horizontes temporales, y una cartera que agrega todas sub-estrategias para formar un Combo agregado.

7.3 Construcción del benchmark

Las carteras de Value y Momentum fueron construidas en base al trabajo realizado por Asness, Moskowitz & Pedersen (2013), quienes usan una metodología clásica para crear carteras de ambos factores y que validaron a través de variadas clases de activos. La estrategia Momentum invierte en los mercados con un mayor retorno en los últimos 12 meses, mientras que se posiciona en corto en mercados con el menor retorno en ese mismo horizonte. Por su parte, la estrategia Value considera el *book-to-market ratio* de cada índice bursátil, comprando en aquellos activos cuyo *book-to-market ratio* es mayor, bajo la lógica de que están siendo infravalorados, y vendiendo aquellos en donde su *book-to-market ratio* es menor pues se consideran sobrevalorados. En ambos casos, y al igual que en los portafolios creados anteriormente, se formula un ranking cada mes, Momentum en base al retorno de los último 12 meses y Value según el valor del *book-to-market ratio*. Luego, en cada periodo t , la señal de inversión $w_{c,i,l,t}$ de un mercado accionario c , usando un índice fundamental i y en un horizonte de tiempo l está definido como:

$$w_{c,i,l,t} = k_t \left[\text{rank}(z_{c,i,l,t}) - \frac{1}{C_t} \sum_{c=1}^{C_t} \text{rank}(z_{c,i,l,t}) \right]$$

Resultando en portafolios dólar neutral con los cuales es posible comparar los portafolios construidos anteriormente.

7.4 Desempeño de los modelos

A continuación, se reportarán los resultados de los *backtests* aplicados a los portafolios. Cabe recordar que un *backtest* consiste en aplicar una estrategia a los datos históricos del mercado para analizar cómo hubiera sido su desempeño en el pasado, aunque debe interpretarse con prudencia pues los resultados pasados no garantizan el desempeño de la estrategia en el futuro. Se contemplan diferentes estadísticas de las carteras agregadas por cada índice construido junto a los resultados obtenidos de las carteras de Value y Momentum construidas. Finalmente, se discute el beneficio de la diversificación para un inversor en renta variable.

Las métricas consideradas a la hora de comparar los resultados son:

- **Retorno anualizado:** Corresponde a la rentabilidad anual promedio del portafolio.
- **Retorno acumulado:** Es igual a la rentabilidad final que tuvo el portafolio en el periodo que contempla el *backtest*.
- **Desviación estándar (o volatilidad):** Es una medida que representa la variabilidad en los retornos, relacionando una volatilidad más alta a una mayor incertidumbre y riesgo en los movimientos de los precios.
- **Sharpe ratio:** Corresponde a una medida de rendimiento ajustada al riesgo, proporcionando una indicación de cuánta rentabilidad adicional se obtiene por unidad de riesgo. Un sharpe ratio más alto significa un mejor rendimiento ajustado al riesgo de la cartera.
- **Maximum drawdown (Pérdida máxima):** Es una medida que evalúa el mayor descenso en el valor de una inversión desde un pico hasta un punto mínimo antes de recuperarse, es decir, representa en términos porcentuales la mayor pérdida desde un máximo histórico hasta el siguiente mínimo.
- **Turnover:** El turnover de un portafolio mide la frecuencia con la que los activos dentro del portafolio son intercambiados. Un turnover alto puede implicar altos costos de transacción, impactar además en la eficiencia de la gestión del portafolio y aumentar los posibles riesgos operacionales debido a un alto nivel de transacciones durante un periodo. En este caso, el turnover se traduce en la cantidad de veces que el portafolio rota completamente en un año.
- **Autorregresión (AR(1)):** Indica cuán relacionados están el retorno de un portafolio con el retorno del mismo en el periodo siguiente.

- **Skewness:** Es una métrica para ver la simetría de los retornos mensuales obtenidos. Skewness igual a cero implica una distribución simétrica.
- **Exceso de curtosis (Excess Kurtosis):** La curtosis es una métrica para ver qué tan cercano a la media se distribuyen los retornos mensuales. Esta variable mide el exceso de curtosis con respecto a una distribución normal.

Todos los *backtests* abarcan el periodo entre el 01 de enero del 2003 hasta el 31 de julio del 2023, logrando finalmente observar el desempeño de los portafolios en una ventana de más de veinte años. Los países cuya información macroeconómica no se encuentra disponible desde el inicio de la ventana se van incorporando al pool de mercados a medida que dicha información aparezca y pueda utilizarse. Con el objetivo de evaluar de forma robusta el resultado de las estrategias, se llevarán a cabo diferentes *backtests* considerando diversos conjuntos de países.

Primero, se evalúan las estrategias en un conjunto de algunos de los principales mercados internacionales: China, Estados Unidos, Europa y Japón.

	Benchmark		Actividad Económica			Inflación			Combo		
	Momentum	Value	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado
Retorno anualizado	1,0%	-0,9%	1,2%	1,4%	1,3%	0,4%	2,1%	1,7%	1,8%	3,2%	2,2%
Retorno acumulado	13,8%	-21,0%	19,3%	25,6%	20,1%	2,8%	45,3%	33,4%	36,0%	84,0%	49,8%
Desviación estandar	0,08	0,07	0,09	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
Sharpe Ratio	0,12	-0,12	0,14	0,18	0,15	0,06	0,27	0,22	0,24	0,46	0,31
Max. Drawdown	-27%	-45%	-34%	-25%	-32%	-35%	-17%	-21%	-19%	-12%	-14%
Turnover	2,27	0,60	2,06	1,27	1,59	1,83	1,17	1,67	3,37	2,79	2,99
AR(1)	-0,06	-0,05	-0,03	0,01	0,02	-0,08	-0,07	-0,06	-0,12	0,00	-0,04
Skewness	0,05	-0,07	-0,28	0,09	0,16	-0,17	-0,09	-0,06	-0,03	-0,34	-0,33
Excess Kurtosis	2,31	3,33	2,20	0,63	0,61	2,35	2,72	2,82	2,27	3,02	2,50

Tabla 2: Resultados del backtest aplicado a cuatro mercados importantes.

Como es posible evidenciar en la tabla, el retorno de todas las carteras de Momentum económico son positivas y la mayoría de ellas superan en retorno y sharpe ratio al *benchmark* de Value y Momentum. Tomando en cuenta los índices por separado, se observa que el mayor sharpe ratio se encuentra en la cartera basada en el índice de inflación a largo plazo. Por otro lado, se destaca que la estrategia Combo obtuvo un mayor retorno y sharpe ratio que las estrategias basadas en los índices por separado, sin importar el horizonte temporal considerado.

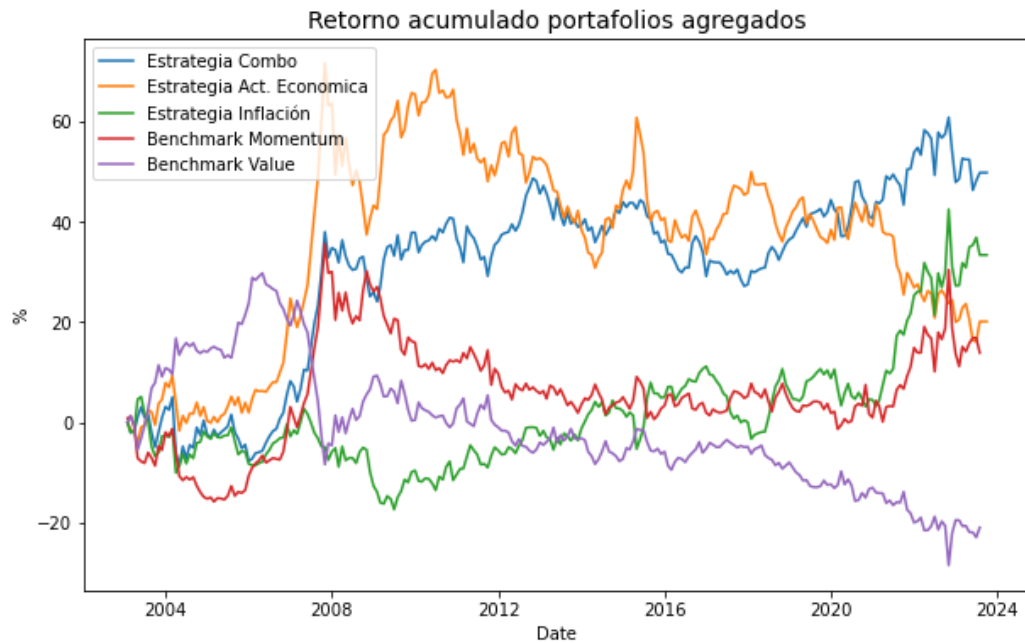


Ilustración 3: Retornos acumulados de carteras agregadas (4 mercados)

Del gráfico se observa que los tres portafolios agregados consiguen superar al *benchmark* en retorno acumulado, siendo más rentable la estrategia Combo. Además, de los retornos acumulados graficados (adjuntos en el Anexo B) se aprecia un mejor desempeño de aquellas carteras construidas a partir de un horizonte temporal de largo plazo.

Luego, con un conjunto un poco más amplio en el pool de mercados incluyendo a Latinoamérica y a India, se obtuvieron los siguientes resultados:

	Benchmark		Actividad Económica			Inflación			Combo		
	Momentum	Value	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado
Retorno anualizado	0,2%	-1,8%	1,1%	1,1%	0,7%	1,1%	1,0%	0,6%	1,8%	2,1%	2,0%
Retorno acumulado	-3,0%	-34,4%	18,1%	18,2%	7,7%	17,4%	17,1%	7,6%	37,6%	47,7%	44,5%
Desviación estandar	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Sharpe Ratio	0,03	-0,23	0,14	0,14	0,08	0,14	0,15	0,09	0,25	0,31	0,29
Max. Drawdown	-45%	-48%	-21%	-32%	-34%	-34%	-19%	-27%	-23%	-15%	-20%
Turnover	2,40	0,72	2,37	1,41	1,87	1,68	1,22	1,58	3,69	3,36	3,52
AR(1)	0,05	-0,05	0,00	0,01	0,02	-0,05	-0,08	-0,04	-0,01	0,05	0,02
Skewness	-0,51	-0,09	0,06	0,34	0,33	-0,12	-0,33	-0,27	0,40	0,10	0,11
Excess Kurtosis	2,03	2,17	0,81	0,37	0,36	1,02	2,14	1,77	0,91	1,06	1,04

Tabla 3: Resultados del backtest aplicado con seis mercados

Es posible observar que los portafolios de Momentum económico logran superar a los modelos de *benchmark* y obtener mayores retornos anualizados y sharpe ratios. Es evidente cómo se mantiene igualmente una mejora del Combo en retornos y sharpe ratio con respecto a las estrategias basadas en los índices individuales.

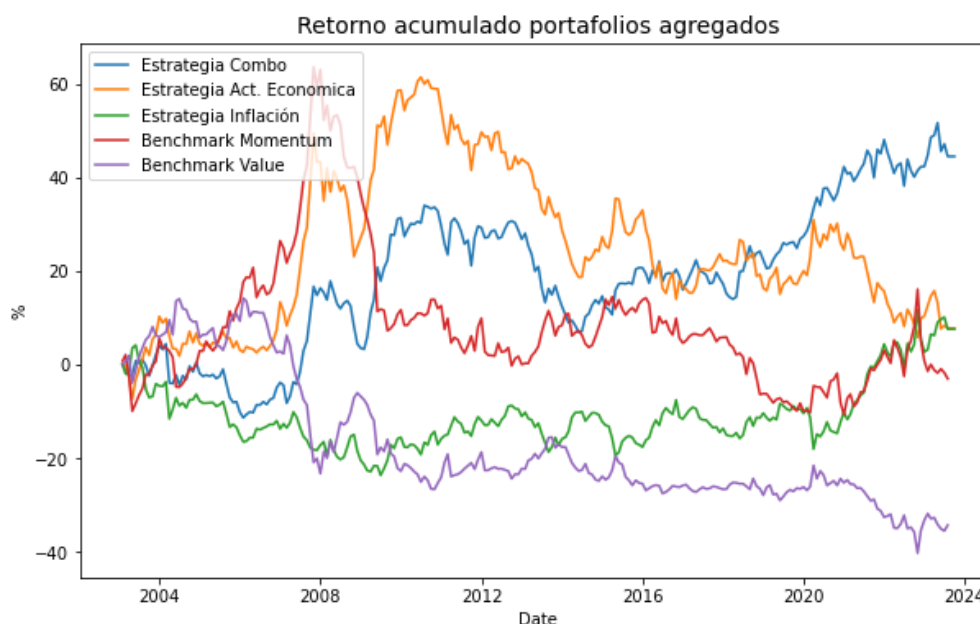


Ilustración 4: Retornos acumulados de carteras agregadas (seis mercados)

En el gráfico de retornos acumulados de las carteras agregadas se observa la mejora que existe en la rentabilidad al agregar ambos índices en una cartera mixta (Combo). Durante gran parte de la ventana se ve que la estrategia agregada de Combo es más consistente en sus aumentos, lo que se refleja en su Max. Drawdown del -15% visto en el resumen de resultados.

Posteriormente, se considera la realización de un *backtest* utilizando como conjunto de mercados los veintisiete países disponibles en la data, sin incluir las regiones, con tal de medir el desempeño de las carteras con un pool de mercados mayor, más variado y representativo de la economía global. Los resultados de la prueba se muestran a continuación:

	Benchmark		Actividad Económica			Inflación			Combo		
	Momentum	Value	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado
Retorno anualizado	0,1%	0,1%	-0,7%	-0,2%	-0,5%	1,2%	1,4%	1,3%	0,5%	1,2%	1,1%
Retorno acumulado	-2,2%	0,3%	-15,1%	-5,6%	-11,1%	25,2%	32,0%	29,1%	8,6%	25,6%	24,1%
Desviación estandar	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Sharpe Ratio	0,01	0,03	-0,16	-0,04	-0,11	0,27	0,33	0,31	0,12	0,31	0,30
Max. Drawdown	-28%	-24%	-25%	-24%	-24%	-10%	-10%	-10%	-14%	-17%	-16%
Turnover	2,36	1,01	2,56	1,53	2,01	1,27	0,73	1,08	3,29	2,90	2,99
AR(1)	0,06	0,10	-0,01	-0,07	-0,02	-0,11	-0,07	-0,10	-0,09	0,01	-0,03
Skewness	-0,55	0,59	-0,26	0,10	-0,02	0,55	0,36	0,36	0,10	0,10	0,05
Excess Kurtosis	0,64	1,50	0,30	0,88	0,26	3,44	2,67	3,29	2,94	1,60	1,92

Tabla 4: Resultados del backtest aplicado con veintisiete mercados de países

Por el lado de las carteras basadas en inflación y la estrategia mixta, se observan retornos anualizados y sharpe ratios positivos y por sobre el *benchmark*. Se destaca la estrategia basada en el índice de inflación, encontrando un sharpe ratio de 0.33 junto a un Max. Drawdown de -10% en la cartera de largo plazo. Incluso, se evidencia que las carteras basadas en inflación superan en sharpe ratio y retorno anualizado a las carteras de Actividad Económica y Combo sin importar el horizonte considerado en las variables. Mientras tanto, la estrategia de Combo agregado obtuvo un sharpe ratio de 0.30. En este caso, la cartera agregada por actividad económica no logra superar a los portafolios de *benchmark* construidos ni tener rentabilidad positiva.

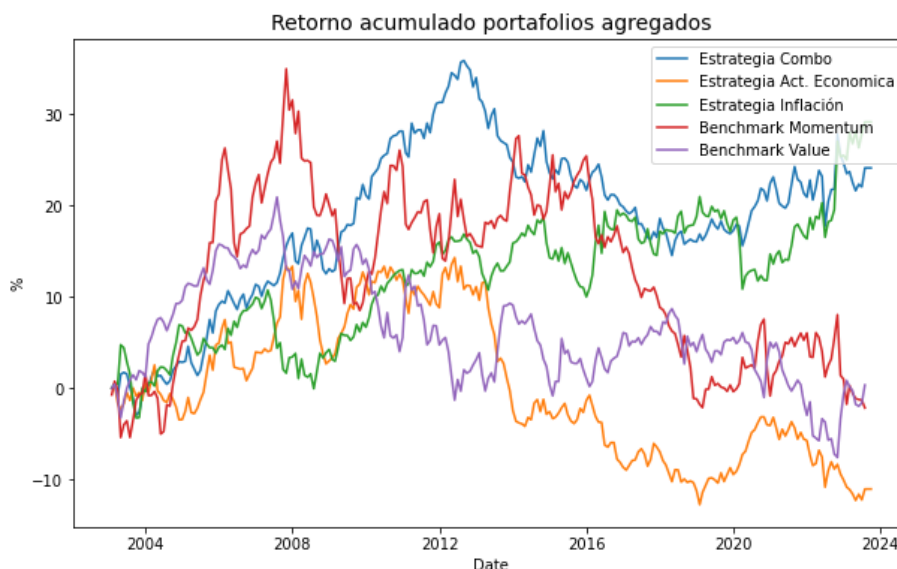


Ilustración 5: Retornos acumulados de carteras agregadas (veintisiete mercados)

En la ilustración de retornos acumulados de las carteras agregadas, es notoria la ventaja que consiguen las estrategias de Combo y de inflación por sobre el resto, y también como la estrategia agregada por actividad económica termina con un retorno negativo.

Considerando los tres *backtests* presentados hasta ahora, se puede observar un aumento del turnover al agregar ambos índices en la estrategia de Combo. Además, al observar la curtosis se mide una concentración alta de los retornos cerca de su promedio, mientras que al ver la Skewness se infiere que los retornos de las carteras de Momentum económico son casi simétricos con respecto a su media.

A continuación, se visualiza una tabla de correlación hecha a partir de los retornos de las carteras agregadas resultantes de algunos de los *backtests*.

Portafolio	Actividad Económica	Inflación	Combo	Momentum	Value
Actividad Económica	100%	-39%	56%	25%	-14%
Inflación	-39%	100%	38%	-7%	-43%
Combo	56%	38%	100%	3%	-35%
Momentum	25%	-7%	3%	100%	-19%
Value	-14%	-43%	-35%	-19%	100%

Tabla 5: Tabla de correlación (Retornos 6 mercados)

Portafolio	Actividad Económica	Inflación	Combo	Momentum	Value
Actividad Económica	100%	-29%	53%	30%	-22%
Inflación	-29%	100%	53%	-16%	1%
Combo	53%	53%	100%	12%	-14%
Momentum	30%	-16%	12%	100%	-40%
Value	-22%	1%	-14%	-40%	100%

Tabla 6: Tabla de correlación (Retornos 27 mercados)

Las tablas muestran la correlación entre los retornos mensuales de los portafolios agregados y el *benchmark*. De aquí se desprende una baja correlación entre la estrategia de Combo y el *benchmark* de Momentum y Value. También se muestra una lógica correlación positiva entre la estrategia Combo y las estrategias de cada índice. Asimismo, se observa una correlación negativa entre Value y Momentum, siendo esto el mismo efecto encontrado en el trabajo de Asness, Moskowitz & Pedersen (2013) al invertir en índices bursátiles de diferentes países.

De forma adicional, se realiza el anterior *backtest* de veintisiete mercados cambiando la metodología a una de inversión basada en quintiles, es decir, invirtiendo en aquellos mercados del quintil superior según los índices y vendiendo aquellos pertenecientes al quintil inferior. A continuación, se presentan los resultados:

	Benchmark		Actividad Económica			Inflación			Combo		
	Momentum	Value	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado
Retorno anualizado	-1,1%	1,1%	-1,0%	-0,2%	-0,2%	1,7%	2,1%	2,5%	0,9%	1,5%	1,3%
Retorno acumulado	-26,2%	20,1%	-21,8%	-8,1%	-6,4%	36,0%	48,6%	62,2%	16,9%	33,1%	28,6%
Desviación estandar	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Sharpe Ratio	-0,13	0,17	-0,17	-0,04	-0,03	0,28	0,39	0,46	0,17	0,29	0,27
Max. Drawdown	-42%	-27%	-32%	-30%	-22%	-17%	-14%	-14%	-13%	-24%	-24%
Turnover	3,08	1,50	3,29	1,97	2,47	1,73	0,88	1,44	4,13	3,72	3,63
AR(1)	0,05	0,04	-0,04	-0,08	-0,09	-0,09	0,02	-0,04	-0,06	-0,03	0,03
Skewness	-0,53	0,53	-0,22	-0,16	-0,22	0,46	0,32	0,37	0,30	-0,20	-0,03
Excess Kurtosis	1,05	1,14	0,55	0,36	0,66	3,58	2,78	3,59	1,56	0,57	0,27

Tabla 7: Resultados del backtest basado en quintiles (veintisiete mercados)

Observando los resultados del *backtest*, es destacable que esta metodología aumentó la volatilidad de todas las carteras. No obstante, al mirar las carteras de Momentum económico, solamente el índice de inflación mostró mejoras en sus tres portafolios asociados, alcanzando un sharpe ratio de 0.46 en su portafolio que agrega todas sus sub-estrategias.

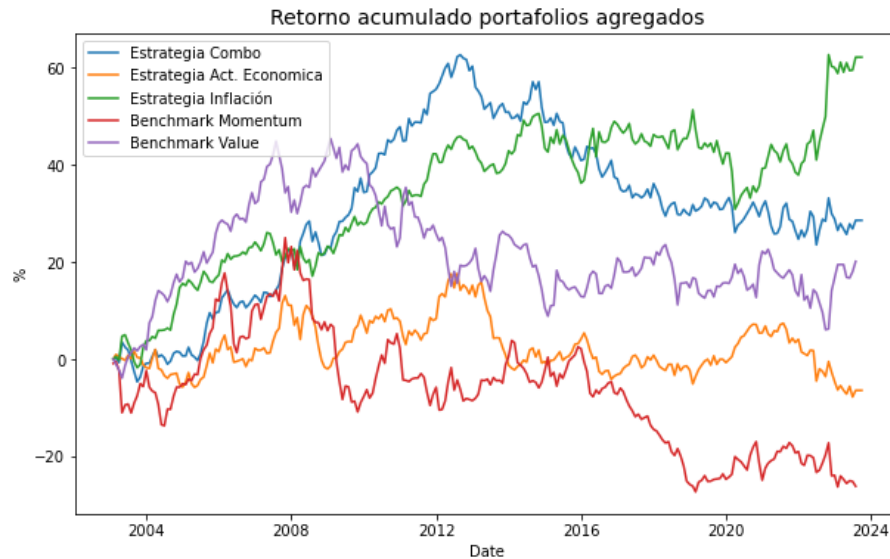


Ilustración 6: Retornos acumulados de carteras agregadas basadas en quintiles (veintisiete mercados)

Luego, volviendo a la metodología anterior, se realiza una comparación de los modelos y su desempeño al utilizar un conjunto de países desarrollados y otro de países emergentes. Tras el *backtest* realizado con países desarrollados se obtuvieron los siguientes resultados:

	Benchmark		Actividad Económica			Inflación			Combo		
	Momentum	Value	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado
Retorno anualizado	-0,7%	-1,1%	0,6%	1,2%	1,0%	2,1%	1,2%	1,6%	1,6%	1,6%	1,9%
Retorno acumulado	-16,2%	-22,4%	10,2%	25,5%	20,4%	51,7%	25,7%	37,0%	36,3%	36,6%	44,5%
Desviación estandar	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Sharpe Ratio	-0,15	-0,24	0,13	0,29	0,24	0,47	0,29	0,38	0,39	0,37	0,44
Max. Drawdown	-23%	-37%	-17%	-12%	-14%	-8%	-11%	-7%	-13%	-9%	-11%
Turnover	2,53	0,92	2,86	1,75	2,31	1,54	0,89	1,23	3,44	2,63	2,83
AR(1)	-0,04	-0,02	-0,08	-0,04	-0,05	-0,04	-0,03	-0,03	0,04	-0,01	0,02
Skewness	-0,36	0,07	0,23	0,08	0,05	0,42	0,73	0,63	0,31	0,45	0,43
Excess Kurtosis	1,68	0,86	0,81	0,53	0,45	3,18	3,68	3,49	1,12	1,87	1,50

Tabla 8: Resultados del backtest aplicado a países desarrollados.

En este caso se mantiene el comportamiento de *backtests* anteriores, viéndose retornos positivos y por sobre el *benchmark* de parte de todas las estrategias de Momentum económico. Se destaca la estrategia de inflación considerando una ventana

de corto plazo pues consigue un sharpe ratio de 0.47, mientras que el Combo agregado obtiene un sharpe ratio de 0.44.

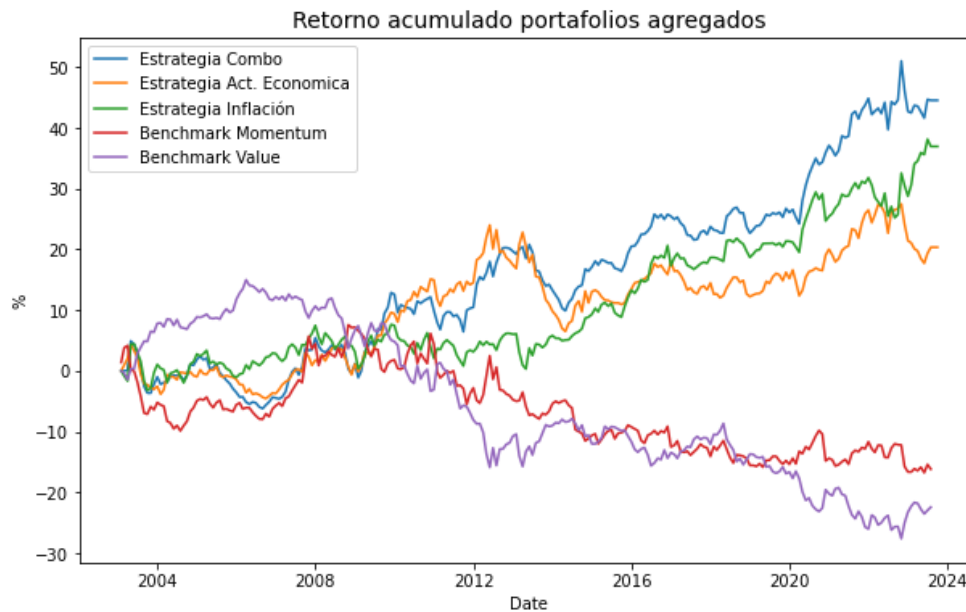


Ilustración 7: Retornos acumulados de carteras agregadas (mercados de países desarrollados)

En la ilustración se observa un comportamiento menos volátil de las estrategias en comparación a los otros *backtests*, alejándose del *benchmark* al obtener mayores retornos. A continuación, se observan los resultados del *backtests* al realizarlo con un conjunto de países emergentes.

	Benchmark		Actividad Económica			Inflación			Combo		
	Momentum	Value	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado
Retorno anualizado	-1,0%	0,7%	-2,0%	-2,4%	-2,3%	0,5%	2,0%	1,2%	-1,0%	-1,1%	-1,0%
Retorno acumulado	-23,0%	10,7%	-35,8%	-41,5%	-40,4%	6,0%	44,8%	23,7%	-21,6%	-22,1%	-20,9%
Desviación estandar	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05
Sharpe Ratio	-0,13	0,11	-0,32	-0,41	-0,39	0,08	0,31	0,20	-0,16	-0,20	-0,18
Max. Drawdown	-38%	-18%	-40%	-44%	-41%	-20%	-17%	-18%	-40%	-34%	-31%
Turnover	2,52	1,03	2,57	1,71	2,18	1,23	0,81	1,08	3,88	3,34	3,41
AR(1)	0,05	0,09	0,01	0,01	0,04	-0,13	-0,07	-0,11	-0,06	-0,01	-0,06
Skewness	-0,56	0,30	-0,14	0,10	0,19	0,09	0,18	0,22	0,24	-0,06	0,11
Excess Kurtosis	0,52	1,02	0,44	1,43	1,12	0,35	0,55	0,64	1,13	0,43	0,67

Tabla 9: Resultados del backtest aplicado a países emergentes.

Al considerar mercados emergentes como conjunto de países, tanto la estrategia de actividad económica como la estrategia de Combo no consiguen resultados positivos, ubicándose incluso por debajo del *benchmark*. La estrategia basada en el índice de inflación se mantiene positiva, siendo la estrategia de inflación con ventana de largo plazo aquella de mayor desempeño, con un sharpe ratio de 0.31.

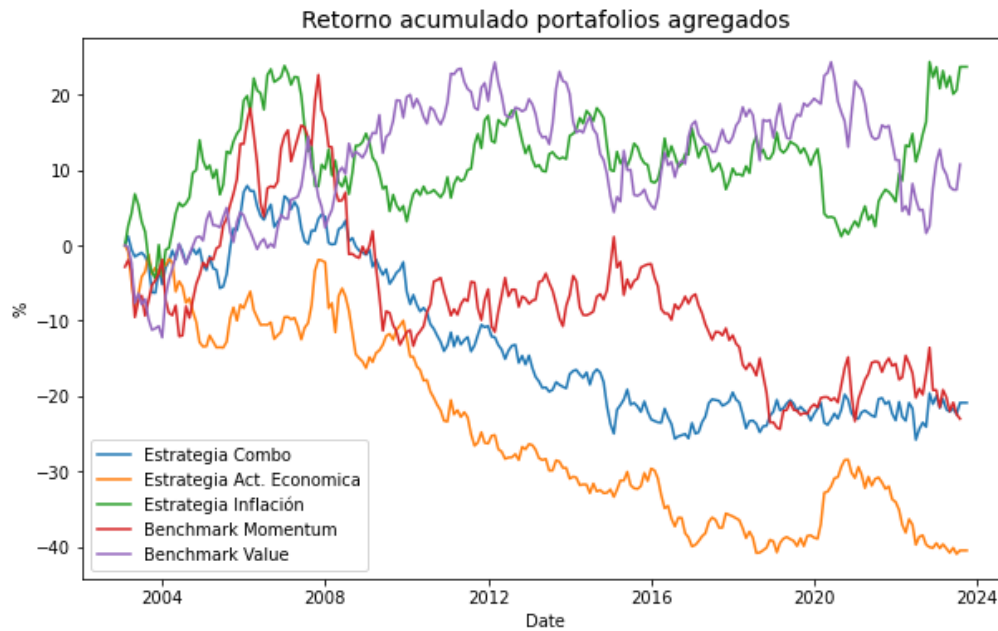


Ilustración 8: Retornos acumulados de carteras agregadas (mercados de países emergentes)

En el gráfico se tiene la estrategia de inflación como la única que mantiene un retorno acumulado positivo dentro de las carteras de Momentum económico. Se destaca que los resultados obtenidos de rentabilidad en comparación con el *backtest* que considera solo países desarrollados van acordes con los resultados provenientes de regresiones de panel realizadas (ver anexo C). En dichas pruebas se utilizaron las posiciones de la estrategia de Combo para predecir el retorno de los mercados, midiendo una mayor capacidad predictiva al tratarse de países desarrollados y con retornos de largo plazo (12 meses).

7.5 Reducción de turnover

Realizando un paso adicional en la metodología, y utilizando como inspiración el trabajo de Moskowitz & Grinblatt (1993), se reducirá la rotación de las carteras manteniendo en parte las posiciones anteriores durante un periodo determinado, en este caso 6 y 12 meses. Para ello las posiciones finales calculadas mensualmente serán las posiciones actuales promediadas equitativamente con la de meses anteriores en una ventana móvil de tamaño específico. Esta metodología tendría como consecuencia una disminución importante del turnover medido, ya que cada mes el cambio en la rotación de la cartera sería una fracción en comparación al caso base. Esto es útil igualmente para testear la robustez de la estrategia, pues es una alteración

importante en la metodología y permite validar si las carteras realmente son útiles al predecir retornos en un plazo mayor.

El primer *backtest* con este método se realizó con una ventana específica de seis meses, es decir, la cartera final es un promedio de los portafolios obtenidos entre “t-5” y “t”. Se realizó la prueba utilizando el conjunto de veintisiete mercados internacionales, mostrando los siguientes resultados:

	Benchmark		Actividad económica			Inflación			Combo		
	Momentum	Value	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado
Retorno anualizado	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,8%	1,2%	1,1%	0,8%	1,2%	1,2%
Retorno acumulado	-2,2%	0,3%	0,9%	0,8%	0,3%	16,2%	26,7%	23,2%	15,4%	25,6%	26,1%
Desviación estándar	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
Sharpe Ratio	0,01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,19	0,29	0,26	0,21	0,34	0,35
Max. Drawdown	-28%	-24%	-19%	-20%	-21%	-9%	-10%	-10%	-13%	-14%	-12%
Turnover	2,36	1,01	0,63	0,39	0,49	0,46	0,23	0,32	0,81	0,65	0,69
AR(1)	0,06	0,10	0,00	-0,08	-0,02	-0,09	-0,05	-0,08	-0,06	-0,01	-0,05
Skewness	-0,55	0,59	-0,04	0,14	0,12	0,39	0,26	0,30	0,40	0,09	0,20
Excess Kurtosis	0,64	1,50	0,13	0,61	0,19	3,17	2,39	3,08	3,57	0,98	2,01

Tabla 10: Resultados del backtest veintisiete mercados con 6 meses promedio posiciones

Asimismo, se realiza este *backtest* promediando las posiciones en una ventana de 12 meses, esperando una disminución aún mayor del turnover:

	Benchmark		Actividad económica			Inflación			Combo		
	Momentum	Value	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado
Retorno anualizado	0,1%	0,1%	0,3%	0,0%	0,2%	0,9%	1,2%	1,1%	1,0%	1,0%	1,2%
Retorno acumulado	-2,2%	0,3%	4,3%	-1,5%	2,2%	17,0%	24,9%	23,4%	21,7%	22,6%	27,4%
Desviación estándar	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
Sharpe Ratio	0,01	0,03	0,07	0,00	0,05	0,20	0,28	0,26	0,31	0,32	0,38
Max. Drawdown	-28%	-24%	-19%	-20%	-20%	-11%	-11%	-11%	-11%	-11%	-10%
Turnover	2,36	1,01	0,41	0,23	0,30	0,32	0,16	0,21	0,47	0,35	0,38
AR(1)	0,06	0,10	0,02	-0,09	-0,03	-0,06	-0,05	-0,05	-0,06	-0,02	-0,05
Skewness	-0,55	0,59	-0,09	0,09	0,11	0,43	0,16	0,24	0,41	0,15	0,26
Excess Kurtosis	0,64	1,50	0,19	0,60	0,37	2,97	1,65	2,40	2,70	0,89	1,67

Tabla 11: Resultados del backtest veintisiete mercados con 12 meses promedio posiciones

A partir de los resultados, no se vieron cambios importantes en las métricas asociadas a la rentabilidad, aunque si una gran reducción del turnover de las carteras de Momentum económico, promediando 0.52 en las carteras de Momentum económico al utilizar el promedio de posiciones en una ventana específica de seis meses y 0.31 con una ventana de doce meses. Estos resultados sugieren una gran estabilidad de las estrategias en inversiones a largo plazo. Efectos similares se muestran en los *backtests* al realizarlos utilizando un conjunto de países desarrollados y emergentes por separado (ver anexo F).

7.6 Resumen de resultados

Backtest	Benchmark		Actividad Económica			Inflación			Combo		
	Momentum	Value	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado
4 mercados	0,12	-0,12	0,14	0,18	0,15	0,06	0,27	0,22	0,24	0,46	0,31
6 mercados	0,03	-0,23	0,14	0,14	0,08	0,14	0,15	0,09	0,25	0,31	0,29
27 mercados	0,01	0,03	-0,16	-0,04	-0,11	0,27	0,33	0,31	0,12	0,31	0,30
Basado en quintiles 27 mercados	-0,13	0,17	-0,17	-0,04	-0,03	0,28	0,39	0,46	0,17	0,29	0,27
Desarrollados	-0,15	-0,24	0,13	0,29	0,24	0,47	0,29	0,38	0,39	0,37	0,44
Emergentes	-0,13	0,11	-0,32	-0,41	-0,39	0,08	0,31	0,20	-0,16	-0,20	-0,18
Promedio rolling 6M 27 mercados	0,02	0,01	0,04	0,04	0,03	0,17	0,26	0,23	0,20	0,35	0,35
Promedio rolling 6M desarrollados	-0,15	-0,24	0,23	0,29	0,31	0,36	0,24	0,31	0,40	0,34	0,40
Promedio rolling 6M emergentes	-0,13	0,11	-0,20	-0,29	-0,28	0,03	0,29	0,18	-0,17	-0,10	-0,18
Promedio rolling 12M 27 mercados	0,01	0,03	0,07	0,00	0,05	0,20	0,28	0,26	0,31	0,32	0,38
Promedio rolling 12M desarrollados	-0,15	-0,24	0,31	0,34	0,35	0,35	0,23	0,29	0,47	0,40	0,44
Promedio rolling 12M emergentes	-0,13	0,11	-0,22	-0,35	-0,31	0,06	0,27	0,18	-0,14	-0,15	-0,18

Tabla 12: Cuadro resumen de sharpe ratios

En la tabla se observa el sharpe ratio medido en los *backtests*, destacando aquellos en que la rentabilidad es estadísticamente positiva con un índice de confianza del 95% en base a una prueba t de Student. Se evidencia que el retorno es positivo y significativo para la estrategia de Combo cuando el conjunto de mercados son países desarrollados y entrega un sharpe ratio negativo cuando es de países emergentes, lo que va acorde a las regresiones de panel anteriormente mencionadas. Además, en los otros *backtests* consigue ser positivo, siendo algunos de esos resultados significativos igualmente. Otro punto interesante es la constancia de las estrategias basadas en inflación, ya que, si bien muy pocos retornos resultaron significativos estadísticamente, es consistente que estos fueran positivos. Por otro lado, las carteras basadas en el índice de Actividad Económica no consiguen lo mismo, siendo negativa su rentabilidad en varios de los *backtests* y con ningún resultado positivo con significancia estadística. Esto último ocurre igualmente con el desempeño de las estrategias de *benchmark*, de lo cual se discute en el Anexo H.

Es importante mencionar la comparación frente al modelo basado en datos macroeconómicos actualmente utilizado por la empresa. En términos de rentabilidad neta, al realizar un *backtest* con un conjunto de mercados que la administradora utiliza usualmente en su propio *asset allocation*, el modelo de Momentum económico, específicamente la estrategia de Combo, consigue una rentabilidad de un 1.2% anual siendo 10 puntos básicos mayor a la del modelo utilizado por la administradora. Además, debido a la utilización de variables adicionales en la estrategia de Momentum económico, se tiene una correlación entre ambos modelos de un 1%, es decir, no hay correlación. Dicho eso, una estrategia conjunta, empleando el mismo método de agregación que pondera las carteras según el inverso de la volatilidad pasada de sus retornos, logró alcanzar una rentabilidad de un 2.3% anual con un sharpe ratio de 0.54 en un *backtest* de iguales parámetros, superando en gran medida a las métricas de rentabilidad de ambos modelos por separado.

8. Conclusión

Para finalizar, se tiene que las estrategias basadas en el índice de actividad económica no son invertibles en su estado actual ya que no logran una rentabilidad positiva en el *backtest* considerando a los veintisiete mercados accionarios, siendo esta prueba la más cercana a lo que se buscaba originalmente, un *asset allocation* internacional. Una posible razón es el impacto de Estados Unidos dentro de otros países, probablemente causado por el nivel de exportación e importación y el efecto del dólar, lo que puede provocar una pérdida de relevancia de las variables macroeconómicas en el nivel de actividad económica de sus propios países. Como es posible observar en Anexo E, los índices de inflación y actividad económica de Estados Unidos logran explicar parte de la variabilidad en los retornos de los demás mercados. Un efecto menor se apreció con los índices de China. Se deja propuesto como mejora la creación de un nuevo índice de actividad económica con una selección de variables personalizadas en cada país y/o región que puedan capturar mejor la expansión o contracción de la actividad económica local. Adicionalmente a esto, se plantea la incorporación de señales cruzadas entre países, siendo interesante la utilización de índices de Estados Unidos y China dentro de mercados en los que se espera una mayor influencia económica de parte de ellos, esto bajo la idea de que un buen desempeño en uno de estos países puede afectar positivamente a otros ya sea por inversión de dinero de parte de las potencias como por la actividad comercial que puedan compartir. Ya que la cantidad de tiempo que conllevan estos procesos de mejora no es menor, tanto por la cantidad de variables como de mercados, esto no pudo ser realizado en el plazo de este trabajo, pero es una clara oportunidad hacia un mejor desempeño.

Por su parte, las estrategias basadas en el índice de inflación tuvieron una rentabilidad constantemente positiva a lo largo de las pruebas, aunque frecuentemente sin significancia estadística. Sin embargo, se considera que la inflación es un índice que se podría tener en cuenta por sí mismo, observando una clara consistencia de rentabilidad incluso ante cambios en la metodología y conjunto de países del *backtest*. Los mercados que experimentan aumentos de inflación a menudo presentan una disminución de precios de las acciones, especialmente en el corto plazo (ver anexo G), creando oportunidades de compra. La disminución en la valorización capturada por el índice de inflación podría ser el resultado de factores como la disminución en el valor de la moneda en que se desenvuelve el mercado (menor valor real de los activos) y al impacto que tiene un alza en los precios, tal como la disminución en el consumo interno de dicha economía. Al realizar regresiones lineales prediciendo los retornos del DXY (ver anexo D), índice que mide la fuerza del dólar frente a otras monedas, es posible

inferir una gran relación de los índices de inflación con el efecto de la moneda. En este sentido, se deja planteada la idea de estudiar la paridad de tasas de interés junto al índice de inflación, ya que las tasas podrían capturar el efecto de las monedas y permitiría un análisis que proporcione una mejor comprensión de la relación entre la política monetaria, inflación y rentabilidad de los índices bursátiles, pudiendo incluso encontrarse ajustes que mejoren la capacidad predictiva del modelo y su rentabilidad.

Tercero, por el lado de la estrategia mixta, los portafolios de Combo logran una rentabilidad positiva salvo en los *backtests* de solo países emergentes. Este efecto puede ser provocado en gran parte por el mal desempeño de los portafolios basados en el índice de actividad económica dentro de los países no desarrollados. Por eso es que realizar las mejoras propuestas al índice de actividad económica podría incrementar considerablemente la rentabilidad de esta estrategia. Dicho eso, la estrategia Combo si logra obtener una rentabilidad positiva en los *backtests* considerando los veintisiete diferentes países, además de retornos positivos y significativos al utilizar solo países desarrollados.

Cabe destacar que las carteras construidas no son útiles como carteras de inversión. Dadas las restricciones y regulaciones que existen en Chile para las administradoras de fondos, no es posible adoptar una posición corta en otros países. Otra característica relevante del modelo estudiado, y que fue heredada desde el modelo original de la literatura, fueron los altos costos transaccionales que conlleva una inversión en la estrategia debido al alto movimiento en las posiciones. Como vimos en el trabajo, para enfrentar este punto se realiza una modificación en el posicionamiento de las carteras, pues al promediar las posiciones con las de meses anteriores dentro de una ventana móvil de un año se redujo a aproximadamente una octava parte el turnover medido en las estrategias, modificando levemente la rentabilidad y manteniendo en gran parte el comportamiento anterior de los retornos.

Recordando el objetivo original de generar un modelo que permita mejorar la toma de decisiones de distribución de inversión en activos de renta variable, dentro de la mesa de inversiones este modelo puede ser de utilidad al procesar data macroeconómica eficientemente, siendo este un programa que entrega como resultado un ranking de los mercados basado en datos macroeconómicos. Esto tiene su utilidad como señal macro, e incluso podría integrarse en un modelo de *scoring*, destacando su potencial como diversificador del modelo utilizado actualmente por la administradora. Además, la revisión de datos e índices macroeconómicos, y el tratamiento de datos que incorpora rezagos, pueden servir como punto de partida en la investigación de próximos modelos cuantitativos.

Para culminar cabe recalcar que existen periodos históricos donde la data macroeconómica se vuelve más relevante, por ejemplo, al haber crisis globales como la pandemia provocada por el COVID-19. Es en estos momentos donde se evidencia la importancia de tener a disposición modelos cuantitativos ya estudiados que puedan procesar la información macroeconómica. Se obtiene así una ventaja de tiempo y recursos, pues es posible comparar rápida y eficientemente la situación económica de los mercados, un factor clave cuando se estudian oportunidades de inversión.

Bibliografía

- Aang, A. & Piazzesi, M. (2000). *A No-Arbitrage Vector Autoregression of Term Structure Dynamics with Macroeconomic and Latent Variables*.
- Asness, C., Moskowitz, T. & Pedersen, L. (2013). *Value and Momentum Everywhere*.
- Chakravorty, G., Awasthi, A. & Da Silva, B. (2018). *Deep Learning based Global Tactical Asset Allocation*.
- Dahlquist, M. & Hasseltoft, H. (2019). *Economic momentum and currency returns*.
- Fama, E. & French, K. (1998). *Value versus Growth: The International Evidence*.
- Fama, E. & French, K. (2011). *Size, value, and momentum in international stock returns*.
- Feng, G., Giglio, S. & Xiu, D. (2020). *Taming the Factor Zoo: A Test of New Factors*.
- Huang, D., Zhang, H. & Zhou, G. (2018). *Twin momentum: Fundamental trends matter*.
- Kollár, M. & Schmieder, C. (2019). *Macro-based Asset Allocation: An empirical analysis*.
- Moskowitz, T. & Grinblatt, M. (1993). *Do Industries Explain Momentum?*
- Piazzesi, M. & Schneider, M. (2000). *Equilibrium Yield Curves*.

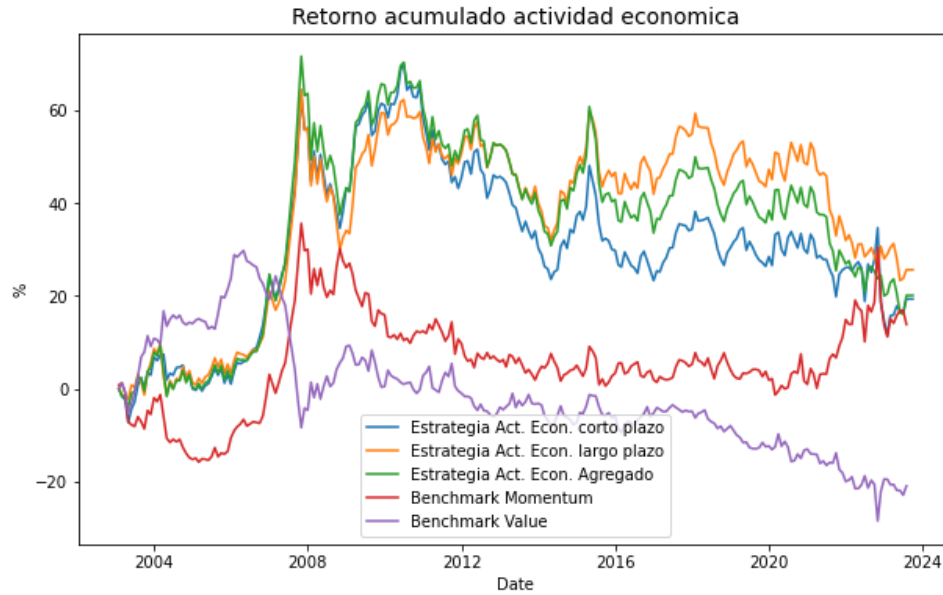
Anexo A

Mercado	Nemotécnico
Alemania	DAX Index
Arabia Saudita	SASEIDX Index
Australia	AS51 Index
Brasil	IBOV Index
Chile	IPSA Index
China	MXCN Index
Colombia	MXCO Index
Corea del Sur	KOSPI Index
España	IBEX Index
Estados Unidos	SPX Index
Europa	MXEU000U Index
Francia	CAC Index
Hong Kong	HSI Index
India	NSE500 Index
Indonesia	JCI Index
Italia	MXIT Index
Japon	TPX Index
Latam	MXLA Index
Malasia	FBMKLCI Index
Mexico	MEXBOL Index
Países Bajos	AEX Index
Rusia	MXRU Index
Singapur	STI Index
Sudáfrica	MXZA Index
Suiza	SMI Index
Tailandia	SET Index
Taiwan	TWSE Index
Turquía	MXTR Index
Reino Unido	UKX Index

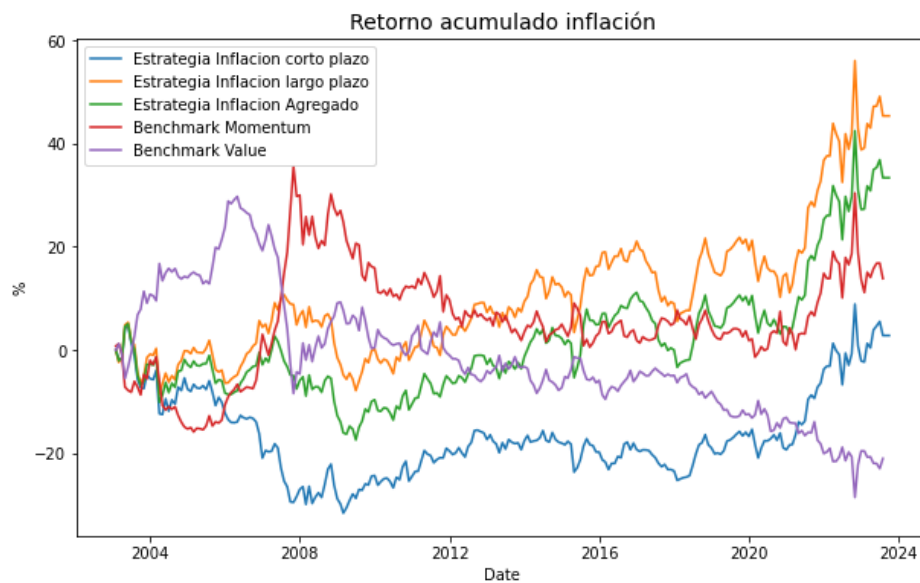
Tabla Anexo A: Nemotécnicos

Anexo B

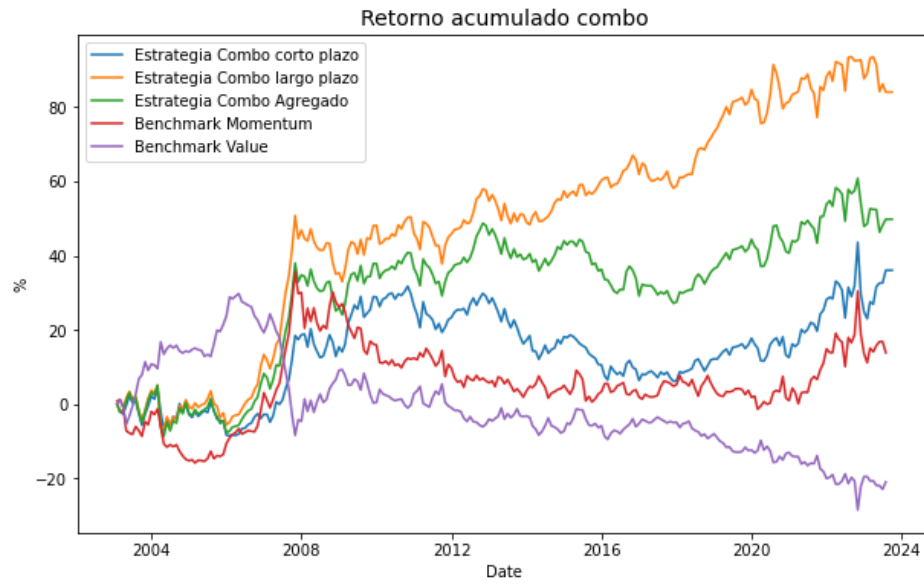
El anexo B corresponde a los gráficos de retornos acumulados de los portafolios en los *backtests* aplicados al conjunto de cuatro mercados importantes: China, Estados Unidos, Europa y Japón.



Anexo B.1: Retornos acumulados de carteras basadas en actividad económica



Anexo B.2: Retornos acumulados de carteras basadas en inflación



Anexo B.3: Retornos acumulados de carteras combo

Anexo C

El anexo C corresponde a regresiones de panel, utilizando como variable dependiente el retorno acumulado futuro de los mercados accionarios y variable dependiente las posiciones adoptadas por cada cartera en cada mes. Las regresiones a continuación están controladas por efectos de tiempo, los cuales no serán reportados. Los retornos acumulados fueron mensualizados para que las regresiones fueran comparables entre plazos.

	Retornos Acumulados de los Mercados			
	1 mes	3 meses	6 meses	12 meses
Value	-0.0057 (0.0062)	-0.0071* (0.0032)	-0.0091** (0.0022)	-0.0092** (0.0016)
Momentum	-0.0096 (0.0064)	-0.0086** (0.0032)	-0.0098** (0.0023)	-0.0034* (0.0016)
Combo	0.0140* (0.0065)	0.0127** (0.0033)	0.0111** (0.0023)	0.0108** (0.0016)
R^2 (%)	0.39	1.20	2.59	4.66
Número de observaciones	2781	2769	2733	2661

Anexo C.1: Regresión de panel – Mercados desarrollados

	Retornos Acumulados de los Mercados			
	1 mes	3 meses	6 meses	12 meses
Value	0.0053 (0.0111)	0.0044 (0.0063)	0.0041 (0.0043)	0.0048 (0.0030)
Momentum	-0.0132 (0.0121)	-0.0121 (0.0068)	-0.0081 (0.0046)	0.0014 (0.0032)
Combo	-0.0107 (0.0108)	-0.0098 (0.0061)	-0.0099* (0.0041)	-0.0079** (0.0029)
R^2 (%)	0.08	0.22	0.34	0.36
Número de observaciones	3227	3212	3170	3086

Anexo C.2: Regresión de panel – Mercados emergentes

	Retornos Acumulados de los Mercados			
	1 mes	3 meses	6 meses	12 meses
Combo	0.0133* (0.0054)	0.0125** (0.0030)	0.0113** (0.0021)	0.0117** (0.0014)
R^2 (%)	0.22	0.65	1.08	2.46
Número de observaciones	2964	2952	2916	2844

Anexo C.3: Regresión de panel – Mercados desarrollados

	Retornos Acumulados de los Mercados			
	1 mes	3 meses	6 meses	12 meses
Combo	-0.0071 (0.0108)	-0.0066 (0.0061)	-0.0074 (0.0042)	-0.0047 (0.0030)
R^2 (%)	0.01	0.03	0.09	0.08
Número de observaciones	3687	3671	3626	3536

Anexo C.4: Regresión de panel – Mercados emergentes

Anexo D

El anexo D corresponde a regresiones lineales, donde la variable dependiente son los retornos futuros del DXY. El DXY es un índice que mide el valor del dólar frente a otras monedas, principalmente el euro y el yen. Como variable dependiente se utilizaron los índices de actividad económica e inflación de Estados Unidos, Europa y Japón. Se realizaron las pruebas en el periodo completo del *backtest* y previo al COVID-19 para observar con y sin efectos relacionados a la pandemia.

	Beta	T-Stat	P-Value
Intercepto	0,00	-2,39	0,0176
Act. Económica USA	0,16	1,68	0,0947
Inflación USA	0,53	4,85	0,0000
Act. Económica Europa	-0,14	-2,54	0,0119
Inflación Europa	-0,42	-4,91	0,0000
Act. Económica Japón	0,07	0,68	0,4960
Inflación Japón	0,17	1,44	0,1511
R²	19,4%		
R² ajustado	17,4%		
N° Observaciones	243		

Anexo D.1: Resultado regresión lineal $Ret_{6M}(DXY) \sim \alpha + \text{Índices USA} + \text{Índices EU} + \text{Índices JPN}$

	Beta	T-Stat	P-Value
Intercepto	0,00	-1,46	0,1465
Act. Económica USA	0,11	1,78	0,0765
Inflación USA	0,41	5,71	0,0000
Act. Económica Europa	-0,13	-3,56	0,0005
Inflación Europa	-0,34	-6,07	0,0000
Act. Económica Japón	0,06	0,98	0,3269
Inflación Japón	0,08	0,98	0,3261
R²	24,1%		
R² ajustado	22,1%		
N° Observaciones	237		

Anexo D.2: Resultado regresión lineal $Ret_{12M}(DXY) \sim \alpha + \text{Índices USA} + \text{Índices EU} + \text{Índices JPN}$

	Beta	T-Stat	P-Value
Intercepto	-0,01	-4,44	0,0000
Act. Económica USA	0,78	2,52	0,0126
Inflación USA	0,60	4,19	0,0000
Act. Económica Europa	-0,20	-3,07	0,0024
Inflación Europa	-0,44	-3,97	0,0001
Act. Económica Japón	-0,31	-1,68	0,0938
Inflación Japón	0,42	3,20	0,0016
R²	25,0%		
R² ajustado	22,7%		
N° Observaciones	204		

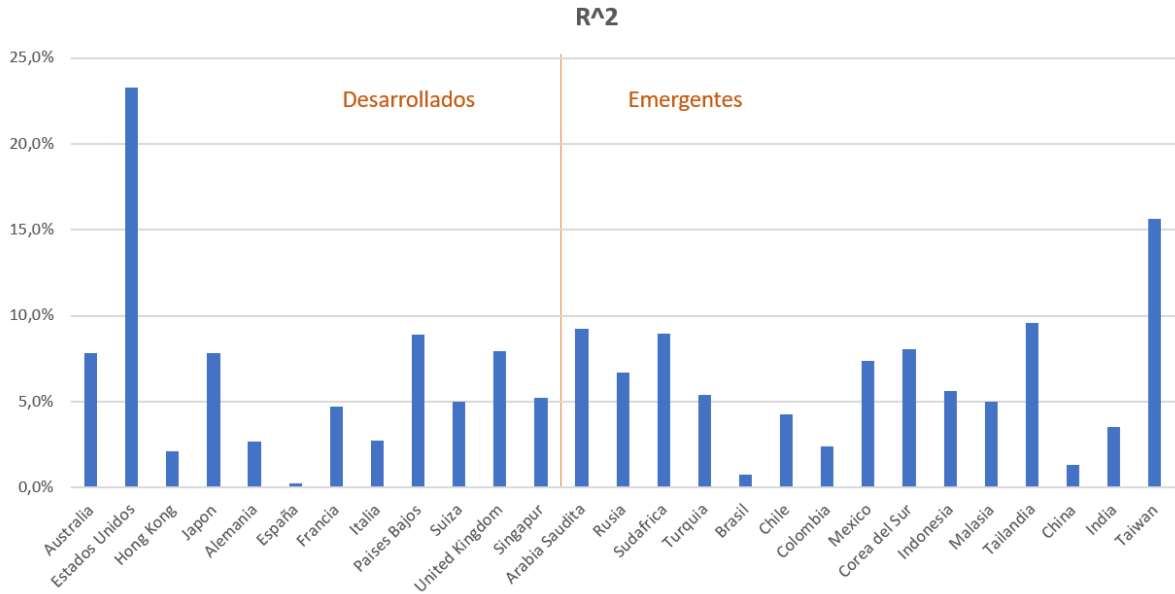
Anexo D.3: Resultado regresión lineal $Ret_{6M}(DXY) \sim \alpha + \text{Índices USA} + \text{Índices EU} + \text{Índices JPN}$
(Periodo pre - COVID19)

	Beta	T-Stat	P-Value
Intercepto	0,00	-2,81	0,0054
Act. Económica USA	0,19	0,96	0,3377
Inflación USA	0,34	3,60	0,0004
Act. Económica Europa	-0,17	-4,02	0,0001
Inflación Europa	-0,24	-3,31	0,0011
Act. Económica Japón	0,04	0,34	0,7377
Inflación Japón	0,23	2,63	0,0091
R²	24,9%		
R² ajustado	22,6%		
N° Observaciones	204		

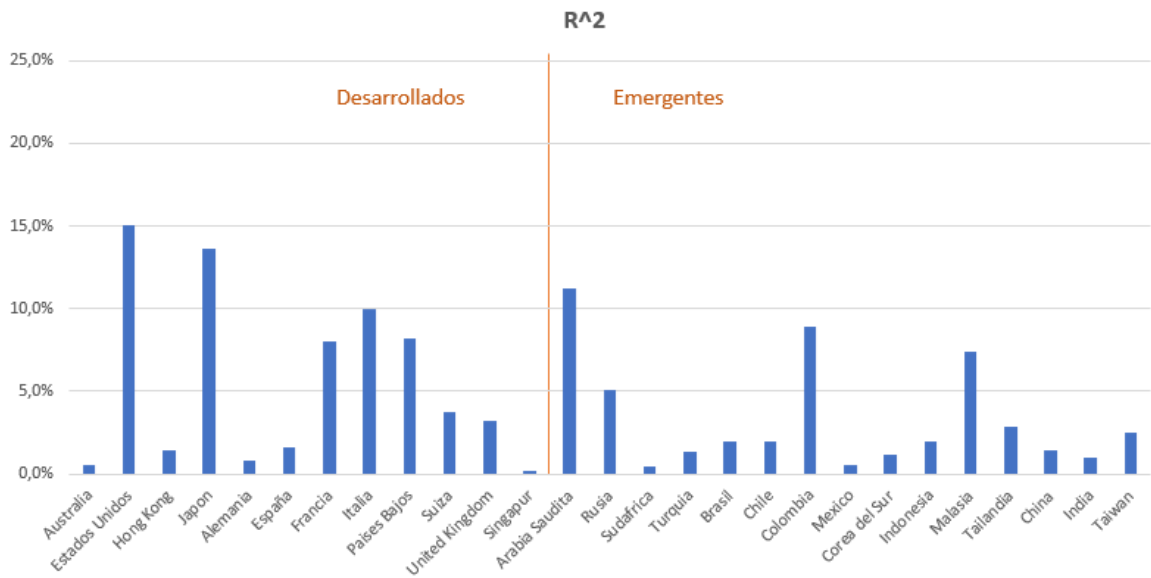
Anexo D.4: Resultado regresión lineal $Ret_{12M}(DXY) \sim \alpha + \text{Índices USA} + \text{Índices EU} + \text{Índices JPN}$
(Periodo pre - COVID19)

Anexo E

A continuación, se presentan los R cuadrados obtenidos de regresiones lineales utilizando variables de actividad económica e inflación para predecir el retorno a 12 meses de los diferentes mercados, a la izquierda los países desarrollados y a la derecha los emergentes. Se utilizan los índices de Estados Unidos en el primer gráfico y los de China en el segundo.



Anexo E.1: R cuadrado medido en regresión con Índices de USA.



Anexo E.2: R cuadrado medido en regresión con Índices de China.

Anexo F

A continuación, se presentan los otros Backtests realizados con el promedio de posiciones, utilizando como ventanas *rolling* de 6 y 12 meses, y los conjuntos de países desarrollados y emergentes por separado:

	Benchmark		Actividad económica			Inflación			Combo		
	Momentum	Value	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado
Retorno anualizado	-1,0%	0,7%	-1,1%	-1,7%	-1,6%	0,2%	1,8%	1,1%	-0,9%	-0,5%	-0,8%
Retorno acumulado	-23,0%	10,7%	-22,5%	-31,3%	-29,7%	-0,4%	39,1%	20,4%	-18,1%	-11,7%	-17,9%
Desviación estándar	0,08	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05
Sharpe Ratio	-0,13	0,11	-0,20	-0,29	-0,28	0,03	0,29	0,18	-0,17	-0,10	-0,18
Max. Drawdown	-38%	-18%	-31%	-36%	-35%	-24%	-19%	-18%	-34%	-28%	-32%
Turnover	2,52	1,03	0,64	0,43	0,52	0,43	0,24	0,31	0,87	0,81	0,81
AR(1)	0,05	0,09	-0,02	-0,03	0,00	-0,09	-0,07	-0,09	-0,12	-0,04	-0,09
Skewness	-0,56	0,30	0,20	0,24	0,35	-0,02	0,10	0,12	0,31	0,19	0,28
Excess Kurtosis	0,52	1,02	0,36	1,54	1,35	0,58	0,33	0,49	1,58	0,70	0,71

Anexo F.1: Resultados del backtest mercados emergentes (ventana rolling 6 meses)

	Benchmark		Actividad económica			Inflación			Combo		
	Value	Momentum	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado
Retorno anualizado	-1,0%	0,7%	-1,2%	-2,0%	-1,8%	0,4%	1,7%	1,1%	-0,6%	-0,7%	-0,8%
Retorno acumulado	-23,0%	10,7%	-23,6%	-36,5%	-32,6%	3,6%	35,7%	20,8%	-13,8%	-15,1%	-16,9%
Desviación estándar	0,08	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,04	0,05	0,04
Sharpe Ratio	-0,13	0,11	-0,22	-0,35	-0,31	0,06	0,27	0,18	-0,14	-0,15	-0,18
Max. Drawdown	-38%	-18%	-31%	-39%	-35%	-23%	-19%	-19%	-27%	-31%	-30%
Turnover	2,52	1,03	0,42	0,25	0,31	0,29	0,14	0,19	0,51	0,38	0,40
AR(1)	0,05	0,09	0,05	-0,02	0,03	-0,09	-0,08	-0,09	-0,10	0,01	-0,04
Skewness	-0,56	0,30	-0,06	0,06	0,17	-0,09	-0,02	-0,02	0,28	0,06	0,30
Excess Kurtosis	0,52	1,02	0,53	1,52	1,38	0,56	0,28	0,42	1,23	1,04	0,71

Anexo F.2: Resultados del backtest mercados emergentes (ventana rolling 12 meses)

	Benchmark		Actividad económica			Inflación			Combo		
	Momentum	Value	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado
Retorno anualizado	-0,7%	-1,1%	0,9%	1,1%	1,2%	1,4%	0,9%	1,2%	1,4%	1,3%	1,5%
Retorno acumulado	-16,2%	-22,4%	18,3%	24,2%	26,0%	31,6%	18,3%	25,2%	32,6%	28,6%	35,4%
Desviación estándar	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Sharpe Ratio	-0,15	-0,24	0,23	0,29	0,31	0,36	0,24	0,31	0,40	0,34	0,40
Max. Drawdown	-23%	-37%	-13%	-12%	-12%	-7%	-10%	-7%	-8%	-7%	-8%
Turnover	2,53	0,92	0,65	0,40	0,50	0,53	0,27	0,38	0,79	0,58	0,62
AR(1)	-0,04	-0,02	-0,10	-0,03	-0,05	-0,08	-0,01	-0,04	0,01	0,02	0,03
Skewness	-0,36	0,07	0,21	0,07	0,14	0,30	0,30	0,36	0,43	0,33	0,41
Excess Kurtosis	1,68	0,86	0,86	0,70	0,74	2,76	1,26	1,89	1,62	1,88	1,79

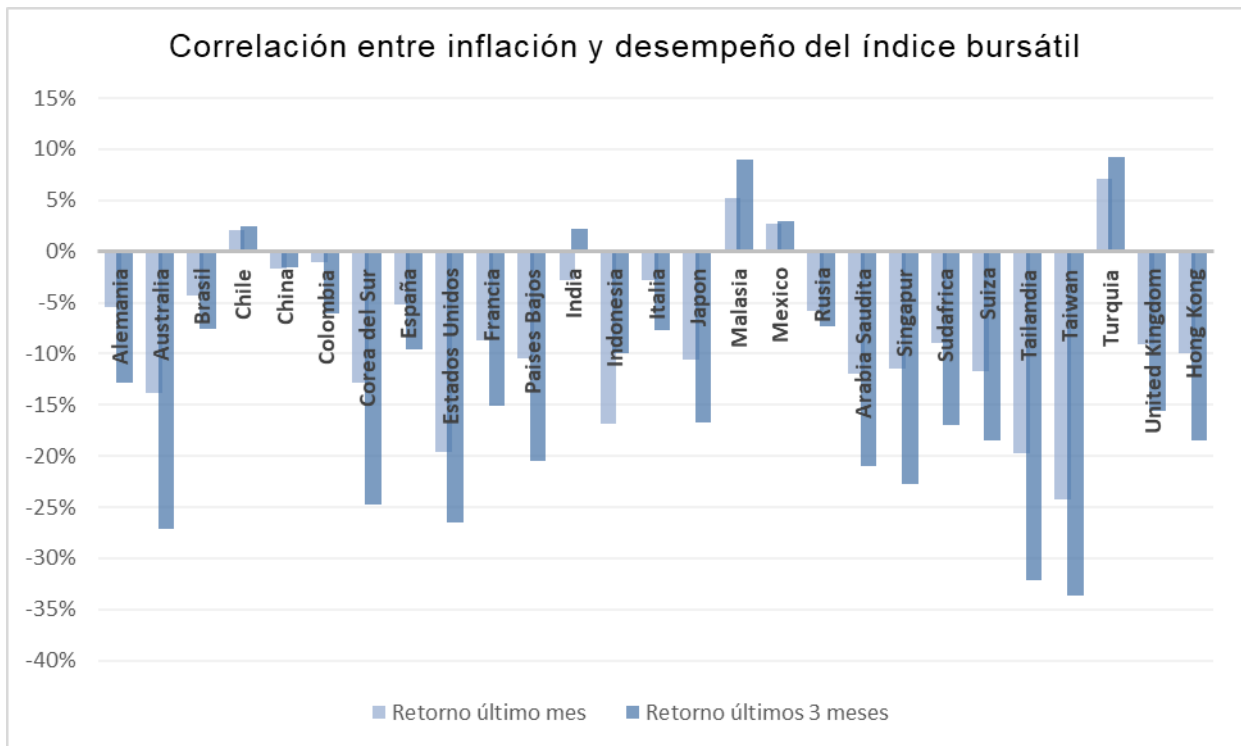
Anexo F.3: Resultados del backtest mercados desarrollados (ventana rolling 6 meses)

	Benchmark		Actividad económica			Inflación			Combo		
	Value	Momentum	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado	Corto plazo	Largo plazo	Agregado
Retorno anualizado	-0,7%	-1,1%	1,1%	1,3%	1,4%	1,4%	0,9%	1,2%	1,7%	1,6%	1,7%
Retorno acumulado	-16,2%	-22,4%	24,4%	29,9%	30,1%	31,2%	19,1%	25,0%	39,6%	36,9%	40,7%
Desviación estándar	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Sharpe Ratio	-0,15	-0,24	0,31	0,34	0,35	0,35	0,23	0,29	0,47	0,40	0,44
Max. Drawdown	-23%	-37%	-12%	-11%	-12%	-7%	-11%	-7%	-7%	-8%	-8%
Turnover	2,53	0,92	0,41	0,24	0,30	0,35	0,18	0,24	0,46	0,31	0,34
AR(1)	-0,04	-0,02	-0,08	-0,02	-0,03	-0,06	-0,04	-0,04	-0,02	-0,03	-0,02
Skewness	-0,36	0,07	0,20	0,18	0,20	0,93	0,79	0,88	0,51	0,60	0,56
Excess Kurtosis	1,68	0,86	0,96	0,65	0,71	4,88	3,43	4,08	2,22	2,33	2,12

Anexo F.4: Resultados del backtest mercados desarrollados (ventana rolling 12 meses)

Anexo G

El gráfico muestra los valores de correlación lineal existente entre el aumento de inflación observada con respecto al año anterior y los cambios recientes de precio en cada índice bursátil por país. Generalmente esta correlación es negativa, es decir, si dentro de un mercado se observó un aumento de inflación en el último año, es probable que los precios de las acciones hayan disminuido recientemente.



Anexo G: Correlación entre inflación y desempeño del índice bursátil por país

Anexo H

Las estrategias de referencia (*benchmark*), si bien en la literatura muestran un buen desempeño, es cierto que en las últimas décadas no logran mantener este comportamiento, tal como se ha visto a lo largo del desarrollo de este trabajo. Una primera razón de aquello podría ser la ocurrencia de cambios estructurales en el mercado global, tal como lo es un aumento de eficiencia del mercado, donde la tecnología y globalización han jugado un rol importante incorporando rápidamente la información a los precios, lo que dificulta a estas estrategias el encontrar y beneficiarse de oportunidades de compra. Luego, tomando en cuenta el rendimiento pasado e investigación relacionada a Value y Momentum, es posible que existiera un mayor interés y utilización de estas estrategias, causando que el mercado se adapte a ellas y se reduzca así su efectividad. Por otra parte, y en relación directa con la estrategia de Value, se tiene que la inversión en empresas de las que se espera un alto crecimiento (*Growth Investing*) provoca una alta valorización de dichas empresas, y en consecuencia una mayor valorización de mercados que las concentran como Estados Unidos. Dado el buen desempeño de estos mercados mejor valorados, se produce que la estrategia de Value tome variadas decisiones de inversión poco acertadas, y por ende no sea rentable. En la siguiente tabla se muestra el porcentaje de periodos en que se toman posiciones largas de cada país por estrategia:

País	Actividad	Inflación	Combo	Value	Momentum
Alemania	49%	85%	74%	72%	56%
Arabia Saudita	10%	74%	66%	11%	57%
Australia	100%	39%	84%	0%	49%
Brasil	60%	30%	32%	38%	52%
Chile	24%	26%	34%	42%	55%
China	100%	11%	64%	53%	49%
Colombia	64%	91%	83%	77%	56%
Corea del Sur	97%	28%	76%	100%	50%
España	22%	40%	31%	85%	36%
Estados Unidos	70%	87%	87%	0%	56%
Francia	15%	74%	57%	78%	42%
Hong Kong	17%	48%	28%	100%	38%
India	55%	51%	84%	0%	68%
Indonesia	45%	13%	49%	9%	63%
Italia	20%	48%	29%	91%	34%
Japon	36%	12%	21%	100%	42%
Malasia	34%	42%	43%	27%	40%
Mexico	13%	100%	72%	6%	53%
Países Bajos	42%	36%	47%	67%	43%
Rusia	73%	51%	88%	77%	49%
Singapur	47%	4%	11%	99%	43%
Sudafrica	24%	100%	86%	9%	49%
Suiza	49%	0%	10%	0%	46%
Tailandia	42%	17%	23%	35%	53%
Taiwan	67%	2%	13%	40%	52%
Turquia	72%	34%	52%	84%	44%
Reino Unido	44%	69%	68%	35%	28%

Anexo H.1: Porcentaje de periodos con posiciones largas por estrategia (backtest de veintisiete mercados)

Se observa en la tabla anterior que la estrategia de Value adopta constantemente posiciones largas en varios índices con relativamente mal desempeño como los de Japón, Hong Kong e Italia, y también adopta solo posiciones cortas en índices de países con excelente desempeño como India y Estados Unidos. India, por su parte, es el país cuyo índice obtuvo un mayor retorno anualizado y total dentro del conjunto completo. Por otro lado, Estados Unidos se considera un mercado excepcional por su constante crecimiento, y en este sentido se tiene que el S&P500 lidera en el conjunto de índices bursátiles al observar el porcentaje de periodos con retornos positivos y negativos.

País del índice	% de periodos negativos	% de periodos positivos
Alemania	40,5%	59,5%
Australia	40,9%	59,1%
Brasil	44,5%	55,5%
Chile	44,9%	55,1%
China	42,5%	57,5%
Colombia	42,1%	57,9%
Corea del Sur	42,9%	57,1%
España	42,9%	57,1%
Estados Unidos	34,4%	65,6%
Francia	42,9%	57,1%
Paises Bajos	40,9%	59,1%
India	40,9%	59,1%
Indonesia	38,5%	61,5%
Italia	45,7%	54,3%
Japon	43,3%	56,7%
Malasia	46,2%	53,8%
Mexico	40,1%	59,9%
Rusia (hasta feb-2022)	45,7%	54,3%
Arabia Saudita	38,5%	61,5%
Singapur	41,7%	58,3%
Sudafrica	46,2%	53,8%
Suiza	40,5%	59,5%
Tailandia	44,5%	55,5%
Taiwan	42,1%	57,9%
Turquia	44,9%	55,1%
Reino Unido	44,9%	55,1%
Hong Kong	42,1%	57,9%

Anexo H.2: Porcentaje de periodos con retornos positivos y negativos por índice bursátil