

Teoría ¿“moderna” y “postmoderna”? del portafolio y desempeño de índices sectoriales del mercado accionario mexicano

José Antonio Morales Castro*

Francisco López-Herrera**

(Recibido: septiembre 2020/Aceptado: enero 2021)

Resumen

Este artículo presenta un análisis del riesgo y el desempeño de algunos índices usados por la Bolsa Mexicana de Valores para capturar el comportamiento del mercado y de algunos sectores de actividad económica. El análisis se lleva a cabo con base en métricas postulados por las así llamadas teorías moderna y postmoderna del portafolio. También se usaron dichas métricas para evaluar portafolios optimizados bajo ambos enfoques. Los resultados sugieren que las métricas planteadas por la teoría postmoderna del portafolio pueden ser útiles para mejorar la medición, el análisis y la evaluación del riesgo y del desempeño de las inversiones, en activos y/o portafolios, efectuadas en el mercado bursátil mexicano.

Palabras clave: teoría moderna del portafolio, teoría postmoderna del portafolio, administración de portafolios, administración de riesgos, desempeño de portafolios.

Clasificación JEL: D91, G11, G12, G17, G24, G41, G51.

* Profesor-investigador de la Sección de Posgrado e Investigación en la Escuela Superior de Comercio y Administración, Tepepan del Instituto Politécnico Nacional.

** Profesor-investigador, División de Investigación en la Facultad de Contaduría y Administración, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

“Modern” and “Post-Modern”? Portfolio Theory and performance of Mexican stock market sectorial indexes

Abstract

This paper shows an analysis of the risk and performance of some indexes used by Bolsa Mexicana de Valores to capture the behavior of the market and some economic activity sectors. The analysis is carried out based in metrics posited by the so called Modern and Post-Modern Portfolio Theory. Such metrics were also used to appraise optimal portfolios under both approaches. The results suggest that the metrics posed by the Post-Modern Portfolio Theory can be useful to improve the measurement, analysis and appraisal of the risk and performance of assets and/or portfolios investments carried on the Mexican market exchange.

Keywords: Modern Portfolio Theory, Post-Modern Portfolio Theory, portfolio management, risk management, portfolio performance.

JEL classification: D91, G11, G12, G17, G24, G41, G51.

1. Introducción

En este artículo se analizan siete índices sectoriales elaborados por *Standard&Poor's* para la Bolsa Mexicana de Valores (BMV): el del sector de casas comerciales y distribuidores que agrupa 15 emisoras, el de industria manufacturera, electricidad, gas y agua formado por 21 emisoras, el de Construcción con 13 emisoras, el de infraestructura y transporte con 11, minería y agricultura integrado por siete, servicios financieros con 10 y el de comercio y prestación de servicios con 16 (véase anexo 1). También se analiza el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC), representante del comportamiento del mercado.

Los índices sectoriales brindan información al inversionista en cuanto al comportamiento de cada uno de los sectores económicos en específico, su evolución en los mercados financieros, su situación actual y su relación riesgo-rendimiento, pudiendo ayudar a la selección de los portafolios de inversión y a otras decisiones financieras. La respuesta diferenciada de los sectores económicos a los cambios en las condiciones económicas ofrece un abanico de alternativas de inversión a los inversionistas, como afirma Rodríguez *et al.* (2014), esos efectos diferenciados conducen a que las

oportunidades de inversión por sectores tengan diferentes perfiles en su relación riesgo-rendimiento.

Morales y López-Herrera (2020) analizaron la relación de riesgo-rendimiento de esos índices sectoriales de la BMV y de algunos portafolios mediante tres medidas de desempeño (el índice de Sharpe, la recompensa al valor en riesgo (VaR) y la recompensa al valor en riesgo condicional (CVaR), encontrando que para casi todos los índices sectoriales la medición de esa relación muestra que son mejores que para el IPC (representante del portafolio del mercado). Además, mediante el estadístico de Shapiro y Wilk, mostraron que las distribuciones de los rendimientos de todos los índices analizados no siguen una distribución normal de probabilidad. Al extender y complementar los resultados de esa investigación, el presente análisis puede ser útil para que académicos y estudiantes, así como tomadores de decisiones de inversión, tengan una perspectiva actualizada de los índices bursátiles sectoriales y de algunos alcances y limitaciones importantes del estado actual de la teoría de los portafolios.

El objetivo de este artículo es comparar los resultados del análisis del riesgo y desempeño de índices sectoriales de la BMV y del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC). El análisis se efectúa mediante métricas propuestas por la llamada teoría postmoderna del portafolio (PMPT, Post-Modern Portfolio Theory) y medidas convencionales de la teoría moderna del portafolio (MPT, Modern Portfolio Theory). Indiscutiblemente, la MPT ha sido una base fundamental para muchos de los desarrollos teóricos y aplicaciones prácticas posteriores; sin embargo, ha sido cuestionada por sus fundamentos, erigiéndose los postulados de la PMPT como una alternativa para superar algunas de las deficiencias atribuidas a los planteamientos de la MPT.

Las preguntas de investigación son: ¿qué diferencias podrían observarse al comparar el desempeño de los índices de la BMV con las métricas de la MPT y de la PMPT? y, dado el caso, ¿cómo serían tales diferencias? Se plantean como hipótesis: 1) de acuerdo con los postulados de la MPT y al estar menos diversificados, los índices sectoriales deben tener un desempeño inferior al del mercado y 2) al cuantificar ese desempeño con las métricas de la PMPT, dado que ésta considera los alejamientos de la normalidad de los rendimientos, se deben observar diferencias en la jerarquización de las oportunidades de inversión representadas tanto por los índices sectoriales como por los portafolios óptimos que se estiman en este trabajo.

En la sección siguiente se presenta una revisión de literatura pertinente. Después se muestra las herramientas metodológicas usadas en el análisis de los índices y portafolios con base en diferentes métricas de la MPT y la PMPT, ofreciendo una sección final de conclusiones.

2. Revisión de la literatura

A Markowitz (1952) se le conoce como el padre de la llamada MPT, de acuerdo con la cual la racionalidad económica del inversionista lleva a que, en condiciones de riesgo, seleccione su portafolio buscando maximizar la utilidad esperada en un juego entre el rendimiento esperado y el riesgo. Como consecuencia, la supuesta función de utilidad a maximizar es arbitrariamente especificada con dos parámetros: el rendimiento medio y la varianza de los rendimientos.

Apartándose de las complicaciones inherentes a la idea de que la decisión del inversionista es conducida por una hipotética función de utilidad, Roy (1952) supone que el inversionista preferiría minimizar la probabilidad de pérdidas relativas, o sea, rendimientos inferiores a un nivel establecido como el mínimo aceptable. Markowitz (1959) reconoce el planteamiento de Roy, indicando que minimizar el riesgo de pérdidas (*o downside risk*) es importante porque sólo ese riesgo es relevante para el/la inversionista y los rendimientos no siempre siguen una distribución de probabilidad normal. Como posibles medidas del downside risk, Markowitz propone la semivarianza respecto del rendimiento medio o, dado el caso, respecto de un rendimiento meta, es decir, medir la variabilidad sólo de los rendimientos que están por debajo del punto de referencia.

La así llamada teoría postmoderna del portafolio (PMPT) surge en 1987, cuando el Instituto de Investigación de Pensiones de la Universidad Estatal de San Francisco desarrolló los algoritmos matemáticos para reconocer las preferencias de los inversionistas por la volatilidad de los rendimientos positivos (ganancias), en comparación con la de los rendimientos negativos (pérdidas), véase Kobaldi (2011). Esos algoritmos consideran la distribución log-normal para los rendimientos financieros y drawdown risk, medido por la semidesviación (desviación estándar de los rendimientos por debajo del rendimiento objetivo) que se expresa en porcentajes y, por tanto, se puede utilizar de igual forma que la desviación estándar tradicional.

Nawrocki (1999) considera que el uso de las semivarianzas y la semidesviación estándar como métricas del downside risk no es suficiente para tratar a la PMPT y a la MPT como teorías distintas ya que esta última ha considerado también a ambas medidas. Nawrocki sustenta su afirmación en trabajos como los de *Quirk y Saposnik* (1962), *Mao* (1970), *Hogan y Warren* (1972), *Klemkosky* (1973) y *Ang y Chua* (1979). La posición de Nawrocki es que en realidad se trata de avances sobre el mismo cuerpo teórico que han ayudado a resolver algunos problemas que enfrenta la teoría del portafolio; por ejemplo, como afirma *Geambasu et al.* (2018), la evidencia muestra que las métricas propuestas por la PMPT pueden ofrecer una medición del riesgo más flexible y realista.

La MPT asume que el inversionista tiene un comportamiento racional, al suponer que su interés es únicamente la maximización de la utilidad económica esperada, sin embargo, esto ha sido puesta en duda por el comportamiento financiero de los inversionistas, pues en ocasiones se conforman con una tasa de rentabilidad menor que la tasa máxima de rendimiento. Es decir, la MPT omite las dimensiones personales, ambientales, estratégicas y sociales de las decisiones de inversión; en éstas no sólo se intenta maximizar los beneficios ajustados al riesgo, la investigación de las reacciones de los inversionistas muestra que está interesado en obtener al menos un rendimiento mínimo deseado, cualquier resultado por debajo del rendimiento mínimo deseado se considera pérdida, mientras que las ganancias por encima del rendimiento deseado no constituyen una preocupación. La PMPT considera que los inversionistas tienen su propio límite de rendimiento mínimo aceptado, que constituye un punto de referencia para medir el éxito o el fracaso del proceso de inversión, mientras que la tasa de rendimiento esperado, tomando el rendimiento medio como estimador, asume la MPT es sólo una característica de las tasas de rendimiento y no suele ser la tasa de rendimiento deseable del inversionista; Barberis *et al.* (1996), Omisore *et al.* (2012), Lorenzo (2016) y Geambasu, *et al.* (2018).

Según Omisore *et al.* (2012) la MPT no considera el efecto de la demanda de activos sobre sus precios. La demanda derivada de las decisiones de portafolio podría incrementar el precio de los activos individuales, sin que los fundamentales de las emisoras lo justifiquen, y al elevarse el valor del portafolio, disminuye la probabilidad de un rendimiento futuro positivo, aumentando el riesgo.

Ming-Feng y Chuan-Ju (2012), Zhu y Wang (2009) destacan que debido a que la varianza no puede distinguir una mala sorpresa (la relevancia puntúa menos que las expectativas) de una buena sorpresa (las puntuaciones de relevancia que superan las expectativas), proponen un marco de semi varianza-media para manejar la incertidumbre. El cual tiene la capacidad de distinguir entre las sorpresas malas y las buenas al optimizar una lista de clasificación de diversos valores. Los resultados experimentales muestran que este método mejora el rendimiento al conformar los portafolios.

La mayoría de las métricas de desempeño utilizadas para la administración tradicional de activos siguen siendo acordes con los supuestos de que los rendimientos siguen una distribución normal. Entre las medidas que se utilizan para evaluar el desempeño de los portafolios de inversión en la teoría moderna del portafolio se encuentra el índice de Sharpe (1966, 1994) que mide el rendimiento esperado por unidad de riesgo para una inversión, usando como medida del riesgo la desviación estándar. Han surgido otras métricas entre los que se encuentran los índices de Sortino y Omega.

El Índice de Sortino, *et al.* (1994) y Sortino *et al.* (1999), mide el exceso de rentabilidad por arriba de la rentabilidad meta con respecto al riesgo medido por medio de la volatilidad negativa (downside risk); es decir, mide cuánto varían los resultados para el escenario en que son inferiores al rendimiento meta. El índice Omega, diseñado por Keating y Shadwick (2002), es una medida de desempeño basada en la razón de pérdidas a ganancias que captura la información de los momentos de orden superior de la distribución de probabilidades de los rendimientos, por lo que ajusta de manera implícita tanto el sesgo como la curtosis de esa distribución. Es decir, ilustra el impacto que los eventos atípicos tienen en la distribución y provee la probabilidad total ponderada de pérdidas y ganancias que describe las características de riesgo-recompensa de la distribución de los rendimientos. Se supone que el inversionista buscará maximizar la función omega, a mayor magnitud será más alta la probabilidad de obtener rendimientos por encima del umbral definido.

Kolbadi y Ahmadiania (2011) evaluaron los rendimientos de portafolios de inversión con activos de la bolsa de valores de Teherán entre 2005 y 2010 mediante los índices de Sharpe y Sortino entre otros. Sus resultados indican que el funcionamiento de las empresas es diferente según los índices de Sharpe y Sortino, indicando el segundo un mejor desempeño de las empresas. Robiyanto (2018) evaluó el rendimiento de los índices de precios de las acciones de la bolsa de valores de Indonesia mediante varios indicadores entre 2011 y 2017, entre los cuales se encuentran los índices de Sharpe y Sortino. Sus resultados indican que sólo tres índices de precios de acciones tienen un mejor rendimiento que los instrumentos libres de riesgo y del mercado de valores cuando se calculan utilizando el índice de Sharpe. Mientras tanto, cuando se calcula usando el índice de Sortino, el índice de precios de las acciones del sector de la industria miscelánea tiene el mejor rendimiento.

Gutiérrez, y Nanda (2009) optimizaron un portafolio de activos a través del índice Omega y lo compararon con el portafolio óptimo obtenido por el método de optimización media-varianza. Asumiendo que debido a que el índice Omega es más significativo para optimizar los portafolios, mostraron que el límite eficiente calculado por el índice Omega es superior a la frontera eficiente de media-varianza, especialmente en los puntos con menores pérdidas esperadas. Para un mismo nivel de pérdidas esperadas, al optimizar el portafolio con el índice Omega encontraron que las ganancias esperadas son más altas. Arias y Patricio (2014) estudiaron el rendimiento del índice de sostenibilidad empresarial (ISE) de la Bolsa de Valores de Sao Pablo entre 2005 y 2010, utilizaron varias métricas de rendimiento y encontraron que el índice Omega es una mejor medida de desempeño para los inversionistas menos aversos al riesgo.

Van, Van y Heymans (2014) estudiaron 184 fondos de cobertura internacionales de Norteamérica, Europa y Asia de renta variable entre 2000 y 2011, comparando su rendimiento con las métricas de Sharpe y de Omega. Encontraron discrepancia en los valores de estos índices al clasificar los fondos durante los periodos de crisis. El índice Omega clasifica mejor a los fondos durante los periodos de crisis y presenta una mejora sustancial en comparación con las medidas de rendimiento tradicionales, ya que describe una gran parte de la estructura de distribución subyacente, que es muy relevante y significativa para los fondos de cobertura. Acosta (2018) realizó un análisis de 45 fondos de inversión (ETF, por sus siglas en inglés Exchange Traded Fund) en diferentes escenarios mediante el índice Omega. Corroboró que esta métrica es consistente con el orden cóncavo creciente (SSD) en la determinación de la preferencia de una variable aleatoria sobre otra para inversionistas aversos al riesgo y no saciados como lo propone la teoría de portafolios desarrollada por Markowitz (1952, 1959).

Méndez y Rocha (2019) hicieron un estudio comparativo del rendimiento de varios fondos de pensiones chilenos entre 2011 y 2018, destacando la conveniencia del uso del índice Omega para evaluar los rendimientos de los portafolios con una distribución no-normal y exceso de curtosis, cuando se busca que sus rendimientos no queden por debajo de la rentabilidad promedio del sistema de pensiones. Cahya y Robiyanto (2020), evaluaron el rendimiento de los fondos listados en la Bolsa de Indonesia entre 2018 y 2019 y mediante el índice de Omega determinaron la probabilidad de los rendimientos esperados de cada uno de estos fondos. Con los coeficientes del índice Omega pudieron seleccionar los fondos con mayor probabilidad de beneficios, resaltando la utilidad de este índice.

Los resultados favorables al uso del índice Omega para jearquizar las inversiones de acuerdo con su desempeño, explican porque ese índice ha ganado popularidad entre académicos y practicantes para calificar ese desempeño, particularmente por ser una métrica que puede adaptarse a entornos más complejos que el de los rendimientos gaussianos.

Al comparar la selección de portafolios con base en la MPT y la PMPT, Gallopo (2010) aplicó los métodos de *bootstrapping* para los insumos de los modelos de portafolios con activos de Europa y de Estados Unidos, contrastando los resultados del modelo de Markowitz con los modelos de minimización del error de seguimiento (*tracking error*), de minimización de la desviación media absoluta (MADM) y el de minimización de la probabilidad de déficit (*short-fall*). Mostró que los modelos de portafolios asociados derivados de la PMPT obtuvieron mejor índice de Sharpe en el 100% de los casos, sugiriendo que los modelos de la PMPT pueden generar mejoras sustanciales para el rendimiento ajustado por el riesgo.

La ponderación de los activos que optimizan un portafolio es importante tanto en la administración práctica de los portafolios como en la investigación académica sobre la teoría del portafolio. La caída del valor (*drawdown*) de un activo, un portafolio y, de manera más general, de cualquier inversión, es una de las medidas que se han considerado por la PMPT como relevante para evaluar el riesgo; siendo la duración del *drawdown* una preocupación de gran importancia. Al respecto Chekhlov, Uryasev y Zabarankin (2005) propusieron y demostraron la conveniencia de usar una nueva familia de medidas de riesgo de un solo parámetro, llamada *Conditional Drawdown* (CDD), las cuales permiten la solución del problema de asignación de activos en los portafolios de forma similar a como se hace cuando se usa como criterio de optimalidad el Valor en Riesgo Condicional (CVaR), el cual mide el riesgo en la cola de la distribución de probabilidades de las pérdidas.

Reveis y León (2008) proponen una medida de riesgo alternativa, el máximo *drawdown* (MDD), mostrando su uso con base en el comportamiento observado entre 1990 y 2007 de 18 activos de cuatro economías industrializadas y las hipotecas estadounidenses. Construyeron el espectro completo de creación de valor para distintos portafolios con base en el MDD considerando que esta métrica, al tomar en cuenta los movimientos y las discontinuidades extremas del mercado presentes en los eventos adversos extremos, es más conveniente y sólida que la métrica tradicional de la dispersión. Reveis y León sugieren que se utilice una cantidad considerable de información, lo que permite al modelo encontrar el evento poco frecuente pero crítico de destrucción de riqueza de cada activo y su impacto marginal de diversificación de riesgos cuando se agrega a un portafolio; es necesario utilizar suficiente información para cubrir por lo menos un ciclo bursátil completo, pero siempre es aconsejable cubrir más de uno.

Allen, McAleer, Powell y Singh (2015) analizaron la eficacia de una serie de estrategias de diversificación de portafolios centrándose en métricas del riesgo de pérdida de valor (*down-side risk*), como estrategia de diversificación de portafolios. Estudiaron los rendimientos diez índices de los principales mercados bursátiles europeos (el índice FTSE100, el índice DAX, el CAC 40 el índice AEX de Ámsterdam, el índice IBEX 35, el OMX de Copenhague 20, el índice OMX de Estocolmo de todas las acciones, el índice OMX de Helsinki de todas las acciones, el índice general portugués BVLG PSI y el índice 20 belga BFX) durante el periodo de 2005 a 2013; comparando varias estrategias *drawdown* con la optimización de Markowitz para portafolios sin ventas en corto. Los resultados sugieren que ninguna de estas estrategias domina la diversificación ingenua. La más exitosa de las estrategias de optimización fue la de Markowitz con restricciones positivas y límite superior en las exposiciones individuales. Canbin (2018) muestra los resultados de su estudio de

una muestra de 28 acciones del mercado de valores chino durante el periodo que desde 2013 a 2016 y, mediante la optimización de portafolios basada en el CDaR, ofrece evidencia de que se es factible obtener portafolios con mayor tasa de ganancia.

3. Aspectos metodológicos

En Sharpe (1966, 1994) se presenta una de las medidas de desempeño de portafolios más utilizada en la actualidad de manera general en las inversiones en activos financieros. Originalmente denominada razón de recompensa a la variabilidad, ahora se le conoce como el índice o la razón de Sharpe, en honor de su autor. Partiendo del supuesto de la aversión al riesgo que se plantea la teoría del portafolio, el índice o razón de Sharpe mide la magnitud de la recompensa que recibe el inversionista dada la variabilidad de los rendimientos de su portafolio:

$$\text{Razón (índice) de Sharpe} = \frac{R_p - r_f}{\sigma_p} \quad (1)$$

R_p es el rendimiento del portafolio, r_f es la tasa libre de riesgo y σ_p es la desviación estándar (variabilidad) de los rendimientos del portafolio.

Como se ha discutido en la sección anterior, el uso de la desviación estándar convencional constituye una de las críticas que se han hecho al enfoque de la llamada TMP, destacando en particular la propuesta de Sortino y Van der Meer (1991) de medir el *downside risk* mediante la semidesviación estándar, σ_D , que se define como:

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{1}{T} * \sum_{t=1}^T \min[(r_t - R)^2, 0]} \quad (2)$$

r_t es el rendimiento del portafolio o activo y R es el rendimiento meta, el cual puede ser la tasa de rendimiento mínima aceptable, la tasa libre de riesgo o cualquier otra tasa que se establezca como referencia, incluso podría ser la tasa cero, caso en el que sólo interesaría conocer el riesgo de pérdidas en términos generales. El radicando en (2) es la semivarianza o segundo momento parcial inferior.

Para efectos de la medición y evaluación del desempeño Sortino y Price (1991, 1994) proponen una medida similar a la razón de Sharpe, la cual se ha conocido como la razón (índice) de Sortino, que se define como:

$$\text{Razón (índice) de Sortino} = \frac{R_p - R}{\sigma_D} \quad (3)$$

R es el rendimiento meta y σ_D es la medida de *downside risk* definida en (2) considerando la tasa de rendimiento meta o mínima aceptable en términos del argumento de Sortino y Price (1994). La razón de Sortino es evidentemente una medida mejorada del desempeño ajustado al riesgo ya que permite capturar el efecto del *downside risk* en la medición del desempeño cuando hay sesgos y asimetría en las distribuciones de los rendimientos. Cuando los rendimientos no simétricos y siguen la distribución normal, producen el mismo ordenamiento de los portafolios o activos, cuyo desempeño se compara, que el índice o razón de Sharpe.

La razón o índice Omega, propuesto por Keating y Shadwick (2002), es una medición de la relación ganancias a pérdidas ponderadas por sus probabilidades, que tiene como ventaja respecto de las medidas tradicionales, según sus autores, el empleo de toda la información disponible sobre el rendimiento y el riesgo, lo que permite ajustar de manera implícita el sesgo y la curtosis presente en la distribución de probabilidad de los rendimientos. En otras palabras, se diferencia de medidas como los índices de Sharpe y de Sortino al tomar en cuenta tanto los momentos parciales inferiores (*downside*) como los momentos parciales superiores (*upside*), por lo que puede ser de utilidad para ordenar los portafolios de acuerdo con su desempeño incluso en el caso de que sus rendimientos tengan sesgo o curtosis. En términos teóricos se tiene que la razón o índice Omega está dada por:

$$\Omega(R) = \frac{\int_R^b (1 - F(r)) dr}{\int_a^R F(r) dr} \quad (4)$$

R denota la tasa de referencia (deseada) por el inversionista; x denota el rendimiento aleatorio durante el periodo de la inversión; a y b denotan los límites inferior y superior de la distribución de probabilidad de los rendimientos, respectivamente. $\int_\delta^b (1 - F(r)) dr$ denota el potencial de ganancias (*upside*) dada δ ; y $\int_a^\delta F(r) dr$ denota el potencial de pérdidas o *downside*. Para efectos prácticos, véase Bacon (2008), dada una serie de tiempo de rendimientos, (4) se puede estimar como:

$$\Omega = \frac{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \max(r_t - R, 0)}{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \max(R - r_t, 0)} \quad (5)$$

Kasemi *et al.* (2003) propusieron una razón (un índice) que denominaron Omega-Sharpe (o Sharpe-Omega como también se le conoce) porque su similitud con la razón de Sharpe la hace más intuitiva que la razón Omega, pero manteniendo las características deseables de ésta ya que proporciona la misma información. Para efectos de su cálculo se define como:

$$\text{Razón (índice) Sharpe - Omega} = \frac{R_p - R}{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \max(R - r_t, 0)} \quad (6)$$

El *drawdown* es la medida de la declinación de la ganancia o pérdida acumulada de una inversión o estrategia financiera desde un pico histórico. En términos formales, si el valor del portafolio o las ganancias acumuladas, W_t , $t \geq 0$ están determinadas por un proceso estocástico con $W_0 = 0$, el *drawdown* en el momento T se puede definir como:

$$D_T = \max[\max_{t \in (0, T)} W_t - W_T, 0] \equiv [\max_{t \in (0, T)} W_t - W_T]_+ \quad (7)$$

El máximo *drawdown* es una medida de riesgo de los portafolios y activos financieros para analizar el mayor descenso del pico hasta el fondo del historial de los *drawdowns* ocurridos durante un periodo, se define como:

$$\max D_T = \sup_{t \in (0, T)} [\sup_{s \in (0, T)} W_s - W_t] \quad (8)$$

Chekhlov *et al.* (2005) proponen una medida del *downside risk* asociada con el máximo *drawdown* es el *Drawdown* Condicional en Riesgo (*CDaR*, *Conditional Drawdown at Risk*), que puede usarse para comparar portafolio o inversiones. En términos prácticos, el *CDaR* mide el *drawdown* esperado cuando el *drawdown* ha establecido un umbral especificado. Se define como:

$$CDaR_{t, 1-\alpha} = \mathbb{E}(D_t | D_t \leq D_{1-\alpha}) \quad (9)$$

D_α es el *drawdown* en el nivel de confianza $\alpha \in (0, 1)$, por lo que para efectos prácticos el $CDaR_{t, 1-\alpha}$ es el promedio de los peores $(1-\alpha) \times 100\%$ *drawdowns* ocurridos en un periodo de tiempo dado.

Dado que el *CDaR* es semejante al *CVaR*, ambos basan su análisis en un escenario del peor caso (aunque con funciones de pérdida diferentes), Chekhlov *et al.* (2005) proponen su uso en la optimización de portafolios para tomar en cuenta la magnitud y duración de los *drawdowns* extremos. La solución al problema de selección del portafolio con restricciones sobre el *drawdown* puede plantearse como.

$$\min d + \frac{1}{n\alpha} \sum_{i=1}^n z_i,$$

s. a.

$$\begin{aligned} z_i - u_i + d &\geq 0, \quad \forall i \in \{1, \dots, n\}, \\ \sum_{j=1}^m w_j r_{i,j} + u_i - u_{i-1} &\geq 0, \quad u_0 = 0, \quad \forall i \in \{1, \dots, n\}, \\ z_i &\geq 0, \quad u_i \geq 0, \quad \forall i \in \{1, \dots, n\}, \\ \sum_{j=1}^m w_j \mu_j &= C, \\ \sum_{j=1}^m w_j &= 1, \\ w_j &\geq 0, \quad \forall j \in \{1, \dots, m\} \end{aligned} \quad (10)$$

w_j es la ponderación de los $j = 1, \dots, m$ activos, $i = 1, \dots, n$ es el número de periodos para los rendimientos, $r_{i,j}$, y μ_j es el rendimiento esperado, C es el rendimiento meta, las z_i son variables auxiliares de los *drawdowns* condicionales, u_i son variables auxiliares para modelar los rendimientos acumulados y d es el *Drawdown at Risk* en el percentil α .

4. Análisis del desempeño de los índices sectoriales y portafolios óptimos

Las observaciones de los índices sectoriales y del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) de la Bolsa Mexicana de Valores fueron obtenidas de la página *web de Standard&Poor's*, en frecuencia diaria cubriendo del 30 de septiembre de 2010 al 16 de octubre de 2020.

En la gráfica 1 se muestran las trayectorias de los índices durante el periodo de análisis y en el cuadro 1 se enuncian los cinco principales *drawdown* de cada índice. Se observa en el IPC una caída entre el 26 de julio de 2017 y el tres de abril de 2020 acumulando una pérdida de 38.47%, y todavía no regresa al nivel que tenía de 2017. Durante el periodo que va del 29 de enero de 2013 al 20 de julio del mismo año y del que va del seis de enero al 2 de abril de 2012 registró retrocesos que le llevaron a pérdidas del 18% en ambos casos. Del 16 de agosto al 24 de marzo de 2017, así como entre el ocho de mayo y el 29 de junio de 2012 presentó caídas menores de 9.23% y 7.79%, respectivamente. Además, se puede ver en la gráfica 1 que desde 2010 tiene una tendencia alcista hasta 2017 en que alcanza su máximo global. A partir de este punto tiene una tendencia descendente con dos caídas drásticas una en 2018 y la otra en 2020. La caída de 2020 es similar a la que tuvieron las bolsas de valores de casi todos los países como consecuencia de la crisis de salud originada por el virus SARS-Cov-2.

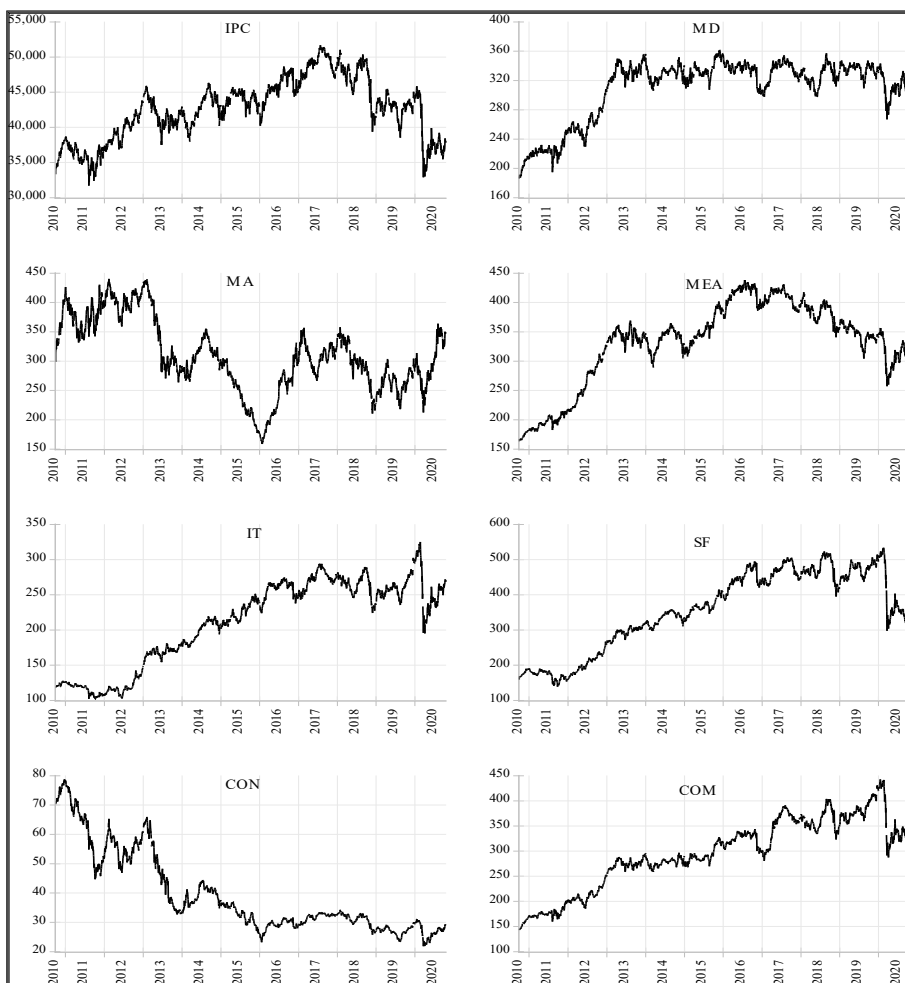
El sector de Minoristas y Distribuidores (MD) tiene la caída más pronunciada por 29.2% entre el 12 de diciembre de 2013 y el 23 de marzo de 2020, y aún no ha logrado regresar al nivel que tenía en 2013. Hubo otras caídas de

menor magnitud, el ocho de agosto de 2011, trece de junio de 2012, veinticuatro de junio de 2013 y el 31 de agosto de 2012, por 16.6%, 13.30%, 11.49% y 7.13% respectivamente. También se puede ver en la gráfica 1 que este sector inicia en 2010 con una tendencia alcista alcanza su nivel más alto global en 2013 y mantiene valores similares al nivel de 2013 hasta 2019. La caída de 2020 coincide con el confinamiento de la población, y la consecuente caída económica, por la crisis de COVID-19.

Se observa una gran caída el veintisiete de enero de 2016 en el sector de Minería y Agricultura (MA) por 67.5%, y todavía y no ha recuperado el valor que tenía en 2011 cuando inició esta caída. También se presentaron otros retrocesos, aunque fueron de menor magnitud, el dieciséis de noviembre de 2010, el diecinueve de octubre de 2010, el dieciséis de diciembre de 2010 y el siete de octubre de 2010 por 5.84, 3.93, 2.24 y 0.93% respectivamente. En la gráfica 1 se puede ver que tiene una tendencia descendente a partir de 2013, alcanza su nivel mínimo global en 2015. Durante 2017 se recupera, tiene otras caídas posteriormente hasta 2019, en 2020 tiene una caída, pero menor que el IPC y el sector MD.

El sector Manufactura, Electricidad y Agua (MEA) tuvo una caída de gran magnitud del 43.4% entre el veinticinco de julio de 2016 y el veintitrés de marzo de 2020, y aún no regresa a los niveles que existían en 2016 cuando comenzó esta caída. Se presentó otro retroceso de menor tamaño, el trece de marzo de 2014 por 22.3%; también hubo dos retrocesos moderados en el veinte de junio de 2013 y ocho de agosto de 2011, por 13.32 y 12.55% respectivamente y entre el veintitrés de noviembre de 2015 y el 29 de enero de 2016 del 7.3%. En la gráfica 1 se observa que inició una caída en 2020 y se recupera parcialmente en el tercer trimestre de este año, pero no recobró el nivel que tenía a principios de este *drawdown*. Esta última caída es similar a la que tiene el sector MD durante el mismo periodo, pero de menor magnitud que el IPC. Se puede decir que este sector no fue afectado tan drásticamente por la pandemia de salud iniciada en 2020 como si afectó al índice del mercado.

Gráfica 1
IPC e índices sectoriales en niveles



Fuente: elaboración propia con base en datos de Standard&Pooof's.

El sector Infraestructura y Transporte (IT) tiene un retroceso abrupto entre el veinticuatro de febrero y el tres de abril de 2020 del 41.2% y todavía no ha recobrado el nivel que tenía el 24 de febrero de 2020. Tiene otras dos caídas de menor impacto: el veintisiete de noviembre de 2018 y el catorce de junio de 2012 por 24.6% y 21.0% respectivamente. La caída entre 2017-2019 por 24.6% fue la más larga con una duración de 607 jornadas bursátiles. También se presentan dos caídas de menor impacto, con casi la misma magnitud entre ellas, el dos de diciembre de 2016 y el veinticuatro de junio de 2013 por 13.8% y

13.02% respectivamente. Se observa en la gráfica 1 que su comportamiento durante 2020 es similar al sector de manufactura, electricidad y agua (MEA) el cual también registró una caída de 43.4% en 2020.

Cuadro 1
Drawdowns de los índices bursátiles

	Inicio (pico)	Fecha que se tocó el piso	Fecha de regreso al pico	Retroceso %	Duración en días	Días para llegar al piso	Días para regresar al nivel del pico
IPC	2017-07-26	2020-04-03	NA	-38.47	813	676	NA
	2013-01-29	2013-06-24	2016-07-20	-18.69	873	100	773
	2011-01-06	2011-08-08	2012-04-02	-18.60	313	149	164
	2016-08-16	2016-11-18	2017-03-24	-9.23	153	67	86
	2012-05-08	2012-05-18	2012-06-29	-7.97	39	9	30
MD	2013-12-13	2020-03-23	NA	-29.22	1 721	1 575	NA
	2011-05-02	2011-08-08-	2011-11-08	-16.60	135	71	64
	2012-02-21	2012-06-13	2012-07-16	-13.30	101	78	23
	2013-04-12	2013-06-24	2013-12-05	-11.49	167	51	116
	2012-08-13	2012-08-31	2012-10-16	-7.13	47	15	32
MA	2011-01-04	2016-01-27	NA	-67.51	2 453	1 274	NA
	2010-11-11	2010-11-16	2010-12-02	-5.84	15	3	12
	2010-10-18	2010-10-19	2010-11-03	-3.93	12	2	10
	2010-12-14	2010-12-16	2010-12-17	-2.24	10	3	7
	2010-10-07	2010-10-07	2010-10-08	-0.93	2	1	1
MEA	2016-07-25	2020-03-23	NA	-43.44	1 066	920	NA
	2013-08-12	2014-03-13	2015-10-09	-22.34	544	148	396
	2013-04-24	2013-06-20	2013-08-02	-13.32	72	41	31
	2011-07-11	2011-08-08	2011-10-26	-12.55	77	21	56
	2015-11-23	2016-01-08	2016-01-29	-7.39	48	33	15
IT	2020-02-24	2020-04-03	NA	-41.22	166	29	NA
	2017-07-18	2018-11-27	2019-12-16	-24.68	607	344	263
	2010-12-14	2012-06-14	2012-10-05	-21.08	461	380	81
	2016-08-19	2016-12-02	2017-05-02	-13.80	174	73	101
	2013-05-15	2013-06-24	2013-08-07	-13.02	61	29	32

Conclusión. Cuadro 1.

	Inicio (pico)	Fecha que se tocó el piso	Fecha de regreso al pico	Retroceso %	Duración en días	Días para llegar al piso	Días para regresar al nivel del pico
SF	2018-08-08	2020-03-23	NA	-45.60	553	407	NA
	2011-01-06	2011-09-23	2012-04-16	-28.73	321	182	139
	2016-10-20	2016-12-02	2017-07-25	-15.44	191	30	161
	2014-09-04	2014-12-15	2015-03-12	-13.55	130	70	60
	2017-08-28	2017-12-06	2018-07-20	-13.31	225	71	154
CON	2010-12-22	2020-04-03	NA	-76.81	2 472	2 335	NA
	2010-11-11	2010-11-16	2010-12-01	-3.85	14	3	11
	2010-10-14	2010-10-19	2010-10-25	-1.63	8	4	4
	2010-12-15	2010-12-15	2010-12-17	-0.93	3	1	2
	2010-12-07	2010-12-10	2010-12-14	-0.67	6	4	2
COM	2020-01-20	2020-04-03	NA	-36.10	190	53	NA
	2018-08-28	2018-11-26	2019-10-28	-20.48	294	63	231
	2016-10-25	2017-01-19	2017-04-10	-18.75	115	60	55
	2017-08-07	2018-06-05	2018-08-22	-14.97	263	207	56
	2012-04-04	2012-06-13	2017-07-17	-13.94	72	48	24

Fuente: elaboración propia con base en datos de Standard&Poots.

El sector de Servicios Financieros (SF) presenta una caída del 45.6% entre el ocho de agosto de 2018 y el veintitrés de marzo de 2020 y aun no se recupera para alcanzar el nivel que tenía en 2018; este *drawdown* ha tenido una duración de 553 días. También tuvo retrocesos menores, el veintitrés de septiembre de 2011, el dos de diciembre de 2016, el quince de diciembre de 2014 y el seis de diciembre de 2017 por 28.7%, 15.4%, 13.5% y 13.3% respectivamente. En la gráfica 1 se puede ver que desde el 2011 tiene una tendencia alcista hasta 2016, se mantiene con fluctuaciones en casi los mismos valores hasta 2019. Al inicio de 2020 alcanza su valor máximo global, y a partir de ahí tiene una caída pronunciada, se recupera mínimamente, sin alcanzar el nivel que tenía al inicio del año. Este sector ha sido afectado grandemente por el confinamiento social establecido por el gobierno como respuesta a la pandemia de salud. Por esta situación sugiere que las actividades económicas han disminuido y no se requiere la misma cantidad de transacciones en las distintas instituciones del sistema financiero, como son los bancos, aseguradoras, afianzadoras, arrendadoras por mencionar algunas.

En el sector de la Construcción (CON) hubo una gran caída del 76.8% entre el veintidós de diciembre de 2010 y el tres de abril de 2020, y no ha regresado al nivel que tenía en el 2010, que fue cuando se presentó el máximo nivel global. También se presentaron retrocesos menores en el dieciséis de noviembre de 2010, el diecinueve de octubre de 2010, el quince de diciembre de 2010 y el diez de diciembre de 2010, por 3.85%, 1.63%, 0.93% y 0.067% respectivamente. En la gráfica 1 se puede ver que desde 2010 tiene una tendencia descendente y aunque en 2013 tiene una recuperación, después continúa cayendo hasta el 2020. Este sector es el único que presenta un retroceso constante, que se acentúa en el 2020, probablemente se puede explicar porque la crisis de salud ocasionó que muchas empresas establecieran el teletrabajo, disminuyendo la demanda de bienes inmobiliarios y la demanda de construcciones.

En el sector Comercio (COM) se presenta un retroceso durante el periodo del veinte de enero de 2020 al tres de abril de 2020 del 36.1% y todavía no se ha recuperado al nivel que tenía en enero de ese año. Hubo otras caídas, entre el veintiocho de agosto de 2018 y el veintiocho de octubre de 2019 por 20.48%; durante el veinticinco de octubre de 2016 y el diez de abril de 2017 del 18.7%; el cinco de junio de 2018 y el trece de junio de 2012 por 14.9% y 13.9% respectivamente. También se puede observar en la gráfica 1 que desde el 2010 inicia con una tendencia alcista hasta enero de 2020 cuando alcanza su valor máximo general, después tiene una caída abrupta similar a los sectores de minoristas y distribuidores (MD) e infraestructura y transporte (IT). Estos tres sectores registraron caídas promedio de 35% en el primer semestre de 2020, muy probablemente por ralentización de la actividad económica, como resultado del confinamiento de la población para enfrentar la pandemia de salud.

El sector MEA tiene un comportamiento similar al del IPC, aunque menos pronunciado en la caída del 2020. El sector de la construcción ha tenido un retroceso sostenido desde 2010 hasta 2020 y no se ha recuperado. En contraste el MD han mantenido casi los mismos precios desde 2013 hasta el 2020. Los sectores SF, COM e IT muestran un comportamiento similar con una tendencia alcista durante casi todo el periodo y aunque caen en 2020, es una caída moderada, siendo el sector de IT quien mostró una mayor fuerza en la recuperación; probablemente por el incremento de las telecomunicaciones extendidas a las actividades económicas y educativas.

En el cuadro 2 se presentan las participaciones de los índices dentro de los portafolios óptimos que se estimaron mediante el criterio de optimización media-varianza (1 y 2) y los estimados minimizando el CdaR (3 y 4), como mínimos globales (1 y 3) y cuando se fija como meta el rendimiento promedio del IPC durante el periodo analizado (2 y 4).

Cuadro 2
Participación de los sectores en portafolios óptimos

	1	2	3	4
MD	29.98	38.27	67.59	24.87
MA	0.00	0.00	0.00	0.00
MEA	35.49	22.65	1.39	0.00
IT	23.28	6.50	13.99	34.39
SF	1.30	0.00	0.00	4.10
CON	0.40	32.58	0.00	36.55
COM	9.55	0.00	17.03	0.00
Total	100	100	100	100
$E(R_p)$	0.0272	0.0051	0.0249	0.0050
Portafolios: 1= mínima varianza global, 2 = eficiente con rendimiento meta igual al rendimiento promedio del IPC (0.0051%), 3: mínimo CDaR, 4: mínimo CdaR con rendimiento meta igual al rendimiento promedio del IPC. MD = minoristas y distribuidores, MA = minería y agricultura, MEA = manufactura, electricidad y agua, IT= infraestructura y transporte, SF = servicios financieros, CON = construcción, COM = comercio. Todas las cifras se expresan en porcentajes.				

Fuente: elaboración propia con base en nuestras estimaciones.

En el cuadro 2 también se puede ver que el portafolio 1 tiene el mayor rendimiento esperado de 0.272 y le sigue el portafolio 3 con 0.0249. En la ponderación de los índices sectoriales se observa que en el portafolio 1 tienen mayor peso en orden decreciente tres índices sectoriales: MEA, MD e IT, en el portafolio 3 los índices que tienen mayor participación ordenados por su peso son: MD, CON y MEA. Se observa que el resultado de los procesos de iteración en la optimización de los portafolios ninguno incluyó el sector de minería y agricultura; este sector es el que tiene el menor rendimiento de todos los índices sectoriales, véase cuadro 3.

Cuadro 3
Características de las distribuciones de probabilidad de los rendimientos

	MD	MA	MEA	IT	SF	CON	COM	IPC
Mínimo	-0.0715	-0.1055	-0.0639	-0.0908	-0.1001	-0.1414	-0.0873	-0.0664
Cuartil 1	-0.0050	-0.0087	-0.0047	-0.0050	-0.0052	-0.0064	-0.0046	-0.0050
Mediana	0.0004	0.0001	0.0003	0.0004	0.0004	0.0000	0.0004	0.0001
Media aritmética	0.0202%	0.0060%	0.0274%	0.0325%	0.0313%	-0.0346%	0.0347%	0.0051%
Cuartil 3	0.0057	0.0088	0.0056	0.0060	0.0066	0.0063	0.0055	0.0054
Máximo	0.0580	0.0789	0.0439	0.0629	0.0601	0.0667	0.0525	0.0474
Varianza	0.0001	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001
Desviación estándar	0.0097	0.0161	0.0095	0.0105	0.0118	0.0126	0.0099	0.0097
Sesgo	-0.3500	-0.1093	-0.3601	-0.6245	-1.0845	-0.9692	-0.7776	-0.5085
Curtosis	4.8085	2.5185	3.7219	6.5707	9.4537	9.3780	7.4284	4.5291
Normalidad (JB)	2 486.1	672.8	1 513.2	4 710.1	9 905.5	9 655.6	6 064.7	2 268.7
<i>Portafolios óptimos*</i>								
	1	2	3	4				
Mínimo	-0.0652	-0.0675	-0.0686	-0.0694				
Cuartil 1	-0.0043	-0.0047	-0.0046	-0.0044				
Mediana	0.0004	0.0002	0.0004	0.0003				
Media aritmética	0.0265%	0.0119%	0.0248%	0.0135%				
Media geométrica	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001				
Cuartil 3	0.0050	0.0051	0.0051	0.0052				
Máximo	0.0438	0.0427	0.0517	0.0483				
Varianza	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001				
Desviación estándar	0.0088	0.0090	0.0092	0.0094				
Sesgo	-0.6109	-0.5509	-0.5138	-0.7461				
Curtosis	5.7222	4.9327	5.5963	5.8589				
Normalidad (JB)	3 604.8	2 689.7	3 408.7	3 848.8				
MD = Minoristas y distribuidores, MA = minería y agricultura, MEA = manufactura, electricidad y agua, IT= infraestructura y transporte, SF = servicios financieros, CON = construcción, COM = comercio, IPC = índice de precios y cotizaciones. *Son los rendimientos que se hubieran tenido en el mismo periodo del análisis si se hubiese invertido en los índices de acuerdo con los portafolios 1 a 4 del cuadro 2.								

Fuente: elaboración propia con datos de nuestras estimaciones.

El cuadro 3 muestra las características de las distribuciones de los rendimientos de los índices sectoriales, así como de los portafolios que se hubieran tenido al invertir, durante el periodo de análisis, de acuerdo con las ponderaciones óptimas que se presentan en el cuadro 2. Casi todos los sectores registraron rendimientos mínimos más bajos que el rendimiento mínimo del IPC ($\approx -6.64\%$), siendo el sector de la construcción el que tiene la mayor caída (ligeramente superior al -14.14%). En los portafolios óptimos las caídas oscilaron entre -0.0652 y -0.0694 , casi iguales que la caída observada en la ganancia del IPC. En contraste, casi todos los sectores alcanzaron rendimientos máximos más altos que el IPC, sólo el de manufactura, electricidad y agua consiguió un valor menor que fue del 4.39% , ligeramente menor que el del IPC. Ocurre lo mismo con los portafolios óptimos 3 y 4 alcanzan valores máximos más altos que el del IPC, sólo los portafolios 1 y 2 obtienen un valor marginalmente menor que el del IPC. En el segmento de los índices sectoriales el sector comercio es el que tiene el mayor valor medio de los rendimientos del 0.0347% , en contraste el sector de la construcción registró un rendimiento medio negativo del -0.034% . En el grupo de los portafolios óptimos, el portafolio 1 es el que tiene el valor promedio más alto de los cuatro, pero es menor que el promedio del sector comercio.

En lo que se refiere a la volatilidad medida por la desviación estándar, σ , sólo el sector de manufactura, electricidad y agua (MEA) tiene menor nivel que el índice del mercado. Los cuatro portafolios óptimos tienen menor volatilidad que el nivel de desviación estándar del IPC. Todos los índices sectoriales, los portafolios óptimos y el IPC tienen una asimetría negativa; medida por el sesgo. Los sectores MD, MA y MEA tienen un sesgo menor que el IPC, los demás y los portafolios óptimos alcanza un sesgo mayor que el IPC; el índice del sector financiero es el que tiene el mayor sesgo de todos, con un valor de -1.0845 . La curtosis de los rendimientos del IPC como de casi todos los índices sectoriales y los portafolios óptimos tienen un coeficiente mayor a 3, es decir, tienen una distribución más puntiaguda y, por tanto, con colas más gruesas y pesadas en probabilidad que lo que sugeriría una distribución normal. Sólo el sector MA tiene una distribución platicúrtica, es decir menos puntiaguda y con colas menos gruesas que la normal. También puede verse en dicho cuadro que en todos los casos la prueba de Jarque Bera (Normalidad JB) rechaza, incluso al 1% , que los rendimientos sigan una distribución normal.

En el cuadro 4 se puede ver que el riesgo medido por la semi-desviación estándar es el sector de minería y agricultura (MA) con mayor valor, además se observa que casi todos los índices sectoriales tienen menor riesgo que el índice del mercado medido por el IPC. También se observa que el valor de la semi-desviación de los cuatro portafolios es menor que el del IPC.

En la volatilidad de las ganancias, medida por la desviación estándar de las ganancias, es el sector MA el que tiene mayor riesgo y casi todos los índices bursátiles son más riesgosos que el índice del mercado. En contraste los cuatro portafolios óptimos tienen menor desviación estándar de sus ganancias que el riesgo del índice de mercado, debido a que sus valores son menores que 0.0063. En la volatilidad de las pérdidas el sector de minería y agricultura tiene el riesgo más alto de 1.09%, los portafolios 1, 2 y 3 tienen menor volatilidad que el IPC.

En cuanto a la máxima caída (*drawdown*) los sectores construcción (CON) y el de minería y agricultura (MA) reportan los valores más altos, en contraste el sector de minoristas y distribuidores es el que tiene la menor caída. Los portafolios óptimos tienen caídas de menor magnitud que la caída (*drawdown*) que la registrada por el IPC de 0.3847 por ciento.

En el cuadro 5 se observa que los sectores MD, MEA, IT, SF, COM y los cuatro portafolios óptimos tienen un premio superior a la tasa libre de riesgo; medido por el índice de Sharpe, los premios para MEA y el portafolio óptimo uno son los más altos, respectivamente, 0.2731% y 0.0311%, que equivalen, respectivamente, a 30.68% y 3.49% veces el premio del índice del mercado. Se resalta que los cuatro portafolios óptimos tienen un premio superior a la tasa libre de riesgo, en contraste los sectores MA y CON tienen un premio por debajo de la tasa libre de riesgo. También se puede ver las distribuciones acumuladas de los rendimientos, medido por el índice Omega que tienen los índices sectoriales y los portafolios óptimos. Los sectores comercio (COM) e infraestructura y transporte (IT) tienen los omegas más altos. También se observa que sólo dos índices sectoriales tienen menores omegas que el IPC: minería y agricultura (MA) y comercio (COM). Por su parte, los omegas de los portafolios óptimos son más altos que el del IPC.

Cuadro 4
Medidas de riesgo de la teoría post moderna del portafolio

	MD	MA	MEA	IT	SF	CON	COM	IPC
Semidesviación	0.0070	0.0114	0.0069	0.0077	0.0089	0.0094	0.0073	0.0071
Desviación de ganancias	0.0063	0.0108	0.0063	0.0069	0.0075	0.0078	0.0064	0.0063
Desviación de pérdidas	0.0070	0.0109	0.0068	0.0080	0.0098	0.0100	0.0078	0.0073
Dowside deviation MAR	0.0069	0.0114	0.0068	0.0075	0.0088	0.0096	0.0072	0.0071
Dowside deviation Rf	0.0070	0.0114	0.0068	0.0076	0.0088	0.0096	0.0072	0.0072
Dowside deviation (0)	0.0069	0.0114	0.0068	0.0075	0.0088	0.0096	0.0072	0.0071
Máximo Drawdown	0.2922	0.6751	0.4344	0.4122	0.4560	0.7681	0.3610	0.3847
VaR histórico (95%)	-0.0142	-0.0251	-0.0155	-0.0155	-0.0163	-0.0201	-0.0144	-0.0148
ES histórico (95%)	-0.0222	-0.0362	-0.0216	-0.0244	-0.0288	-0.0316	-0.0238	-0.0233
VaR modificado (95%)	-0.0157	-0.0260	-0.0157	-0.0173	-0.0202	-0.0219	-0.0165	-0.0164
ES modificado (95%)	-0.0280	-0.0392	-0.0267	-0.0352	-0.0491	-0.0511	-0.0359	-0.0299
<i>Portafolios óptimos</i>								
	1	2	3	4				
Semidesviación	0.0065	0.0066	0.0067	0.0070				
Desviación de ganancias	0.0057	0.0058	0.0060	0.0059				
Desviación de pérdidas	0.0067	0.0068	0.0069	0.0074				
Dowside deviation MAR	0.0064	0.0066	0.0066	0.0070				
Dowside deviation Rf	0.0064	0.0066	0.0067	0.0070				
Dowside deviation (0)	0.0063	0.0065	0.0066	0.0069				
Máximo Drawdown	0.3258	0.3435	0.2861	0.3414				
VaR histórico (95%)	-0.0131	-0.0140	-0.0140	-0.0143				
ES histórico (95%)	-0.0207	-0.0213	-0.0215	-0.0228				
VaR modificado (95%)	-0.0147	-0.0151	-0.0151	-0.0161				
ES modificado (95%)	-0.0288	-0.0283	-0.0290	-0.0324				

Fuente: elaboración propia con base en nuestras estimaciones.

Según el índice de Sortino, los cuatro portafolios óptimos y casi todos los índices bursátiles tienen una ganancia excedente sobre el rendimiento esperado del IPC, considerado como el rendimiento mínimo aceptable (MAR) con base en el riesgo de caída de la inversión. Únicamente el sector construcción (CON) tiene una pérdida por -0.0413% en el escenario de riesgo de caída de la inversión. También se observa que los cuatro portafolios óptimos y casi todos los índices bursátiles tienen un rendimiento más alto en los escenarios de caídas de la inversión que cuando se calcula en términos de la desviación

estándar (índice de Sharpe). Sólo en los sectores MEA y CON se deterioran sus ganancias cuando se miden con los riesgos de caídas de la inversión índice de Sortino, en comparación con las ganancias que tienen con el índice de Sharpe.

Cuadro 5
Medidas de desempeño

	MD	MA	MEA	IT	SF	CON	COM	IPC
Índice de Sharpe	0.0073	-0.0049	0.2731	0.0178	0.0148	-0.0385	0.0212	-0.0089
Índice Omega	1.0603	1.0097	1.0813	1.0910	1.0803	0.9236	1.1049	1.0138
Índice de Sortino*	0.0228	0.0009	0.0330	0.0364	0.0299	-0.0413	0.0413	0.0000
Índice Omega-Sharpe*	0.0603	0.0097	0.0813	0.0910	0.0803	-0.0764	0.1049	0.0138
CDaR al 5%	0.0550	0.2126	0.0393	0.0807	0.0796	0.0329	0.0746	0.0752
CDaR al 1%	0.1698	0.5826	0.1557	0.2212	0.1876	0.5857	0.1898	0.2205
<i>Portafolios óptimos (véase cuadro 2)</i>								
	1	2	3	4				
Índice de Sharpe	0.0311	0.0055	0.0273	0.0053				
Índice Omega	1.0715	1.0215	1.0621	1.0259				
Índice de Sortino*	0.0338	0.0105	0.0298	0.0121				
Índice Omega-Sharpe*	0.0715	0.0215	0.0621	0.0259				
CDaR al 5%	0.0639	0.0449	0.0892	0.1218				
CDaR al 1%	0.1453	0.2093	0.1549	0.2549				

Fuente: elaboración propia con base en nuestras estimaciones.

De acuerdo con el índice Omega-Sharpe el comportamiento de los índices sectoriales y de los cuatro portafolios óptimos es igual que en el índice Omega, todos los portafolios óptimos y casi todos los sectores tienen una distribución acumulada de los rendimientos por encima del coeficiente Omega, únicamente el índice del sector de la construcción (CON) tiene un valor de -0.0764. También se presenta en el cuadro 5 la caída esperada de los índices sectoriales y los portafolios óptimos si pasan el cuantil del 95%, medida por el CDaR al 5%, en donde se observa que el sector MA tiene la mayor caída esperada del 21.26% y le sigue el portafolio óptimo 1 con 12.18%. Todos los demás índices y los otros tres portafolios óptimos tienen caídas de un dígito. En las caídas esperadas si pasan el cuantil 99%, medidas con el CDaR al 1% todos los índices y los portafolios óptimos tienen caídas esperadas de mayor magnitud, en comparación a las del CDaR al 5%. Por orden de importancia son los índices CON, MA y el portafolio 1 con 58.57%, 58.26% y 25.49% respectivamente los que tienen las mayores caídas. Al comparar las caídas de los

sectores y portafolios con los cuantiles al 95% y 99% se puede inferir que las colas de las distribuciones de los rendimientos de todos los sectores y portafolios son gruesas.

5. Conclusiones

En este artículo se muestra el análisis de los nuevos índices sectoriales que utiliza la Bolsa Mexicana de Valores a partir del tercer trimestre de 2020, comparando su riesgo y desempeño con el del IPC con base en métricas propuestas por Teoría Moderna del Portafolio y lo que ha dado en llamarse la Teoría Postmoderna del Portafolio.

La evidencia mostrada sugiere que los rendimientos no siguen una distribución normal, mostrando además sesgos y alta curtosis. Estos resultados muestran limitaciones importantes para las decisiones basadas en el supuesto de normalidad. Asimismo, justifican la consideración de medidas que tomen en cuenta las características de las distribuciones de los rendimientos, tanto para los análisis del riesgo y del desempeño de las inversiones, así como para la selección y administración de portafolios.

En nuestro análisis se corrobora que las medidas que consideran el riesgo de pérdidas del valor de la inversión como criterio relevante para la toma de decisiones, sugieren que a pesar de ser supuestamente más diversificado el portafolio del mercado, no necesariamente tiene un mejor desempeño. Estos resultados podrían sugerir la importancia de considerar la ausencia de normalidad de los rendimientos.

Una ventaja atribuible a las medidas del *dowside risk* es que podrían estar más alineadas con la forma en que las personas perciben el riesgo, pero las matemáticas para optimizar los portafolios son más complejas que el enfoque basado en el análisis de la media y varianza. Esa complejidad redundante en retos más fuertes para el desarrollo de las herramientas de cómputo para resolver los problemas de optimización. Por otra parte, la distribución de probabilidad de la mayoría de los rendimientos parece alejarse relativamente poco de una distribución normal lo que, como sugieren Van *et al.* (2014) y Stewart *et al.* (2019), podría explicar que no siempre los resultados de las medidas del *dowside risk* ni los resultados de la optimización con ese criterio, sean superiores que los obtenidos mediante el análisis de media y varianza.

Desde la perspectiva de los administradores de portafolio y riesgo los pequeños alejamientos de la normalidad podrían ser económicamente insignificantes en condiciones regulares, por pequeños que sean los alejamientos de la distribución normal, su presencia exhibe riesgos que se deben considerar, particularmente en momentos de presión en los mercados financieros. Por lo tanto,

aunque la llamada teoría postmoderna del portafolio no sea exactamente una teoría nueva que rompa con la teoría convencional, puede considerarse como una mejora al conocimiento del comportamiento de los activos financieros y, por lo tanto, puede ser de gran utilidad en el análisis del riesgo y del desempeño de las inversiones y en la selección de portafolios. Un punto importante por dilucidar desde la perspectiva práctica es la conveniencia de combinar los enfoques aquí enunciados para llevar a cabo dicho análisis.

Desde la perspectiva académica, como la dinámica de la realidad financiera lo ha mostrado, es importante continuar estudiando los nuevos métodos y técnicas disponibles en la medida en que se profundice en la solución de los problemas teóricos y prácticos que enfrenta toda la teoría del portafolios.

Referencias

- Acosta Osorio, I. L. (2018). Consistencia del ratio Omega con el criterio de dominancia estocástica de segundo orden: evaluación del desempeño de ETF. *Odeón*, 14, pp. 99-130.
- Allen, D.; M. McAleer; R. Powell and A. Singh (2015). Down-side Risk Metrics as Portfolio Diversification Strategies across the GFC. *Tinbergen Institute Discussion Paper*, TI 2015-122/III.
- Ang, J. and J. Chua (1979). Composite measures for the evaluation of investment performance. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 14 (2), pp. 361-384.
- Arias, F. and C. Patricio (2014) Análise de desempenho dos investimentos sustentáveis no mercado acionário brasileiro. *Procuccion*, 24 (2) pp. 420-434.
- Bacon, Carl R. (2008). *Practical portfolio performance measurement and attribution*, 2nd edition, Wiley Finance Series, John Wiley & Sons: Chippenham, Wiltshire.

- Barberis, N.; A. Shleifer and R. Vishny (1996). A Model of Investor Sentiment. *Journal of Financial Economics*, 49, pp. 307-343.
- Cahya, A. y R. Robiyanto (2020). Performance evaluation of exchange traded fund in the Indonesia stock exchange. *International Journal of Social Science and Business*, 4 (4), pp. 499-505.
- Canbin, Y. (2018). A strategy considering both magnitude and duration of Drawdown. *Management Science and Engineering*, 12 (1), No. 1, pp. 58-61.
- Chekhlov, A.; S. Uryasev and M. Zabarankin (2005). Drawdown measure in portfolio optimization. *International Journal of Theoretical and Applied Finance*, 8 (1), pp. 13-53.
- Gallopo, Giuseppe (2010). A comparison of pre and post modern portfolio theory using resampling. *Global*, vol. 4, No. 1, 1-16.
- Geambusu, C.; R. Sova; I. Jianu and L. Geambusu (2018). *Risk measurement in post-modern portfolio Theory: differences from modern portfolio Theory*. https://www.researchgate.net/publication/286072010_Risk_measurement_in_post-modern_portfolio_theory_Differences_from_modern_portfolio_theory.
- Gutiérrez, J. y T. Nanda (2009) Uso da medida omega na composição otimizada de uma Carteira de ativos. Conference: SBPO 2009. https://www.researchgate.net/publication/342787172_Uso_da_Medida_Omega_na_Composicao_Otimizada_de_uma_Carteira_de_Ativos.
- Hogan, W. and J. Warren (1972). Computation of the efficient boundary in the E-S portfolio selection model. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 7 (4), pp. 1881-1896.
- Kahneman, D. and A. Tversky (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, 47 (2), pp. 263-292.
- Kazemi, H.; T. Schneeweis and B. Gupta (2004). Omega as a performance measure. *Journal of Performance Measurement*, 8 (3), 16-25.
- Keating, C. and W. Shadwick (2002). A universal performance measure. *Journal of Performance Measurement*, 6 (3), 59-84
- Kolbadi, P. and H. Ahmadiania (2011). Examining Sharp, Sortino and Sterling Ratios in Portfolio Management, Evidence from Tehran Stock Exchange. *International Journal of Business and Management*, 6 (4), pp. 222-236.
- Klemkosky, R. (1973). The bias in composite performance measures. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 8 (3), pp. 505-514.
- Lorenzo, A. (2016). Exceso de confianza como determinante de la volatilidad en mercados accionarios latinoamericanos. *Contaduría y Administración*, 61, pp. 324-333.
- Mao, J. (1970). Models of capital budgeting, E-V Vs. E-S. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 5 (5), pp. 657-676.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *Journal of Finance*, 7 (1), pp. 77-91.
- ____ (1959). *Portfolio selection: efficient diversification of investment*. John Wiley & Sons, New York.

- Méndez, R. y H., Rocha (2019) Análisis de los fondos de pensiones en Chile: periodo 2011-2018. *Multidisciplinary Business Review*, 12 (1), pp. 39-46.
- Ming-Feng, T. and W. Chuan-Ju (2012). Post-Modern Portfolio Theory for Information Retrieval. *Procedia Computer Science*, 13, pp. 80-85.
- Morales, J. y F. López-Herrera (2020). Los nuevos índices sectoriales de la Bolsa Mexicana de Valores y la diversificación sectorial. *Revista de Investigación en Ciencias Contables y Administrativas*, 6 (1), pp. 130-154.
- Nawrocki, D. (1999) A brief history of downside risk measures. *The Journal on Investing*, 8 (3), pp. 9-25. DOI: <https://doi.org/10.3905/joi.1999.319365>.
- Omisore, I.; M. Yusuf and N. Christopher (2012). The modern portfolio theory as an investment decision tool. *Journal of Accounting and Taxation*, 4 (2), pp. 19-28.
- Quirk, J. and R. Saposnik (1962). Admissibility and measurable utility functions. *Review of Economic Studies*, 92 (2), pp. 140-146.
- Reveis, C. and C. León (2008). Efficient Portfolio Optimization in the Wealth Creation and Maximum Drawdown Space. *Borradores de Economía*, 520, pp. 1-21.
- Robiyanto, R. (2018). Performance Evaluation of Stock Price Indexes in the Indonesia Stock Exchange. *International Research Journal of Business studies*, 10 (3), pp. 173-182.
- Roy, D. (1952). Safety first and the holding of assets. *Econometrica*, 20 (3), pp. 431-449.
- Sharpe, W. (1966). Mutual Fund Performance. *Journal of Business*, pp. 119-138.
- ___ (1994). The Sharpe ratio. *Journal of Portfolio Management*, 21, pp. 49-58.
- Sortino, Frank A. y Price, Lee N. (1994) Performance measurement in a downside risk framework, *Journal of Investing*, 3 (3), pp. 59-54. DOI: <https://doi.org/10.3905/joi.3.3.59>.
- Sortino, Frank A. y Van der Meer, Robert (1991). Downside risk. *The Journal of Portfolio Management*, 17 (4), 27-31. DOI: <https://doi.org/10.3905/jpm.1991.409343>.
- Sortino, Frank, Robert van der Meer, and Auke Plantinga (1999). The Dutch Triangle: A Framework to Measure Upside Potential relative to Downside Risk. *Journal of Portfolio Management*, 26 (1), pp. 50-58.
- Stewart, Scott D.; Piros, Christopher D. y Heisler, Jeffrey C. (2019). *Portfolio management: Theory and practice*, 2^a edition.
- Van, F.; G. Van and A. Heymans (2014). Hedge fund performance evaluation using the Sharpe and Omega ratios. *International Business & Economics Research Journal*, 13 (3), pp. 485-512.
- Zhu, J.; J. Wang; I. Taylor y I. Cox (2009) Risk-aware information retrieval, *Advances in Information Retrieval*, 17-28.

Anexo 1.

Empresas incluidas en los sectores económicos de la Bolsa Mexicana de Valores.

Casas comerciales al por menor y distribuidores		Industria manufacturera, electricidad, gas y agua	
1	Alfa SA A	26	Infraestructura Energética Nova S.A.B. de C.V.
2	El Puerto de Liverpool SAB de CV	27	ORBIA ADVANCE CORPORATION SAB de CV
3	Fomento Económico Mexicano S.A.B. de C.V.	28	Promotora y Operadora de Infraestructura SAB de CV
4	Genomma Lab Internacional SA de CV		Minería y Agricultura
5	Gruma SAB B	29	Bio-Pappel S.A.B. de C.V.
6	Grupo Bimbo S.A.B.	30	Compañía Minera Autlán B
7	Grupo Carso SAB de CV	31	Grupo México SAB de CV B
8	Grupo Comercial Chedraui SA de CV	32	Grupo Simec B
9	Grupo Elektra S.A.B. de C.V.	33	Industrias CH B
10	Grupo Herdez SA	34	Industrias Penoles
11	Grupo Industrial Saltillo S.A.B. de C.V.	35	Minera Frisco SAB de CV
12	Grupo Lala S.A.B. de C.V.		Servicios financieros
13	La Comer S.A.B. de C.V. UBC	36	Banco del Bajío, S.A.
14	Organización Soriana B	37	Banco Santander México B
15	Walmart de México SAB de CV	38	Bolsa Mexicana de Valores SA de CV
	Construcción	39	Crédito Real S.A.B. de C.V.
16	ALEATICA, S.A.B. de C.V.	40	Gentera SAB de CV
17	Cemex SA CPO	41	Grupo Financiero Banorte O
18	Consortio ARA SAB de CV	42	Grupo Financiero Inbursa O
19	Corporación Inmobiliaria Vesta, S.A.B. de C.V.	43	Qualitas Controladora S.A.B de C.V.
20	GMexico Transportes S.A.B. de C.V.	44	Regional, S.A. de C.V.
21	Grupo Cementos de Chihuahua SAB de CV	45	Unifin Financiera S.A.B. de C.V. SOFOM E.N.R.
22	Grupo Gicsa S.A. de C.V.	46	Alfa SA A
23	Grupo México SAB de CV B	47	Alpek S.A.B. de C.V.
24	Grupo Simec B	48	Arca Continental, SAB de CV
25	Industrias CH B	49	Becle, S.A. de C.V.

Conclusión. Anexo 1.

Casas comerciales al por menor y distribuidores		Industria manufacturera, electricidad, gas y agua	
50	Cemex SA CPO	72	Grupo Aeroportuario del Centro Norte, S.A.B. de C.V.
51	Coca-Cola Femsa SAB de CV UBL	73	Grupo Aeroportuario del Pacífico, S.A.B. de C.V.
52	Fomento Económico Mexicano S.A.B. de C.V.	74	Grupo Aeroportuario del Sureste SAB de CV B
53	Gruma SAB B	75	Grupo Traxion SAB de CV
54	Grupo Bimbo S.A.B.	76	Promotora y Operadora de Infraestructura SAB de CV
55	Grupo Carso SAB de CV	77	Telesites S.A.B. de C.V.
56	Grupo Cementos de Chihuahua SAB de CV		Comercio y prestación de servicios
57	Grupo Herdez SA	78	Alsea SA
58	Grupo Industrial Saltillo S.A.B. de C.V.	79	América Móvil SAB de CV L
59	Grupo Lala S.A.B. de C.V.	80	Axtel SA de CV CPO
60	Grupo Rotoplas S.A.B. de C.V.	81	Controladora Vuela Compañía de Aviación S.A.B. de C.V.
61	Grupo Simec B	82	El Puerto de Liverpool SAB de CV
62	Industrias Bachoco SAB de CV	83	Grupo Aeroportuario del Centro Norte, S.A.B. de C.V.
63	Industrias CH B	84	Grupo Aeroportuario del Pacífico, S.A.B. de C.V.
64	Infraestructura Energética Nova S.A.B. de C.V.	85	Grupo Aeroportuario del Sureste SAB de CV B
65	Kimberly Clark de México S.A.B. de C.V. A	86	Grupo Comercial Chedraui SA de CV
66	Nemak S.A.B. de C.V.	87	Grupo Elektra S.A.B. de C.V.
	Infraestructura y transporte	88	Grupo Hotelero Santa Fe S.A.B de C.V.
67	ALEATICA, S.A.B. de C.V.	89	Grupo Traxion SAB de CV
68	América Móvil SAB de CV L	90	Hoteles City Express S.A. de C.V.
69	Axtel SA de CV CPO	91	La Comer S.A.B. de C.V. UBC
70	Controladora Vuela Compañía de Aviación S.A.B. de C.V.	92	Organización Soriana B
71	GMéxico Transportes S.A.B. de C.V.	93	Walmart de México SAB de CV

Fuente: Bolsa Mexicana de Valores.

