

## La administración de los fondos de pensiones durante la etapa de acumulación con un enfoque de valores extremos

Felipe Abelardo Pérez Sosa, Denise Gómez Hernández  
Universidad Autónoma de Querétaro

### Resumen

El objetivo del presente trabajo es proponer un método de selección de activos con el que los administradores de fondos para el retiro puedan mejorar la relación riesgo-rendimiento de sus portafolios de inversión, con el objeto de brindar mayores beneficios a los pensionados en México. Para ello, la hipótesis que se pretende comprobar es que utilizando una técnica de optimización de portafolios basada en el criterio de valores extremos es posible mejorar la relación riesgo-rendimiento de dichas carteras;

para lo cual, se evaluó el comportamiento proyectado de los fondos de pensiones, considerando distintos escenarios y tomando como base el caso de México. De esta manera, se encontró que usando el criterio de valores extremos es posible reducir el riesgo de los fondos para el retiro en México, sin afectar el monto esperado de los fondos. Esto es, que con la asignación de activos propuesta se logró diseñar portafolios de inversión óptimos.

**Palabras clave:** Pensiones, decisiones de inversión, optimización de portafolios.

**JEL:** H55, G11.

### The administration of pension funds during the accumulation stage approach with extreme values

#### Abstract

The aim of this work is to propose an investment choice method, with which the pension funds managers would improve the risk-return relation of their portfolios, with the purpose to achieve better benefits to the Mexican pensioners. To this end, the research hypothesis of this work is that, using optimization techniques based on the tail mean-variance criterion is possible to improve the risk-return relation of the investment portfolios. In order to test this hypothesis, we

evaluated the projected behavior of several pension funds, considering different scenarios and taking as a basis the Mexican context. As a result, we found that using the tail mean-variance criterion is possible to reduce the risk exposure of the Mexican pension funds, without affecting the expected return of the funds. That is, that with the proposed asset allocation we could design optimal investment portfolios.

**Keywords:** Pensions, investment choices, portfolios optimization.

## 1. Introducción

Booth et al. (2005) definen a los planes de pensiones como un “contrato entre un proveedor de pensiones y los miembros del plan, con el propósito de proporcionar un ingreso en el retiro de los miembros” (p. 559). Para lograr este objetivo se han generado diversos esquemas de pensiones, cada uno con sus propias características, siendo los planes de contribuciones definidas (CD) los que actualmente prevalecen en los principales sistemas de seguridad en México, con un alcance de alrededor del 91% de la población derechohabiente en el país (Murillo y Venegas, 2011).

Los planes CD son en los que existe una fórmula establecida para calcular las contribuciones que los trabajadores pagarán al plan. Estas contribuciones se depositan en una cuenta individual, y el monto que se acumule en dicha cuenta más los rendimientos que generen, es el recurso del que dispondrá el trabajador para su retiro. A esta forma de operación se le conoce como el principio del valor del dinero (Booth et al., 2005).

Los esquemas CD son la forma más simple de constituir un fondo de pensiones, además de que tienen la ventaja de ser fácilmente transferibles, en caso de movilidad laboral; asimismo, aseguran que los recursos de cada miembro no serán utilizados para financiar las pensiones de otros, aunque tienen la desventaja de no brindar certeza en cuanto al monto de los beneficios que recibirán los pensionados (Blake, 2006).

Con el inicio del nuevo sistema de pensiones mexicano en 1997, se permitió la participación del sector financiero privado en el Sistema de Ahorro para el Retiro (SAR), con lo cual, a partir de entonces las instituciones encargadas de administrar las cuentas individuales para el retiro de los trabajadores en México son las Administradoras de Fondos para el Retiro (AFORE) (Gómez y Kato, 2009).

Estas AFORE invierten los recursos que reciben en Sociedades de Inversión Especializadas en Fondos para el Retiro (SIEFORE), siendo estas sociedades las únicas instituciones financieras autorizadas para invertir el ahorro para el retiro en México. Según IOPS, en 2010 existían 15 AFORES en México, las cuales a septiembre de 2012 tenían acumulado activos valuados en \$1,852 mil millones de pesos mexicanos, equivalentes a casi \$142 mil millones de dólares americanos conforme al tipo de cambio vigente en ese entonces (CONSAR y Banco de México, 2012).

Actualmente, cada AFORE puede administrar hasta cuatro SIEFOREs básicas, cada una orientada a atender trabajadores en distintas etapas de vida. De manera que tienen el propósito de conformar portafolios de inversión acordes con el perfil de riesgo del grupo poblacional a los que están dirigidas, siguiendo las estrategias de inversión de cada administradora y acotadas legalmente por los límites que marca la Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (CONSAR) en sus regímenes de inversión.

En este contexto, resulta fundamental tener presente que el principal objetivo de los administradores de los planes de pensiones debe ser el proporcionar beneficios adecuados a los trabajadores retirados, al mismo tiempo que se mantenga la viabilidad del sistema para las futuras generaciones (OECD, 2011). Este principio rector del SAR se encuentra alineado con la teoría clásica de portafolios, ya que ambos tienen como objeto la maximización de rendimientos dado un nivel aceptable de riesgo.

Sin embargo, uno de los principales desafíos del SAR que las pensiones otorgadas permitan disfrutar de un retiro digno a los trabajadores afiliados, ya que según datos de OECD (2011), se estima que en promedio recibirán una pensión equivalente al 30.9% del último salario recibido en activo. Por esta razón, el objetivo del presente trabajo es proponer un método de selección de activos basado con el que los administradores de

La administración de los fondos de pensiones durante la etapa de acumulación con un enfoque de valores extremos

fondos para el retiro puedan mejorar la relación riesgo-rendimiento de sus portafolios de inversión, con el objeto de brindar mayores beneficios a los pensionados en México.

Para ello, la hipótesis que se pretende comprobar es que utilizando una técnica de optimización de portafolios basada en el criterio de valores extremos es posible mejorar la relación riesgo-rendimiento de dichas carteras, lo cual se evaluará proyectando el comportamiento de los fondos de pensiones considerando distintos escenarios y tomando como base el caso de México.

De esta manera, la estructura de este trabajo es como sigue: en la sección 2 se explican los conceptos generales sobre la administración de los fondos de pensiones CD; en la sección 3 se hace una revisión teórica acerca de las estrategias de inversión durante la etapa de acumulación, incluyendo aspectos como el diseño de portafolios de inversión y la administración de riesgos en los planes CD. En la sección 4 se describe la metodología empleada para comprobar la hipótesis de investigación y los resultados obtenidos se presentan en la sección 5. Finalmente, en la sección 6 se exponen las conclusiones derivadas del desarrollo del trabajo.

## **2. Marco Teórico**

### **2.1. La administración de los fondos de Contribuciones Definidas**

La operación de los fondos de pensiones CD puede entenderse como un flujo que inicia con la aportación de las contribuciones, continúan con la administración de los recursos aportados y finaliza con el otorgamiento de beneficios al miembro del plan. Este flujo puede dividirse en dos etapas, que se clasifican en: etapa de *acumulación*, que es cuando se realizan contribuciones al plan y se relaciona con la etapa de actividad laboral; y la de *desacumulación*, que es cuando el trabajador o sus beneficiarios reciben la pensión (Solís, 2006).

En la etapa de acumulación de los planes de contribución definida es importante especificar el monto y frecuencia de las contribuciones al plan (Booth et al., 2005). En el caso particular de México, la etapa de acumulación de un fondo de pensiones de Contribuciones Definidas puede explicarse con la Ecuación (1) (Gómez-Hernández y Pérez-Sosa, 2014).

$$f_t = f_{t-1}(1 + i_t)(1 - e) + C_t \quad (1)$$

Donde:

$f_t$  = Valor del fondo al momento t

$i_t$  = Rendimiento real de las inversiones del fondo durante el periodo t

$e$  = Comisiones sobre saldo total del fondo

$C_t$  = Contribuciones aportadas durante el periodo t

Es importante notar que para un correcto análisis, los valores usados para proyectar el desempeño de un fondo de pensiones deben estar expresados en términos reales, ya que los valores nominales pueden dar una impresión errónea sobre el monto de los beneficios esperados, los cuales seguramente no corresponden al poder adquisitivo actual (Booth et al., 2005). Al respecto, Han y Hung (2012) sostienen que como los planes de pensiones tienen un horizonte de largo plazo, son especialmente susceptibles a los efectos de la inflación, así como a enfrentar riesgos derivados de los cambios en las tasas de interés.

En el Sistema de Ahorro para el Retiro en México, las contribuciones corresponden a un porcentaje salarial fijo aportado por el patrón, el trabajador y el gobierno, que

La administración de los fondos de pensiones durante la etapa de acumulación con un enfoque de valores extremos

asciende al 6.5% del salario de cotización; más una cuota social aportada por el gobierno a las cuentas de los trabajadores con menores sueldos. Dichas contribuciones se depositan en la cuenta individual del trabajador, la cual es administrada por la AFORE de su elección durante la etapa de acumulación.

Las AFORES operan las sociedades de inversión especializadas para el retiro (SIEFORES), las cuales son las responsables de la inversión de los recursos de las cuentas individuales de los trabajadores. Las AFORES tienen el mandato legal de efectuar todas las gestiones necesarias para obtener una adecuada rentabilidad y seguridad en las inversiones, en cumplimiento de los intereses de los trabajadores.

Con la finalidad de adecuar el horizonte de inversión de las inversiones para el retiro, en 2008 se estableció que cada AFORE pudiera operar 5 diferentes SIEFORES, cada una con su propia estrategia de inversión y nivel de riesgo, de manera que se inviertan los ahorros de los trabajadores de acuerdo a su edad, guardando una relación apropiada entre el rendimiento y la seguridad de las inversiones (CONSAR, 2012). Esta iniciativa se modificó en 2012, al reducir el número de SIEFORES a 4, con la finalidad de que el Sistema de Ahorro para el Retiro se mantuviera acorde al contexto laboral mexicano (Tabla 1).

**Tabla 1. SIEFORES básicas**

SIEFORE básica	Edad de trabajadores
1	60 o más
2	Entre 46 y 59
3	Entre 37 y 45
4	36 o menos

Fuente: CONSAR (2012).

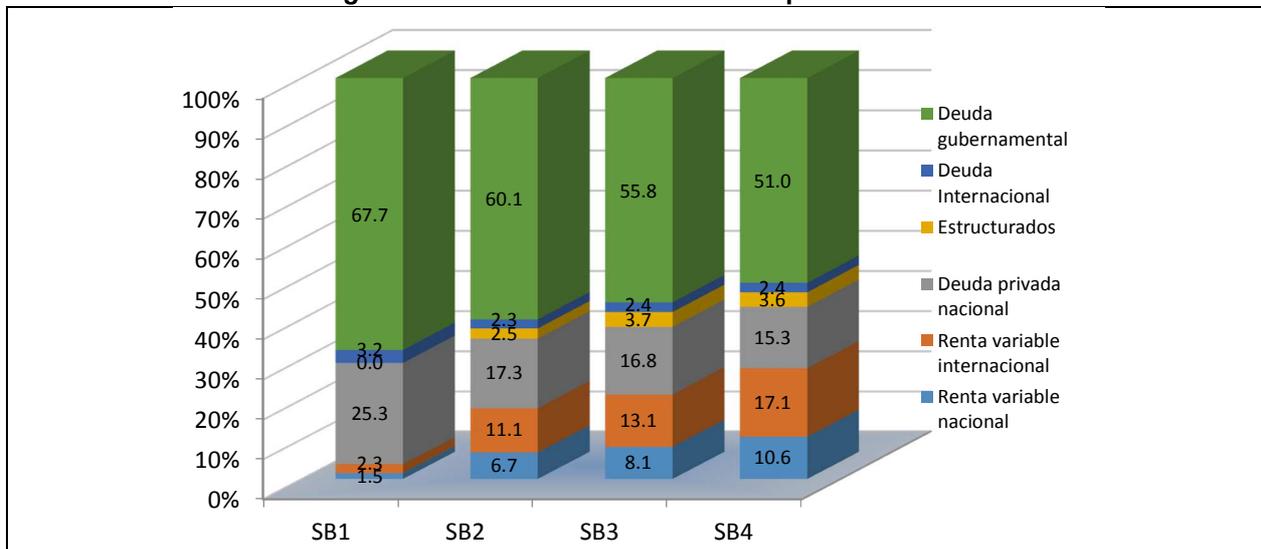
Las SIEFORES conforman sus carteras con fundamento en distintos supuestos de la *teoría de portafolios*, la cual postula que los recursos administrados se deben invertir en una combinación de activos con la que se maximice el rendimiento esperado o se

disminuya su riesgo. Un portafolio de inversión es la combinación de distintos activos de inversión, con el objeto de maximizar el rendimiento esperado o disminuir el riesgo de la cartera en su conjunto. El pionero en el estudio de este tema fue Harry Markowitz, quien en 1952 propuso la teoría de portafolios (Lima, 2004). Según Markowitz (1952), “el portafolio con un mayor rendimiento esperado no necesariamente es el de la mínima varianza” (p. 79). De tal forma, la optimización de un portafolio de inversión pudo entenderse como:

- Maximizar su rendimiento esperado, aceptando un determinado nivel de riesgo.
- Minimizar su riesgo, asumiendo un determinado rendimiento esperado.

En la Figura 1 se muestran los portafolios de inversión típicos del Sistema de Ahorro para el Retiro en México.

**Figura 1. Distribución de inversiones por SIEFORE**



Fuente: Elaboración propia con base en CONSAR (2012).

Puerta y Laniado (2010) afirman que las diferentes estrategias de inversión han propiciado el surgimiento de una serie de modelos que buscan determinar la mejor combinación posible de títulos, con el fin de garantizar la elección adecuada de los

La administración de los fondos de pensiones durante la etapa de acumulación con un enfoque de valores extremos

portafolios de inversión. Con ellos, se pretende que las carteras elegidas pertenezcan a una frontera eficiente conformada por el conjunto de portafolios óptimos, con base en la relación entre el rendimiento esperado y el riesgo.

La evolución que tuvo la teoría de portafolios a través de los años originó el desarrollo de diversas técnicas y herramientas con las cuales es posible lograr de manera más precisa y eficiente los objetivos de la optimización. Una de ellas es el *criterio de valores extremos* el cual consiste en enfocarse en la posibilidad de la existencia de pérdidas poco usuales, pero de gran magnitud (Owadally y Landsman, 2013).

En el campo específico de las pensiones, la teoría de portafolios contribuyó con la llamada *estrategia de estilo de vida*, la cual fue el criterio bajo el cual se ha regido el régimen de inversión que se aplica actualmente en el sistema de ahorro para el retiro en México y en otros países que cuentan con un sistema de capitalización individual. Esta estrategia de inversión consistió en enfocarse en la maximización de rendimientos cuando el inversionista es joven, para lo cual es necesario asumir ciertos riesgos; y gradualmente reducir el riesgo asumido conforme aquel envejece, con el costo de aceptar menores rendimientos esperados (Vigna y Haberman, 2001), lo cual puede apreciarse en el criterio para distinguir las SIEFORES.

La mayoría de los planes de pensiones que siguieron esta estrategia, como el sistema de ahorro para el retiro mexicano, la han implementado de forma *determinística*; esto significó que los criterios de edad para modificar la ponderación de activos que influyen en la relación riesgo-rendimiento de los portafolios, al igual que otros parámetros para su diseño, fueran fijos y establecidos con antelación. Sin embargo, Han y Hung (2012) sostuvieron que como los planes de pensiones tienen un horizonte de inversión de varias décadas, resultó irreal suponer que las condiciones bajo las cuales se diseñaron las estrategias de inversión se mantienen sin cambios

durante el tiempo de vigencia del plan, por lo que establecer una asignación de activos sobre una base determinística fue inadecuado.

Asimismo, Cairns, Blake y Dowd (2006) postularon que no existe evidencia objetiva que demuestre que seguir estrategias de estilo de vida determinísticas sea lo óptimo. De tal forma, Cairns, et al., (2006) sostuvieron que la asignación óptima de activos en un portafolio de inversión debió estimarse desde una perspectiva probabilística que considere la posible evolución salarial de los trabajadores, así como las propiedades de los activos susceptibles de formar parte del fondo. A esta postura la llamaron *estrategia de estilo de vida estocástica*.

Un elemento que no debe pasarse por alto en la administración de los fondos para el retiro, es el efecto que tienen las comisiones en el monto acumulado. Naturalmente, las comisiones cobradas juegan un rol fundamental en este aspecto, ya que representan una disminución en el saldo administrado. Este efecto negativo puede apreciarse claramente en la Ecuación (5), en donde se muestra que al monto acumulado  $f_{t-1}$  se le descuenta el porcentaje de comisión correspondiente  $(1 - e)$ . De manera que existe una relación inversa entre ambas variables, en la que a mayores comisiones, menor es el valor del fondo.

## **2.2. Estrategias de inversión durante la etapa de acumulación**

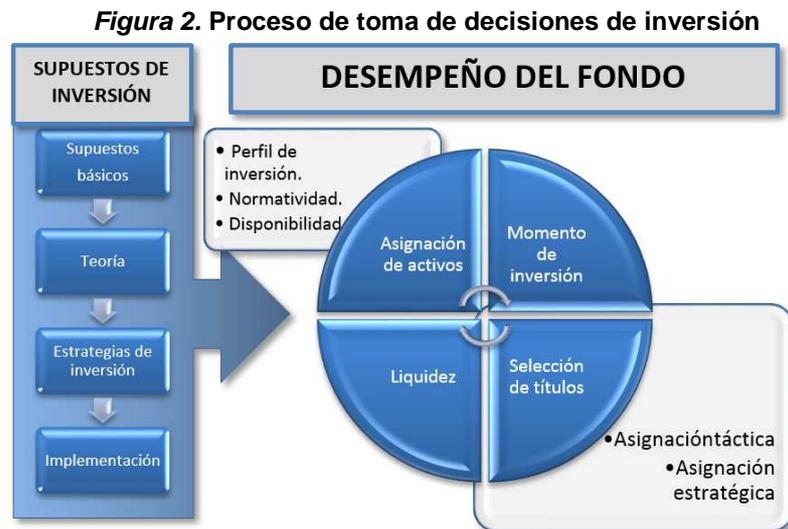
Koedijk, Slager y Bauer (2010) señalan que como la ciencia financiera es una ciencia social, no se rige por leyes universales. De tal manera, el proceso de invertir se cimenta en la comprensión del funcionamiento de los mercados financieros y en la observación de la conducta de los demás participantes. Como consecuencia, no es posible asegurar el desempeño futuro de los activos de inversión, sino únicamente estimarlos con base en supuestos de inversión, los cuales en ocasiones pueden ser implícitos.

La administración de los fondos de pensiones durante la etapa de acumulación con un enfoque de valores extremos

Arvizu (2006) sostiene que el primer paso para implementar estos supuestos consiste en determinar los activos que pueden ser susceptibles a formar parte del portafolio, lo cual se establece con base en el perfil de inversión del fondo, las restricciones normativas y la información disponible en el mercado. En México, este paso lo establece CONSAR mediante la publicación de los regímenes de inversión autorizados para las SIEFORES. El segundo paso se refiere a la selección específica de los activos por parte de los administradores, quienes toman sus decisiones conforme a sus políticas de inversión, las cuales en términos generales pueden apegarse a la *asignación táctica* o a la *asignación estratégica* de activos.

Andonov, Bauer y Cremens (2012) postulan que el desempeño de cualquier fondo depende de la asignación de activos, el momento de inversión, la selección de los títulos específicos y los requerimientos de liquidez. Esto implica que un aspecto crítico para lograr este fin es el pronóstico de sus rendimientos esperados, así como de sus desviaciones estándar, con la finalidad de conformar portafolios de inversión óptimos.

Al respecto, Han y Hung (2012) sostienen que como los planes de pensiones tienen un horizonte de inversión de varias décadas, resulta irreal suponer que los rendimientos se mantendrán sin cambios durante todo el periodo de acumulación, de manera que el establecer una asignación de activos sobre una base determinística es inadecuado. Por ello, proponen que tanto los rendimientos, como la inflación, se modelen estocásticamente para estimar la asignación de activos que maximice la utilidad del miembro del plan. En la Figura 2 se describe el proceso de toma de decisiones de inversión previamente expuesto.



Fuente: Elaboración propia con base en Arvizu (2006), Koedijk et al. (2010) y Andonov, et al. (2012).

Para Arvizu (2006) la inversión en los fondos es decisiva en la viabilidad financiera de cualquier plan de pensiones, por lo que esto es un tema trascendental tanto para los administradores, como para los clientes y las autoridades del sistema. No obstante, hay que dar una justa medida a la administración de las inversiones, ya que un énfasis desmedido puede originar que se ignoren otros aspectos relevantes, como el tiempo y frecuencia de cotización, o el monto del ahorro, que pueden tener un impacto aún mayor que los propios rendimientos para incrementar el monto acumulado del fondo (Munnell, Orlova y Webb, 2012).

### **2.2.1. Diseño de portafolios de inversión en los planes de Contribuciones Definidas**

Al elegir los activos que conforman un portafolio de inversión, se debe tener presente el objeto de maximizar el rendimiento esperado o disminuir el riesgo del mismo; de manera que la optimización de un portafolio de inversión consiste en maximizar su rendimiento esperado considerando un nivel de riesgo aceptable o minimizar su riesgo considerando un rendimiento esperado determinado. De esta forma, se pretende que la combinación de los activos elegidos pertenezcan a una frontera eficiente conformada

La administración de los fondos de pensiones durante la etapa de acumulación con un enfoque de valores extremos

por el conjunto de portafolios óptimos, con base en la relación entre el rendimiento esperado y el riesgo (Lima, 2004; Puerta y Laniado, 2010).

Si bien es cierto que en México la determinación de los activos susceptibles a formar parte de las SIEFORES se encuentra delimitada por los regímenes de inversión autorizados CONSAR, es pertinente recordar que esta asignación tiene la finalidad de propiciar que los portafolios conformados por las SIEFORES sean óptimos conforme a los postulados de la teoría de portafolios. Asimismo, hay que señalar que las SIEFORES son responsables de la selección específica de los títulos que incorporan a sus portafolios y que esta selección debe ser coherente con los criterios establecidos por la autoridad.

Puerta y Laniado (2010) sostienen para diseñar un portafolio de inversión óptimo se debe tener presente la clase de activos que son susceptibles a formar parte de él, el nivel de riesgo aceptable, la selección de títulos y sus respectivas ponderaciones. Además de elementos como el riesgo de mercado, la liquidez de los activos y el entorno económico. Ross, Westerfield y Jaffe (2000), consideran que también es importante tomar en cuenta la relación entre el rendimiento esperado de los activos individuales con el rendimiento esperado del portafolio integrado por dichos activos, así como la relación entre las desviaciones estándar de los activos individuales, las correlaciones entre ellos y la desviación estándar del portafolio integrado por dichos activos.

El desarrollo de los modelos sobre los que se basan las estrategias de inversión en los planes de pensiones de contribución definida han tenido dos vertientes teóricas: una enfocada en el control estocástico y otra sustentada en el método de los multiplicadores lagrangeanos. Aunque, independientemente de la postura asumida, la mayoría de los estudios sobre el tema parten del supuesto de que los precios de los activos riesgosos siguen la dinámica de un movimiento browniano geométrico, lo que implica que la volatilidad del activo es constante e independiente de la dinámica del mercado (Gao, 2013).

### **2.2.2. Administración de riesgos en los planes de Contribuciones Definidas**

La administración de riesgos financieros es un tema central en la asignación de activos de inversión, al igual que en cualquier operación financiera que implique algún grado de incertidumbre (Benavides, 2007; Lima, 2004). Saunders (2000), en Lima (2004), señala que la administración de riesgos en los mercados financieros tiene las finalidades de informar a los equipos directivos acerca de posibles contingencias, establecer límites aceptables de exposición, servir de parámetro para la optimización de portafolios, así como para la evaluación del desempeño de los operadores y administradores de fondos, y como indicador para los reguladores en sus actividades de supervisión.

Los riesgos a los que se encuentran expuestas las instituciones financieras en México están regulados en las *Disposiciones de carácter general aplicables a las instituciones de crédito*, también llamada *Circular Única de Bancos* o *CUB*, emitida por la CNBV. En el artículo 66 de dicho ordenamiento se clasifica a los riesgos financieros de forma amplia en *riesgos cuantificables* y *riesgos no cuantificables*. Se consideran riesgos cuantificables a aquellos para los que es posible generar información estadística que permita medirlos; mientras que se consideran riesgos no cuantificables a aquellos derivados de imprevistos, por lo que resulta imposible llevar algún registro estadístico de su incidencia.

Adicionalmente, en los planes de pensiones debe considerarse que la naturaleza de los riesgos que se presentan durante la etapa de acumulación es distinta a la de los riesgos de la etapa de desacumulación, ya que estos últimos están relacionados con el riesgo que incorporan las anualidades contratadas para el trabajador y sus beneficiarios (Gao, 2013). Es importante tener presente que en los planes de contribución definida, el

La administración de los fondos de pensiones durante la etapa de acumulación con un enfoque de valores extremos

trabajador es quien asume el riesgo en ambas etapas (Blake, Cairns y Dowd, 2001; Gao, 2013).

Desde la publicación de la obra de Markowitz, la principal medida del riesgo cuantificable de los activos financieros ha sido la varianza o desviación estándar de su distribución de pérdidas y ganancias. Sin embargo, en la década de 1990 las crisis financieras evidenciaron la necesidad de contar con otros parámetros de riesgo (Banco de México, 2005). En ese contexto, la firma JP Morgan introdujo el concepto de *Valor en Riesgo (VaR)*, el cual consiste en cuantificar el monto de la pérdida que un activo o portafolio puede presentar en un periodo determinado, asumiendo un nivel de significancia estadística (Jorion, 1996; Johnson, 2001; Odening y Hinrichs, 2003; Benavides, 2007; Harmantzis, et al., 2006; Huang y Tseng, 2009).

Existen varios métodos para calcular el VaR, pero los más populares son el enfoque histórico y el paramétrico. El primero consiste en analizar los posibles valores futuros de un activo o portafolio, asumiendo que los datos históricos se repetirán en un futuro. Una vez realizadas las simulaciones necesarias, se identifica el dato correspondiente al percentil del nivel de significancia con el que se desea trabajar, el cual representa el VaR de dicho activo o portafolio (Odening y Hinrichs, 2003; Banco de México, 2005; Bao, et al., 2006; Huang y Tseng, 2009). Por su parte, el método paramétrico es un enfoque simple e intuitivo basado en la hipótesis de normalidad estadística (Banco de México, 2005; Bao, et al., 2006; Lamothe y Vásquez, 2012).

### **3. Metodología**

Con el propósito de comprobar la hipótesis de investigación que sustenta este trabajo, que es que utilizando una técnica de optimización de portafolios basada en el criterio de valores extremos es posible mejorar la relación riesgo-rendimiento de dichas carteras; se evaluará el comportamiento de los fondos de pensiones proyectados, considerando distintos escenarios y tomando como base el caso de México.

Para ello, el enfoque utilizado se fundamenta en una metodología cuantitativa, consistente en la aplicación de modelos estadísticos y financieros con un enfoque estocástico, la cual parte de identificar un modelo de acumulación con el que se simule el comportamiento de un fondo de pensiones típico del sistema de ahorro para el retiro en México. Para este fin, se utiliza como base la ecuación (1), de donde se identifica que el rendimiento del fondo es una variable estocástica que depende de los rendimientos individuales de los activos que componen el portafolio y de su ponderación en el mismo. Esto es, que el rendimiento para cada periodo  $t$  se determina como se muestra en la fórmula (2):

$$\mu_t = [w_{i,t} \quad \cdots \quad w_{j,t}] \begin{bmatrix} rv_{i,t} \\ \vdots \\ rv_{j,t} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Donde:

$w_{i,t}$  = Proporción del portafolio invertida en el activo  $i$  durante el periodo  $t$

$rv_{i,t}$  = Valor aleatorio del rendimiento del activo  $i$  para el periodo  $t$

Para determinar  $w_{i,t}$ , primeramente es necesario reconocer que los activos en los que tradicionalmente han invertido los fondos para el retiro en México pueden clasificarse en cuatro grandes categorías: Renta variable mexicana, deuda mexicana, renta variable internacional y deuda internacional. De forma que se seleccionaron los siguientes índices para representar a las categorías mencionadas: Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores (IPC-BMV), los Certificados de la Tesorería a 28 días (CETES 28), el índice Standard & Poors 500 (S&P 500) y los Treasury Bills a tres meses (T-Bills), respectivamente. Para este fin, se obtuvieron datos correspondientes al periodo comprendido entre enero de 1993 y diciembre de 2012, por

La administración de los fondos de pensiones durante la etapa de acumulación con un enfoque de valores extremos

lo que se cuenta con información de 20 años completos que se consideran suficientes para el objeto de la investigación, ya que abarcan tanto periodos de crisis como de estabilidad de la historia económica mexicana reciente.

Una vez que se tienen identificados los activos susceptibles de formar parte de los portafolios, el siguiente paso es determinar las ponderaciones específicas de dichos activos dentro de la composición de la cartera. Para este fin, se propone utilizar una derivación del modelo de Markowitz con un enfoque probabilístico propuesto por Owadally y Landsman (2013), quienes a diferencia de Markowitz, se enfocan en el percentil de la distribución de pérdidas y ganancias señalada en el VaR, en lugar de utilizar como referencias la media y la varianza de los rendimientos.

Con este método, denominado *criterio de valores extremos*, lo que se busca es optimizar la relación media-varianza de la cola de una distribución de pérdidas y ganancias, sujeto a una restricción presupuestaria. Esto es, que el propósito de esta técnica es minimizar la posibilidad de la existencia de pérdidas poco usuales, pero de gran magnitud (Owadally y Landsman, 2013).

Para determinar el vector de la asignación de activos óptima con esta metodología, se asume que existen dos tipos de activos: riesgosos y libres de riesgo. La ecuación (3) muestra la forma de calcular  $y^*$  que es la proporción de recursos invertidos en activos riesgosos, siendo  $(1 - y^*)$  el capital invertido en el activo libre de riesgo:

$$y^* = \frac{A(B - \lambda_{1,q})}{2\lambda\lambda_{2,q}B} \quad (3)$$

Donde:

$$A = 1^T \Sigma^{-1} (\mu - r1) \quad (4)$$

$$B = \sqrt{(\mu - r1)^T \Sigma^{-1} (\mu - r1)} \quad (5)$$

$$\lambda_{1,q} = \frac{\varphi(Z_q)}{1 - \phi(Z_q)} \quad (6)$$

$$\lambda_{2,q} = 1 - \lambda_{1,q} \delta_q \quad (7)$$

Donde:

$r$  = Tasa libre de riesgo.

$\mu$  = Vector de rendimientos esperados de los activos con riesgo seleccionados para componer el portafolio.

$\Sigma$  = Matriz de varianzas y covarianzas de dichos activos.

$1$  = Vector de unos.

$\lambda$  = Parámetro de aversión al riesgo.

Por su parte,  $\delta_q = (\lambda_{1,q} - Z_q)$ ; donde  $\varphi(Z_q)$  y  $\phi(Z_q)$  son las funciones de densidad y distribución de la variable aleatoria normal estándar  $Z$  en el percentil  $q$ , respectivamente (Landsman, 2010).

Una vez obtenida la proporción de recursos destinada a activos riesgosos ( $y^*$ ), el siguiente paso en este método es determinar la asignación específica para cada uno de

La administración de los fondos de pensiones durante la etapa de acumulación con un enfoque de valores extremos

los activos individuales que compondrán la cartera de inversión, la cual se expresa con el vector denominado  $x_t$ , que se calcula con la ecuación (8).

$$x_t = \frac{\Sigma^{-1}(\mu - r1)}{1^T \Sigma^{-1}(\mu - r1)} \quad (8)$$

El siguiente paso para comprobar la hipótesis de investigación es simular el comportamiento del fondo de pensiones considerando distintos supuestos, con la finalidad de demostrar que el modelo propuesto de valores extremos es eficiente, en comparación con otras técnicas de optimización de portafolios utilizadas en la actualidad. Esto debe realizarse incorporando un determinado grado de probabilidad, y la forma más apropiada para hacer esto es mediante simulaciones estocásticas. Esto significa que las variables futuras utilizadas para simular el comportamiento del fondo de pensiones deben ser generadas en forma de una distribución de probabilidad obtenida a partir de una fuente de datos original (Blake, 2006).

El método elegido para este fin en el presente trabajo es el bootstrap sampling, el cual es una herramienta de muestreo con la que se selecciona una gran cantidad de datos aleatorios obtenidos de una base de datos existente y es usado cuando los datos disponibles son limitados. Booth et al. (2005) definen este método como una herramienta simple pero poderosa, con la cual es posible representar una distribución de probabilidad semejante a la original, mediante la obtención de datos aleatorios originados de información empírica.

De esta forma, los rendimientos futuros utilizados para las simulaciones del presente trabajo se obtienen de elegir de forma aleatoria los datos correspondientes a los rendimientos históricos de los valores sujetos del estudio. Con fines de establecer las comparaciones requeridas, este ejercicio se lleva a cabo tanto para los portafolios creados con el modelo propuesto, como para los portafolios tradicionales. Este

procedimiento es repetido 1,000 veces con la finalidad de que la selección de estos datos tenga una base probabilística y sea representativa de la distribución de las series de datos originales.

El instrumento se aplica a los trabajadores del Rastro Municipal de Tarimoro que se encuentran directamente relacionados al proceso de matanza, siendo una cantidad de 30 trabajadores. Dado que el estudio se enmarcó en una investigación de campo y está basada en la recopilación de datos obtenidos directamente de la realidad.

El instrumento aplicado presenta un total de 61 ítems que describen distintas condiciones de trabajo; conformado por 5 factores, cada uno de los cuales evalúa los riesgos a los que se expone el trabajador según el tipo de riesgo; el factor I comprende los riesgos derivados del medio de trabajo; el factor II las exigencias físicas que las actividades del puesto requiere; el factor III incluye a los riesgos derivados de las instalaciones y medios de trabajo; el factor IV hace referencia a los riesgos biológicos y el factor V a los riesgos fisiológicos probables. El instrumento emplea una escala tipo Likert con cinco alternativas o niveles de calificación (ver anexo).

El instrumento aplicado en este estudio está basado en el *Modelo Obrero* desarrollado y validado por Cristina Laurell (1993) el cual es un instrumento empleado para la investigación sobre la salud de los trabajadores; observar los daños a la salud que sufre el personal como consecuencia de las condiciones en las cuales realiza su trabajo. Se calculó el coeficiente de Cronbach a cada factor del instrumento, empleando el paquete estadístico SPSS obteniendo un alfa de Cronbach de 0.708, lo cual muestra un nivel aceptable en la confiabilidad del instrumento.

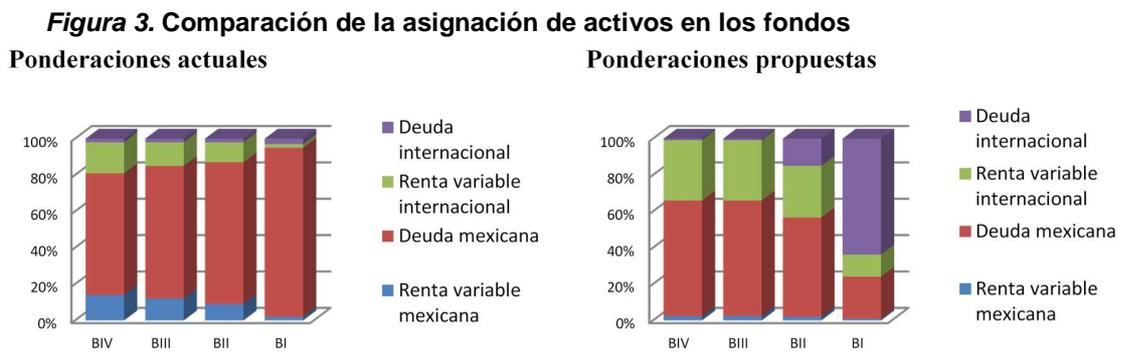
Para cada uno de los trabajadores involucrados en el proceso de sacrificio (matadores y ayudantes) se realizó un análisis sociodemográfico y se aplicó el instrumento de investigación; posteriormente, se procedió a organizar, clasificar y

La administración de los fondos de pensiones durante la etapa de acumulación con un enfoque de valores extremos

analizar la información que arrojó el instrumento según la frecuencia. Agrupando todos los datos en una matriz con la finalidad de simplificar los resultados obtenidos y facilitar la representación gráfica, tabulación de datos y elaboración de análisis. Partiendo de los datos ordenados, se sometieron los datos a cifras porcentuales de acuerdo a cada uno de los ítems haciendo uso del paquete estadístico SPSS, Excel y Minitab aplicando técnicas de estadística descriptiva y correlaciones.

#### 4. Resultados y discusión

En la Figura 3 se muestra un comparativo entre la asignación de activos actual y las ponderaciones propuestas en el presente trabajo con base en la metodología de valores extremos. Puede apreciarse que la propuesta favorece la inversión en valores internacionales, particularmente en instrumentos de deuda considerados libre de riesgo.



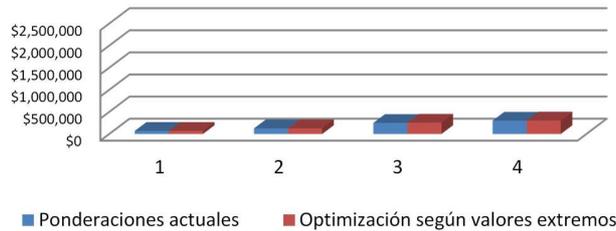
La Figura 4 muestra los montos acumulados esperados de los fondos para cada etapa correspondiente al rango de edad de las SIEFORES, comparando las ponderaciones promedio actuales utilizadas por las AFORES y las ponderaciones obtenidas utilizando el método de valores extremos. Los resultados indican que los montos acumulados son marginalmente más altos si los portafolios se optimizan según el criterio de valores extremos.

Este ejercicio se realizó considerando la carrera salarial de tres sectores productivos en México. En el caso de las industrias de la transformación, al concluir la etapa de acumulación la diferencia es de 0.5%; para la agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca se observa una diferencia de 0.9%; y para la industria eléctrica y suministro de agua potable la diferencia es de 1.2%.

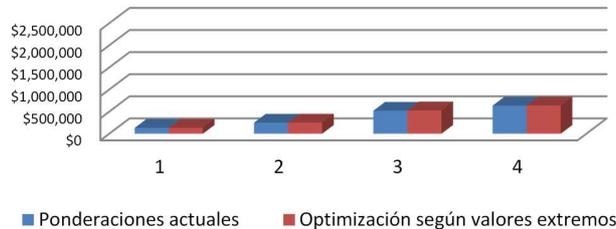
La administración de los fondos de pensiones durante la etapa de acumulación con un enfoque de valores extremos

**Figura 4. Montos acumulados asumiendo distintos criterios de optimización**

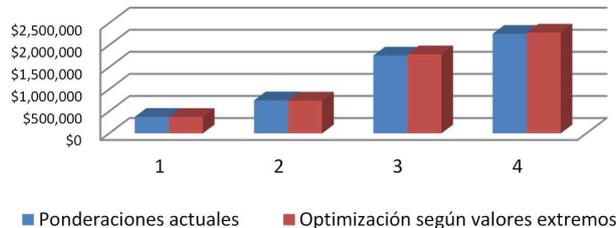
**Agricultura, ganadería y otras**



**Industrias de transformación**



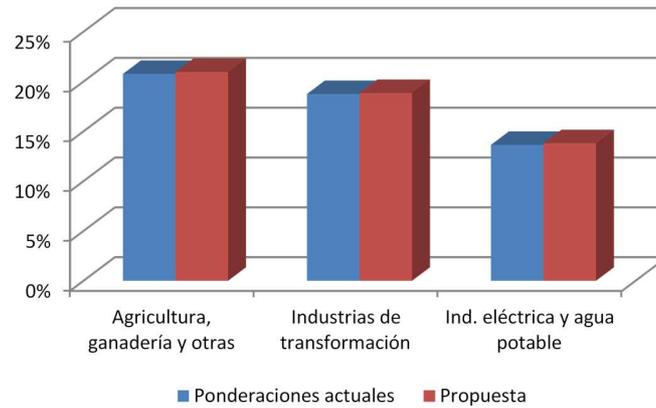
**Ind. eléctrica y agua potable**



Fuente: Elaboración propia.

En el contexto de los sistemas de pensiones, el criterio de comparación más apropiado es la *tasa de reemplazo*, la cual indica el porcentaje del salario que recibirá el pensionado al momento de su retiro. De tal forma, en la Figura 5 se muestra el comparativo de las tasas de reemplazo esperadas para trabajadores de distintas actividades económicas, con la ponderación de activos vigente y con los portafolios propuestos.

**Figura 5. Tasas de reemplazo asumiendo distintas ponderaciones de activos**



Fuente: Elaboración propia.

Conforme a la información mostrada en la Figura 5, las diferencias entre las tasas de reemplazo obtenidas con ambos métodos son de 0.9% para agricultura, ganadería y otras; 0.5% para industrias de transformación; y 1.2% para industria eléctrica y agua potable. Si bien estos incrementos pueden parecer poco significativos, hay que tener presente que fueron obtenidos sin haber modificado otros parámetros de diseño del plan, como pueden ser el periodo de cotización o el porcentaje de contribuciones; con lo cual, se tendría un efecto multiplicador en cuanto a los cambios aquí mostrados.

Por otra parte, el cambio que sí fue significativo fue la reducción de la desviación estándar de los portafolios optimizados que, desde la perspectiva de la teoría de portafolios, es el aspecto más interesante de los resultados que se muestran en la Tabla 2. Para el trabajador miembro del plan, esto significa que además de contar con la posibilidad de esperar un mayor monto acumulado en su cuenta de ahorro para el retiro, su incertidumbre en la búsqueda de este propósito es menor.

La administración de los fondos de pensiones durante la etapa de acumulación con un enfoque de valores extremos

**Tabla 2 Desviación estándar del valor de los fondos simulados**

Actividad económica	Asignación de activos tradicional		Asignación de activos según el criterio de valores extremos	
	Desviación estándar	Desviación estándar / Media	Desviación estándar	Desviación estándar / Media
Agricultura, ganadería y otras	61,454.49	20.3%	56,451.00	18.5%
Industrias de transformación	119,014.86	18.7%	117,908.61	18.4%
Ind. eléctrica y agua potable	383,093.81	17.0%	362,732.65	15.9%

Fuente: Elaboración propia.

Como se menciona previamente, la teoría de portafolios sostiene que un inversionista suele aceptar una mayor incertidumbre, en aras de incrementar su rentabilidad; asimismo, un inversor averso al riesgo tendería a aceptar menores ganancias, con tal de reducir la incertidumbre de su portafolio. Sin embargo, en el presente trabajo se muestra que en el contexto del sistema de ahorro para el retiro en México, con los supuestos expuestos trabajo, es posible lograr ambos objetivos simultáneamente: mejorar la rentabilidad esperada del portafolio al mismo tiempo que se reduce su incertidumbre.

## 5. Conclusiones

Los sistemas de pensiones de Contribuciones Definidas, como el que prevalece en México a partir de la reforma de 1996, se basan en el principio de valor del dinero, lo que significa que bajo este esquema, los beneficios que recibirán los trabajadores al momento de su retiro son equivalentes al monto acumulado en su cuenta individual durante la etapa de acumulación. De manera que, para poder recibir una pensión que permita al trabajador mantener un determinado nivel de consumo al momento de su retiro, es necesario que durante esta etapa se busque maximizar el monto acumulado en el fondo de ahorro.

Para lograr este propósito, es muy importante que la administradora elegida por el trabajador para invertir sus recursos lleve a cabo una gestión eficiente de los fondos, lo que implica que la asignación de activos de inversión se efectúe conforme a los postulados de la teoría de portafolios. Asimismo, es importante que la administradora a cargo de esta responsabilidad mantenga una estrategia de administración de riesgos que incorpore medidas para el control de la volatilidad y el riesgo inflacionario, con el propósito de que el valor de los montos acumulados se incremente en términos reales, para beneficio del trabajador; y que la predicción de la volatilidad se efectúe sobre una base estocástica.

Finalmente, hay que tener presente que en los esquemas de Contribuciones Definidas todas las acciones emprendidas durante la etapa de acumulación tendrán un impacto en el monto de la pensión que recibirá el trabajador en su retiro, la cual se traduce en la tasa de reemplazo. Este indicador se considera el parámetro más apropiado para evaluar la eficacia del plan, ya que señala el poder de compra que tendrá disponible el pensionado.

Al respecto, con este trabajo se encontró que puede afirmarse que con el criterio de valores extremos es posible reducir el riesgo de los fondos para el retiro en México al mismo tiempo que se mantiene, y en algunos casos aumenta, el monto esperado de los fondos de ahorro para el retiro. En otras palabras, con la asignación de activos propuesta se logra diseñar portafolios de inversión óptimos; a diferencia de con las ponderaciones actuales, con las que se obtienen portafolios sub-óptimos.

## 6. Referencias

Andonov, A., Bauer, R. y Cremens, M. (2012) *Can large pension funds beat the market? Asset allocation, market timing, security selection and the limits of liquidity*. Toronto: Rotman International Centre for Pension Management.

La administración de los fondos de pensiones durante la etapa de acumulación con un enfoque de valores extremos

Arvizu, S.B. (2006) Inversiones. En Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas (2006) *Sistemas de pensiones en México. Perspectivas financieras y posibles soluciones*. (pp. 213-240) México: Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas.

Bao, Y., Lee, T. y Saltoglu, B. (2006) Evaluating predictive performance of Value-at-Risk models in emerging markets: A reality check. *Journal of forecasting*, 25, pp. 101-128.

Benavides, G. (2007) GARCH Processes and Value at Risk: An Empirical Analysis for Mexican Interest Rate Futures. *Panorama socioeconómico*, 25(35), pp. 92-105. Chile: Universidad de Talca.

Blake, D. (2006) *Pension finance*. New Jersey: John Wiley and Sons.

Blake, D., Cairns, A.J.G. y Dowd, K. (2001) Pensionmetrics: Stochastic pension plan design and value at risk during the accumulation phase. *Insurance: Mathematics and Economics*, 29, pp.187–215

Booth, P., Chadburn, R., Haberman, S., James, D., Khorasane, Z., Plumb, R. H. y Rickayzen, B. (2005) *Modern actuarial theory and practice* (2ª ed.) Estados Unidos de América: Chapman & Hall.

Cairns, A. J. G., Blake, D., y Dowd, K. (2006) Stochastic lifestyling: Optimal dynamic asset allocation for defined contribution pension plans. *Journal of Economic Dynamics and Control* 30(5), 843-877, doi: 10.1016/j.jedc.2005.03.009

CNBV (2013) *Disposiciones de carácter general aplicables a las instituciones de crédito*. Publicadas originalmente en el Diario Oficial de la Federación el 2 de diciembre de 2005, y modificadas mediante resoluciones publicadas en el citado Diario Oficial.

CONSAR (2012) *Modalidades de pensión IMSS por cesantía en edad avanzada y vejez*. Obtenido el 6 de Junio de 2012, desde [http://www.CONSAR.gob.mx/principal/info\\_gral\\_trabajadores-imss\\_modalidades\\_pension\\_1.shtml](http://www.CONSAR.gob.mx/principal/info_gral_trabajadores-imss_modalidades_pension_1.shtml)

CONSAR (2012) *Adecuaciones al régimen de inversión en beneficio de los trabajadores*. Boletín de prensa No 19/2012.

CONSAR (2012) *Compara a las AFORES*. Obtenido el 12 de noviembre de 2012, desde: [http://www.CONSAR.gob.mx/rendimiento\\_neto/rendimiento\\_neto.shtml](http://www.CONSAR.gob.mx/rendimiento_neto/rendimiento_neto.shtml)

CONSAR (2012) *Información estadística. Inversión de las SIEFORES*. Obtenido el 7 de noviembre de 2012, desde: <http://www.CONSAR.gob.mx/SeriesTiempo/CuadroInicial.aspx?md=21>

CONSAR (2012) *Informe trimestral al H. Congreso de la Unión sobre la situación del SAR*. Abril-junio 2012.

Gao, J. (2013) Stochastic Optimal Control of DC Pension Fund under the Fractional Brownian Motion. *Applied Mathematics & Information Sciences*. 7(2), pp. 571-578

Gómez, H. D. y Kato, V. E. (2009) Competitividad en el ámbito de pensiones en México. *Mercados y negocios*, (8) Universidad de Guadalajara, CUCEA.

Gómez-Hernández, D. y Pérez-Sosa, F.A. (2014) A stochastic approach to increase replacement rates in defined contributions pension schemes. *International Review of Business Research Papers*, 10(1), pp. 49-64.

Han, N. y Hung, M. (2012). Optimal asset allocation for DC pension plans under inflation. *Insurance: Mathematics and Economics*, 51, pp. 172–181

Harmantzis, F.C., Miao, L. y Chien, Y. (2006) Empirical study of value at risk and expected shortfall models with heavy tails. *The journal of risk finance*, 7(2), pp. 117-135.

Huang, A.Y. y Tseng, T. (2009) Forecast of value at risk for equity indices: an analysis from developed and emerging markets. *The journal of risk finance*, 10(4), pp. 393-409.

IOPS (s.f.) Case study Mexico. *Toolkit for risk-based pensions supervision*. Obtenido el 28 de agosto de 2012, desde [http://www.iopstoolkit.org/media/pdf/case\\_study-mexico.pdf](http://www.iopstoolkit.org/media/pdf/case_study-mexico.pdf)

La administración de los fondos de pensiones durante la etapa de acumulación con un enfoque de valores extremos

Johnson, C. (2001) Value at risk: Teoría y aplicaciones. *Estudios de economía*, 28(002), pp. 217-247. Santiago, Chile: Universidad de Chile.

Jorion, P. (1996) Risk<sup>2</sup>: Measuring the risk in Value at Risk. *Financial analysts journal*. 52(6), pp.47-56.

Koedijk, K., Slager, A. y Bauer, R. (2010) *Investment beliefs that matter: New insights into the value drivers of pension funds*. Toronto: Rotman International Centre for Pension Management.

Lamothe, F.P. y Vásquez, T.F.J. (2012) Valor en Riesgo Ajustado por Riesgo de Liquidez, propuesta de aplicación a cartera de acciones chilenas. *Análisis Financiero*, 118, pp. 66-81.

Landsman, Z. (2010) On the Tail Mean-Variance optimal portfolio selection. *Insurance: Mathematics and Economics*, 46, pp. 547-553.

Lima, P. J. (2004) Cuantificación del Riesgo en la Teoría de Carteras. *Gestao & Tecnologia*, 3(1) obtenido el 21 de Septiembre de 2011 desde <http://www.fpl.edu.br/periodicos/index.php/get/article/viewFile/94/92>

Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The Journal of finance*, 7(1). pp. 77-91. obtenido el 1 de octubre de 2011 desde <http://www.jstor.org/pss/2975974>

Munnell, A.H., Orlova, N.S. y Webb, A. (2012) *How important is asset allocation to financial security in retirement?* Chestnut Hill, MA: Center for Retirement Research at Boston College.

Murillo, L. S. y Venegas, M. F. (2011) Cobertura de los sistemas de pensiones y factores asociados al acceso a una pensión de jubilación en México. *Papeles de población*, 17(67). pp. 209-250.

Odening, M. y Hinrichs, J. (2003) Using extreme value theory to estimate value-at-risk. *Agricultural finance review*, 63(1), pp. 55-73.

OECD (2011) *Pensions at a glance 2011: Retirement-income systems in OECD and G20 countries*, OECD publishing.

Owadally, I. y Landsman, Z. (2013) A characterization of optimal portfolios under the tail mean–variance criterion. *Insurance: Mathematics and Economics*, 52, pp. 213–221

Puerta, A. y Laniado, H. (2010) Diseño de estrategias óptimas para la selección de portafolios, un análisis de la ponderación inversa al riesgo (PIR). *Lecturas de economía*. 73(Julio-diciembre), pp. 243-273. Colombia: Universidad de Antioquia.

Ross, S. A., Westerfield, R. W., Jaffe, J. (2000) *Finanzas corporativas*. (5a ed.). México: McGraw Hill.

Solís, S. F. (2006) Planes de pensiones personales e institucionales. En Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas (2006) *Sistemas de pensiones en México. Perspectivas financieras y posibles soluciones*. (pp. 45-77) México: Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas.

Vigna, E. y Haberman, S. (2001). Optimal investment strategy for defined contribution pension scheme. *Insurance: Mathematics and Economics* 28, 233–262.