

**INFLUENCIA DE INDICADORES DE DESEMPEÑO DE PORTAFOLIO EN LA TOMA  
DE DECISIÓN DE INVERSIÓN**

**Víctor Alfonso Tenorio Cuellar**

**Colegio de Estudios Superiores de Administración – CESA**

**Maestría en Finanzas Corporativas**

**Bogotá**

**2019**

**INFLUENCIA DE INDICADORES DE DESEMPEÑO DE PORTAFOLIO EN LA TOMA  
DE DECISIÓN DE INVERSIÓN**

**Víctor Alfonso Tenorio Cuellar**

Director

**Bernardo León Camacho**

**Colegio de Estudios Superiores de Administración – CESA**

**Maestría en Finanzas Corporativas**

**Bogotá**

**2019**

## Tabla de contenido

<b>1. Introducción</b> .....	6
<b>1.1. Problema</b> .....	6
<b>1.2. Justificación</b> .....	8
<b>1.3. Pregunta</b> .....	8
<b>1.4. Objetivo General</b> .....	9
<b>1.5. Objetivos Específicos</b> .....	9
<b>1.6. Alcance</b> .....	9
<b>1.7. Producto Final Obtenido</b> .....	10
<b>1.8. Estado del Arte</b> .....	10
<b>2. Desarrollo</b> .....	16
<b>2.1. Marco Teórico</b> .....	16
<b>2.2. Metodología</b> .....	29
<b>2.3. Portafolios</b> .....	32
<b>2.3.1. Portafolio 1</b> .....	32
<b>2.3.2. Portafolio 2</b> .....	32
<b>2.3.3. Portafolio 3</b> .....	33
<b>2.3.4. Portafolio 4</b> .....	33
<b>2.3.5. Portafolio 5</b> .....	33
<b>2.3.6. Portafolio 6</b> .....	33
<b>2.3.7. Portafolio 7</b> .....	33
<b>2.3.8. Portafolio 8</b> .....	34
<b>2.3.9. Portafolio 9</b> .....	34
<b>2.3.10. Portafolio 10</b> .....	34
<b>2.4. Optimización de Indicadores de Desempeño</b> .....	34
<b>2.4.1. Sin Optimización</b> .....	34
<b>2.4.2. Optimización Determinística</b> .....	37
<b>2.4.3. Optimización Estocástica</b> .....	39
<b>3. Conclusiones</b> .....	59
<b>4. Bibliografía</b> .....	62

## Tabla de Figuras

FIGURA 1, ISOMEAN .....	18
FIGURA 2, COMBINACIÓN .....	20
FIGURA 3, TASA DE INTERÉS PURA.....	21
FIGURA 4, CURVAS DE INDIFERENCIA.....	23
FIGURA 5, CURVA DE OPORTUNIDAD .....	24
FIGURA 6, EQUILIBRIO DEL MERCADO DE CAPITALS .....	25
FIGURA 7, CURVAS DE INDIFERENCIA CON NIVEL DE RIESGO .....	26
FIGURA 8, EQUILIBRIO MERCADO DE CAPITALS .....	27
FIGURA 9 OPTIMIZACIÓN CALMAR P1.....	41
FIGURA 10 OPTIMIZACIÓN SHARPE P1 .....	41
FIGURA 11 OPTIMIZACIÓN SORTINO P1.....	42
FIGURA 12 OPTIMIZACIÓN CALMAR P2.....	42
FIGURA 13 OPTIMIZACIÓN SHARPE P2 .....	43
FIGURA 14 OPTIMIZACIÓN SORTINO P2.....	43
FIGURA 15 OPTIMIZACIÓN CALMAR P3.....	44
FIGURA 16 OPTIMIZACIÓN SHARPE P3 .....	44
FIGURA 17 OPTIMIZACIÓN SORTINO P3.....	45
FIGURA 18 OPTIMIZACIÓN CALMAR P4.....	45
FIGURA 19 OPTIMIZACIÓN SHARPE P4 .....	46
FIGURA 20 OPTIMIZACIÓN SORTINO P4.....	46
FIGURA 21 OPTIMIZACIÓN CALMAR P5.....	47
FIGURA 22 OPTIMIZACIÓN SHARPE P5 .....	47
FIGURA 23 OPTIMIZACIÓN SORTINO P5.....	48
FIGURA 24 OPTIMIZACIÓN CALMAR P6.....	48
FIGURA 25 OPTIMIZACIÓN SHARPE P6 .....	49
FIGURA 26 OPTIMIZACIÓN SORTINO P6.....	49
FIGURA 27 OPTIMIZACIÓN CALMAR P7.....	50
FIGURA 28 OPTIMIZACIÓN SHARPE P7 .....	50
FIGURA 29 OPTIMIZACIÓN SORTINO P7.....	51
FIGURA 30 OPTIMIZACIÓN CALMAR P8.....	51
FIGURA 31 OPTIMIZACIÓN SHARPE P8 .....	52
FIGURA 32 OPTIMIZACIÓN SORTINO P8.....	52
FIGURA 33 OPTIMIZACIÓN CALMAR P9.....	53
FIGURA 34 OPTIMIZACIÓN SHARPE P9 .....	53
FIGURA 35 OPTIMIZACIÓN SORETINO P9.....	54
FIGURA 36 OPTIMIZACIÓN CALMAR P10.....	54
FIGURA 37 OPTIMIZACIÓN SHARPE P10 .....	55
FIGURA 38 OPTIMIZACIÓN SORTINO P10.....	55

## Lista de Tablas

Tabla 1 Indicadores.....	30
Tabla 2 Matriz indicadores de Desempeño – Sin Optimización.....	34
Tabla 3 Matriz indicadores de Desempeño – Optimización Determinística.....	37
Tabla 4 Matriz indicadores de Desempeño – Optimización Determinística – Ordenados Mayor Sharpe..	39
Tabla 5 Matriz indicadores de Desempeño – Optimización Estocástica .....	55
Tabla 6 Matriz indicadores de Desempeño – Optimización Estocástica Ordenados Sharpe .....	57

## **1. Introducción**

### **1.1. Problema**

La problemática de las personas con excesos de recursos monetarios es ¿Qué hacer con ellos? ahorrar o invertir estos sobrantes es una dicotomía que persiste todavía al día de hoy. El ahorro es un hábito que efectúan las personas sobre sus ingresos para tener un soporte en épocas difíciles o una cuenta con un objetivo en mente, pero no implica aumento de capital. Por otro lado, invertir es poner a disposición ese ahorro generado, con el objetivo de aumentarlo (La Republica, 2017). Si bien los objetivos son distintos, todo termina convergiendo a generar un bienestar a futuro con un propósito en mente.

Hay que tener en cuenta que estas dos opciones tienen sus ventajas y desventajas, como se dijo anteriormente el ahorro no genera incremento de capital y su ventaja es que no tiene riesgo. Mientras que la inversión si hay una posibilidad de aumentar el capital inicialmente invertido, pero expuesto a un nivel de riesgo determinado (La Republica, 2017).

Enfocándose en la opción de inversión, hasta hace poco más de dos décadas, las opciones de inversión en el Mercado de Capitales eran: Certificados de Depósito a Término (CDT's), Bonos, Titularización de activos y las acciones de las empresas que cotizan en bolsa (División técnica de Corredores Asociados, 1996). Las primeras dos opciones a un nivel de riesgo bajo pero expuestas aun así a un riesgo, la titularización un riesgo moderado y las acciones si expuestas a un nivel agresivo (Portafolio, 2017). Transcurrido el tiempo, el mercado creció, aparecieron los derivados y los fondos de inversión colectiva, este último siendo un mecanismo que le permite a varias personas realizar inversiones en diversos activos financieros, a través de una sola entidad que dispone de expertos para administrar de la mejor manera los recursos (Portafolio, 2016). Por

último, vienen las inversiones alternativas, que son vehículos de inversión que invierten en activos no tradicionales como: Infraestructura, sector inmobiliario, globales, de crédito etc. (BlackRock, s.f.).

Centrándose en los fondos, estos son vehículos financieros colectivos que permiten la inversión de recursos a partir de montos pequeños, donde por una simple operación matemática, terminan administrando gran cantidad recursos monetarios. Por ende, su participación en el mercado de capitales es importante y a su vez su capacidad para acerca a gran cantidad personas al mercado de capitales.

Para las personas interesadas en los fondos de inversión colectiva, su mayor interés se da por la rentabilidad y la exposición de riesgo que están sujetos los recursos a ser invertidos. Esta información se encuentra relativamente fácil a través de internet en la página web de cada administradora de fondos. Como podemos ver en las fichas técnicas de fondos de inversión colombianos, dicen que los fondos son de determinado perfil de riesgo, rentabilidad y volatilidad. Saltando la vista hacia un mercado desarrollado, la historia se repite con los fondos de inversión de EE.UU, como se ven en las fichas técnicas de unos fondos de JPMorgan y Franklin Templeton, grandes firmas de inversión a nivel global, aunque le adicionan, dependiendo de la firma, el beta y el ranking morningstar. Ahora, esta información es suficiente para que cualquier inversionista determine ¿cuál es su mejor opción de inversión?

Este proyecto busca revisar los indicadores de desempeño de portafolios que permitan ayudar a los inversionistas tomar decisiones de inversión informadas en portafolios en el mercado de capitales de Estados Unidos. Usando a EE.UU como base debido a ser un mercado desarrollado y el acceso de la información se encuentra disponible.

## **1.2. Justificación**

La investigación presentada en este texto busca presentar la pertinencia de los indicadores de desempeño de portafolio con el fin de contrastar lo que sucede en el mercado. Tener presente que, en la vida real, los diferentes portafolios generan unas fichas técnicas donde se explica en detalle sus características mas importantes pero estas fichas siguen un formato que por lo general lo impone el regulador de mercado para revelar las características y poder comparar en distintas alternativas. Una de esas características es el riesgo asociado a esa alternativa específica, pero la métrica utilizada solo permite revelar una parte de la información necesaria para identificar el riesgo. Lo que busca esta investigación es que a mayor numero de métricas utilizadas por los administradores de portafolio en estas fichas técnicas permite al inversionista tener mayor información para una toma de decisión informada y acorde al perfil de riesgo de cada persona. De esta forma, el inversionista obtendrá mayor información sobre las características de cada una de las alternativas y al compararlas entre sí, identificar a mayor detalle, el mejor y peor portafolio que tiene a su disposición.

## **1.3. Pregunta**

¿Cuáles son los indicadores de desempeño más relevantes, a la hora de tomar una decisión de inversión en un portafolio en el mercado de capitales?

#### **1.4. Objetivo General**

Identificar, calcular e implementar a través de un portafolio accionario en los Estados Unidos los indicadores de desempeño de portafolio más relevantes para la toma de decisión de inversión.

#### **1.5. Objetivos Específicos**

- Identificar los indicadores de desempeño de portafolio existentes en el mercado de capitales americano.
- Realizar un modelo matemático que conlleve a la optimización estocástica de portafolio para revisar el desempeño y la utilidad de los indicadores más usados en el mercado.
- Realizar un backtesting de los indicadores propuestos en el punto anterior en un horizonte de 10 años.
- Proponer una matriz de indicadores de desempeño con base en el modelo matemático desarrollado.

#### **1.6. Alcance**

La investigación se desarrollará utilizando información del mercado desarrollado por excelencia como el de Estados Unidos de América. De acuerdo con esto, esta investigación podrá llegar mejorar la reglamentación sobre la cantidad de información que tiene una ficha técnica de un portafolio de en este país, hablando específicamente sobre indicadores de desempeño de

portafolio. Por otro lado, la posibilidad de que esta reglamentación también mejore en los portafolios que se promocionan en países catalogados como emergentes, como es el caso de Colombia. Con esto, buscar que el inversionista colombiano, sea un inversionista educado e informado sobre el desempeño del portafolio a invertir.

### **1.7. Producto Final Obtenido**

Dentro de este contexto, se espera que los indicadores de desempeño de los portafolios de inversión sean de utilidad no solo para los gerentes sino para toda clase de inversionista, desde institucionales hasta todas las personas naturales, para que al momento de tomar una decisión de inversión en portafolios tenga la suficiente información para determinar si invertir o no en determinado portafolio. Además, que el alcance de esta investigación pueda aplicarse al mercado colombiano para utilizarlos como información adicional para comparar y determinar la decisión de inversión.

### **1.8. Estado del Arte**

Profundizando sobre la historia e investigaciones más relevantes en el tema de Portfolio Performance, tenemos que iniciar por los siguientes autores y sus trabajos que generaron una información relevante en el desarrollo de la materia.

Sharpe (1966) profundiza aún más en su teoría comenzada en Sharpe (1964), aportando una metodología para determinar cuáles son los portafolios más eficientes que se encuentran tangentes entre la línea del mercado de capitales y la frontera eficiente (Sharpe, 1966, pág. 122):

$$R/V = \frac{(E_i - p)}{\sigma_i}$$

Donde  $E_i$  sería la rentabilidad esperada,  $p$  la tasa libre de riesgo,  $\sigma_i$  sería el riesgo enmarcado en la desviación estándar de las rentabilidades (Sharpe, 1966, pág. 121). Que según su definición es la ganancia por unidad de variabilidad o riesgo (Sharpe, 1966, pág. 6). Tener en cuenta que unos años más tardes en Sharpe (1994), el autor nombraría oficialmente esta metodología como el Sharpe Ratio. Adicional, Chen & Knez (1996), comentan que el ratio de Sharpe no refleja la información superior usada por parte del gerente del fondo demostrada en la rentabilidad pero si, de cierta forma, un ranking de los portafolios con estrategias pasivas (Chen & Knez, 1996, pág. 522)

Con el mismo enfoque, y aportando a la teoría del CAPM, Treynor (1965) usó la rentabilidad esperada, y varianza para demostrar la efectividad, en cuanto a rendimiento, de los gerentes de los fondos de inversión (Treynor, 1965). Para calificarlos, utiliza la formula a continuación demuestra la tangente del ángulo de la pendiente, en el punto donde la recta que va desde el punto de la tasa libre al punto donde la recta es tangente a la curva de indiferencia del inversionista (Treynor, 1965):

$$Tangente \theta = \frac{\mu - \mu^*}{\beta}$$

Siendo  $\mu$  la rentabilidad esperada del fondo,  $\mu^*$  la tasa libre de riesgo y  $\beta$  la medida de riesgo (Treynor, 1965, pág. 70).

Utilizando las investigaciones que aportaron al CAPM, Sharpe (1964) y Treynor (1965), entra a escena la investigación de Jensen (1968), donde busca evaluar el problema de la habilidad, de los gerentes de los fondos, para generar una rentabilidad a partir de la predicción de los precios de

los activos de riesgo (Jensen, 1968, pág. 389). También generar un indicador de rendimiento de los portafolios donde le permita decidir ¿Cuál es mejor entre uno y otro? y ¿Cuál es mejor de acuerdo a un estándar?, en otras palabras, crear un indicador de referencia para el mercado (Jensen, 1968, pág. 390). Su análisis lo llevo a la siguiente formula:

$$\alpha_j = \tilde{R}_{jt} - [R_{Ft} + \beta_j(\tilde{R}_{Mt} - R_{Ft}) + \tilde{u}_{jt}]$$

Siendo  $\alpha_j$  la tasa de retorno adicional creada solo por la habilidad de los gerentes de portafolio para pronosticar el futuro de los precios de los activos,  $R_{jt}$  la rentabilidad del portafolio j en el periodo t,  $R_{ft}$  la tasa libre de riesgo en el periodo t,  $\beta_j$  es el riesgo sistémico del activo o portafolio j,  $(R_{mt}-R_{ft})$  la prima de riesgo de mercado y  $u_{jt}$  el error con esperanza igual a 0 (Jensen, 1968, pág. 393).

Otro trabajo derivado Markowitz (1952) fue el aporte de Goodwin (1998), donde nos presenta el Information Ratio:

$$ER_t = R_{Pt} - R_{Bt}$$

$$\overline{ER} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T ER_t$$

$$\hat{\sigma}_{ER} = \sqrt{\frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T (ER_t - \overline{ER})^2}$$

$$IR = \frac{\overline{ER}}{\hat{\sigma}_{ER}}$$

Donde  $R_{pt}$  es la rentabilidad del portafolio actual,  $R_{bt}$  la rentabilidad del activo libre de riesgo o benchmark,  $\sigma_{er}$  es la desviación estándar del exceso de rentabilidad frente al benchmark y el ratio

de información sería la división entre la media y la desviación estándar del exceso de rentabilidad (Goodwin, 1998, pág. 34). Su objetivo central es medir la labor activa del gerente del portafolio contra el benchmark y no como ponderador de inversión en determinado activo debido a que no tiene en cuenta el riesgo del inversionista (Goodwin, 1998, pág. 41). Debido a esto, su comparación debe hacerse entre portafolios con la misma clase de activos y que utilicen un benchmark relevante para determinar la confianza del indicador (Goodwin, 1998).

En el 2016, Pekár, Čičková, & Brezina (2016) se enfocan en estudiar la ponderación de los activos en un portafolio a partir de los indicadores no lineales: Sortino Ratio y Omega Function. Los cuales, debido a su estructura no lineal su construcción se hace más complicada, por lo que usan una metodología diferente para maximizar estos ratios, dando como resultado una alternativa para ayudar a los gerentes a diversificar su portafolio (Pekár, Čičková, & Brezina, 2016).

Al respecto sobre los indicadores de Sharpe, Treynor y el alfa de Jensen, Leković (2017) genera un análisis teoría donde revisa las desventajas y limitaciones que presentan cada uno de ellos, y concluye que el alfa de Jensen demuestra superioridad sobre los anteriores (Leković, 2017). Pero, dentro de la evaluación del rendimiento del portafolio, la prioridad no es el indicador a escoger sino entender las limitantes y desventajas que cada modelo a escoger presenta (Leković, 2017, pág. 133).

Debido a la importancia de los indicadores de rendimiento para los gerentes de portafolio, la investigación de Ulrich (1975), demostró los efectos del tamaño del portafolio en los indicadores de rendimiento del mismo. Su investigación, por otro lado, demostró que lo que afectaba los indicadores de rendimiento de los portafolios no era el tamaño del mismo sino el tiempo que mantenía en posesión los activos (acciones), así, lo que pudo haber si rentable un periodo

posiblemente no fuera tan rentable el siguiente (Ulrich, 1975, pág. 922). Adicional, aparece Chen & Knez (1996) con su trabajo donde propone un marco mediante el cual se escojan los indicadores a utilizar para medir el rendimiento del portafolio. Si bien acota, las opciones de mediciones, es necesario utilizar la mayor cantidad posible de estas para evaluar el desempeño del portafolio (Chen & Knez, 1996, pág. 526), conclusión a la también llega Goodwin (1998). Adicional, para que el portafolio este positivamente clasificado, de acuerdo a su desempeño, es necesario que los gerentes utilicen eficientemente la información privada que tengan a su disposición (Chen & Knez, 1996, pág. 547).

Siguiendo con la misma línea, Dybvig, Farnsworth, & Carpenter (2010) exponen los efectos de la agencia en los gerentes sobre los indicadores de rendimiento de los portafolios que tienen a su cargo (Dybvig, Farnsworth, & Carpenter, 2010). También aparece Brinson, Hood, & Beebower (1986) donde a partir de un modelo y un marco teórico, determina la contribución de la política de inversión y la estrategia de inversión al rendimiento del portafolio (Brinson, Hood, & Beebower, 1986). Donde la política genera mayor contribución al desempeño del portafolio que la estrategia, pero recordando la importancia de los dos para el resultado final (Brinson, Hood, & Beebower, 1986, pág. 44).

En la siguiente sección se hablará sobre la literatura referenciada que fundamenta el desarrollo el desarrollo de esta investigación. Después, se explicara la metodología utilizada para procesar y analizar la información seguido de la conformación de los portafolios a analizar y bajo qué criterios fueron escogidos los activos financieros pertenecientes a estos. Posteriormente, se revelaran las matrices creadas a partir de los portafolios sin optimizar, optimizado determinísticamente y estocásticamente, y el análisis efectuado sobre cada una de estas. Por

último, seguirán las conclusiones de la investigación y algunas recomendaciones generadas por el autor.

## 2. Desarrollo

### 2.1. Marco Teórico

Al momento de tomar decisiones sobre invertir recursos en un Fondo de Inversión Colectiva es necesario que haya herramientas que permitan a las personas tomar decisiones informadas. Me refiero a indicadores sobre el funcionamiento del fondo más allá de la rentabilidad histórica del mismo y que permitan una comparación más profunda entre las opciones dadas para así invertir en un vehículo que se adapte al perfil de riesgo de cada inversionista.

Dentro de este tema de investigación la teoría financiera relacionada tenemos a Mandelbrot (1966) con su investigación en el campo de la Teoría de Mercados Eficientes (Jensen & Smith, 1984, pág. 4). Markowitz (1952) como gran exponente de la Teoría de Portafolios (Jensen & Smith, 1984, pág. 6). Por último, tenemos Sharpe (1964) que junto con otros investigadores y aplicando el análisis hecho por Markowitz (1952) crearon la teoría que determinaría el *Capital Asset Pricing Theory* (Jensen & Smith, 1984, pág. 6).

La investigación de Mandelbrot (1966) con su análisis Estocástico y de Martingala sobre los precios y los valores esperados de un cultivo, permite identificar que hay variables independientes como el clima, el cual es aleatorio, conduce a un movimiento esperado en el precio del cultivo. Siguiendo con su análisis, el autor indica que los cambios en esta variable generan una reevaluación drástica en los pronósticos de los precios del *commodity* (Mandelbrot, 1966). Por lo cual, si bien estas variables se relacionan con la serie histórica de los precios del activo investigado, su especulación a futuro sería errónea por la aleatoriedad de sus cambios (Mandelbrot, 1966). Esto permite identificar que en un mercado perfecto, donde todos tienen acceso a la misma información más la aleatoriedad de los cambios en los precios, se genera que las ganancias sean cero (Jensen & Smith, 1984, pág. 4).

Si bien la teoría anterior no permite generar ganancias más allá del conocimiento de la información relevante por parte del mercado, la teoría de Markowitz (1952) sobre la selección del portafolio, permitirá dar un contraste, donde la ganancia económica es una posibilidad a partir de la elección de un portafolio eficiente preferible sobre otros. Dentro de su teoría el autor indica que la elección de un portafolio eficiente se da debido, en su mayoría, a la escogencia de un portafolio con valores diversificados. Donde este portafolio no solo se centra en la máxima rentabilidad esperada si no en una combinación de rentabilidad y varianza. El objetivo de la teoría es encontrar que la relación entre las dos sea lo más óptima posible, de la manera en que haya una alta rentabilidad esperada para los inversionistas a una varianza determinada o una determinada rentabilidad esperada a una varianza mínima (Markowitz, 1952, pág. 82).

Utilizando las siguientes formulas, sus conjugaciones y utilizando el caso hipotético de 3 activos financieros:

$$E = \sum_{i=1}^3 X_i \mu_i$$

$X_i = \% \text{ del valor invertido en el activo } i.$

$\mu_i = \text{Rentabilidad esperada del activo } i.$

$$V = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 X_i X_j \sigma_{ij}$$

$\sigma_{ij} = \text{Covarianza entre las rentabilidades esperadas de los activos } i, j.$

$$\sum_{i=1}^3 X_i = 1$$

$$X_i \geq 0 \text{ for } i = 1, 2, 3.$$

Markowitz demuestra geométrica cuales serían los portafolios que cumpla con la maximización de la relación óptima de rentabilidad y varianza, en el caso de que el inversionista este de acuerdo en perseguir esta relación como determinante para decidir su inversión.

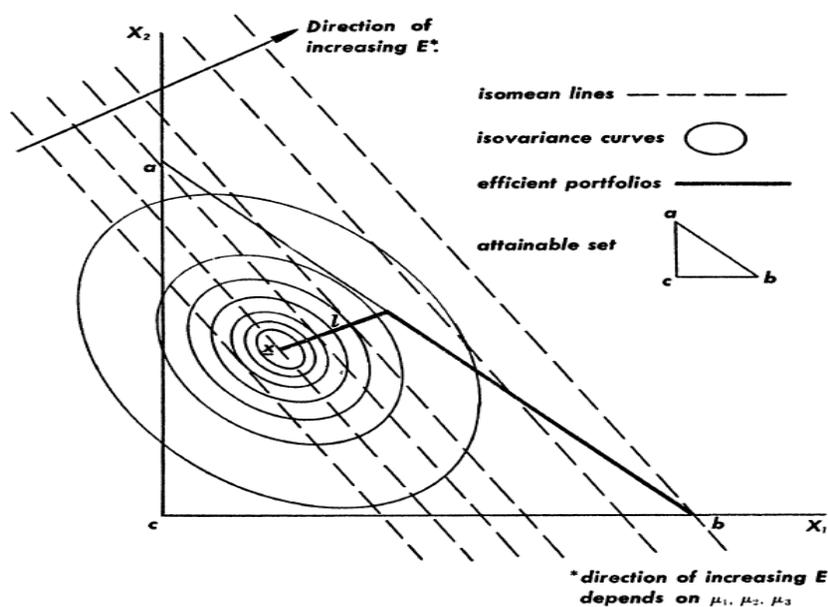


FIGURA 1, ISOMEAN

Nota: Tomado del Porfolio Selection (Markowitz, 1952, pág. 85)

Donde las posibles combinaciones de los activos  $X_1$  y  $X_2$  se da por el triángulo ABC, las rectas punteadas paralelas son los portafolios con una determinada rentabilidad esperada llamada “isomean lines”, y las elipses concéntricas son los portafolios dada una varianza “isovariance curve” (Markowitz, 1952, pág. 84). La rentabilidad esperada de los portafolios aumenta hacia la derecha mientras que la varianza disminuye hacia la elipse más pequeña siendo X el punto donde la varianza es mínima. Es de aclarar que si X estuviera por fuera del triángulo ABC no sería

eficiente por lo cual no habría un portafolio óptimo en determinado punto, pero en este caso X está dentro del triángulo por lo cual es óptimo y ninguno otro portafolio puede tener una varianza menor a este. Ahora, para determinar los portafolios eficientes dado una mínima varianza y una rentabilidad esperada, hay que encontrar los puntos donde las líneas punteadas son tangentes a las elipses, donde la unión de estos puntos genera una línea recta llamada “Critical Line”, la cual es la línea de los portafolios óptimos, la cual llega hasta la recta ab y se dirige hasta el punto b (Markowitz, 1952, pág. 84).

Siguiendo con su análisis, Markowitz, comprueba que la regla de que todo inversionista debe perseguir la diversificación en su portafolio (Markowitz, 1952, pág. 78) no se puede determinar a partir de solo búsqueda de la máxima tasa de descuento pero si con la propuesta, dada por el, con la regla de rentabilidad esperada y varianza, debido a que persigue los portafolios óptimos, los cuales en su mayoría son diversificados (Markowitz, 1952, pág. 89). También demuestra que el invertir en dos portafolios distintos con igual varianza el portafolio resultando de la suma de los dos anteriores es una varianza menor a la del portafolio original (Markowitz, 1952, pág. 89).

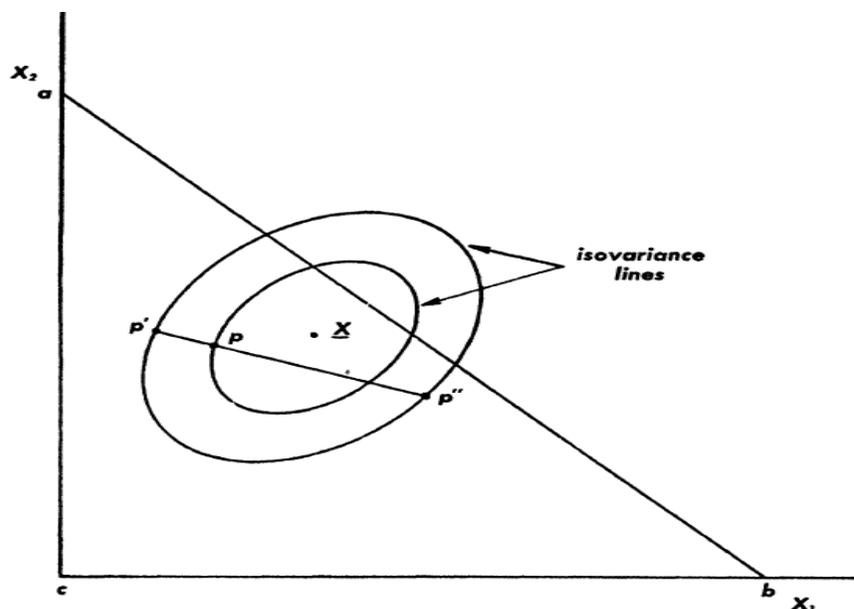


FIGURA 2, COMBINACIÓN

Nota: Tomado del *Portfolio Selection* (Markowitz, 1952, pág. 90)

En esta ilustración, Markowitz nos demuestra gráficamente, que, si se invierte unos recursos en un portafolio P' y el resto en otro P'', con varianzas iguales, el resultado es un portafolio conjunto con un menor riesgo P. El cual se encuentra en un punto dentro de la línea recta que une los dos portafolios iniciales, demostrando que se encuentra en una isovariance curve más cerca al punto X, en otras palabras, una varianza menor. Dando un paso más allá el autor, recomienda que para disminuir la varianza, es necesario evitar invertir en valores con altos niveles de covarianza, implicando diversificar entre industrias ya que la covarianza seria baja debido a los diferentes efectos de la economía sobre cada uno de ellos (Markowitz, 1952, pág. 89).

En esta investigación, el autor llega a unos desenlaces que permiten entender y utilizar su modelo, el por un lado ve el principio de rentabilidad esperada y varianza como una regla de comportamiento de inversión que como un comportamiento especulativo y por otro lado, usarlo en un análisis teórico del portafolio actual o como herramienta para seleccionar los activos a invertir en el portafolio a crear (Markowitz, 1952, pág. 90). En este último, recomienda revisar

periodos pasados para encontrar la cantidad de datos necesaria y tener las estadísticas necesaria para los activos a invertir (Markowitz, 1952).

Utilizando el análisis de Markowitz (1952) de portafolios eficientes, generados a partir de la combinación de rentabilidad esperada y varianza, aparece la investigación de Sharpe (1964) para contribuir a la creación de la teoría que permite determinar los precios de los activos de inversión en condiciones de riesgo (Jensen & Smith, 1984, pág. 6). Sharpe hizo un análisis donde los inversionistas crean un portafolio de inversión compuesto por activos libres de riesgo y activos riesgosos, generando combinaciones eficientes dada una rentabilidad esperada, una varianza y teniendo en cuenta la correlación con los activos de otros portafolios.

El autor empieza explicándonos a modo de introducción la relación entre el riesgo y la rentabilidad esperada con la siguiente gráfica:

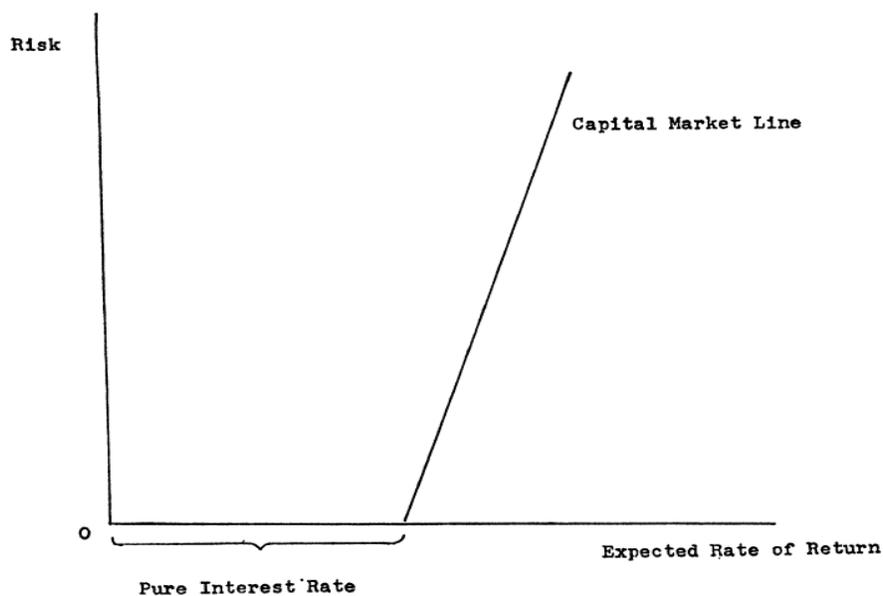


FIGURA 3, TASA DE INTERÉS PURA

Nota: Tomado del Capital Asset Prices (Sharpe, 1964, pág. 426)

Donde, el no incurrir en ningún riesgo el inversionista recibiría la tasa de interés pura pero al ir en aumento el riesgo la rentabilidad esperada igual aumenta (mayor a la tasa de interés pura), dando como resultado la dicotomía de ir por la tasa de interés pura a cero riesgo o ir por una mayor rentabilidad a un determinado nivel de riesgo (Sharpe, 1964).

Después, el autor, introduce la investigación de Markowitz (1952) como modelo de comportamiento del inversionista en condiciones de riesgo, para escoger el portafolio indicado (Sharpe, 1964).

$$U = f(E_w, \sigma_w)$$

$$W_t = RW_i + W_i$$

$$U = g(E_R, \sigma_R)$$

Sharpe indica que se busca maximizar la función de utilidad dado que los inversionistas prefieren altos niveles de rentabilidad con bajos niveles de varianza (riesgo) y debido a esto las curvas de indiferencia que maximizan portafolios, hacia donde quieren ir los inversionistas, tendrían pendientes positivas (Sharpe, 1964).

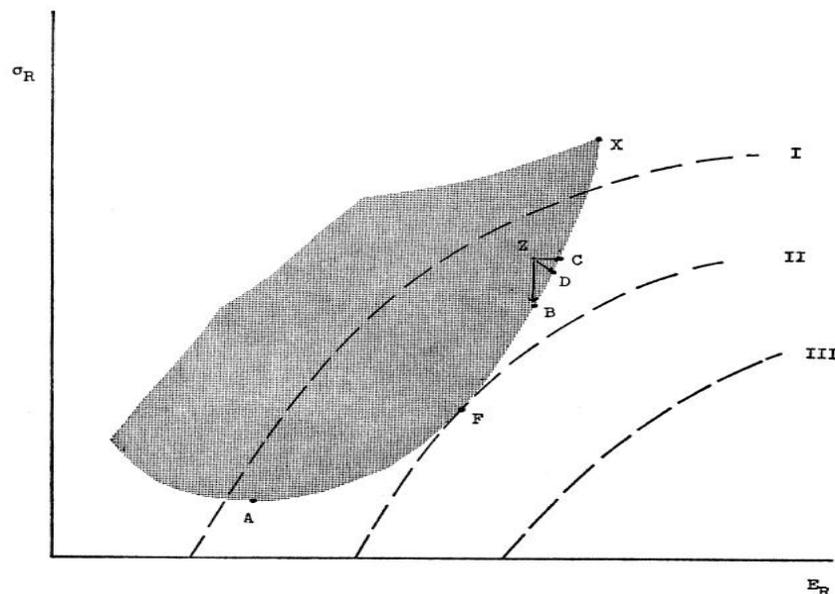


FIGURA 4, CURVAS DE INDIFERENCIA

Nota: Tomado del *Capital Asset Prices* (Sharpe, 1964, pág. 429)

Este plano de varianza y rentabilidad esperada, muestran las curvas de indiferencia I, II, y III como objetivos de inversión. Si de las opciones que tiene el inversionista estas están expuestas al riesgo (espacio sombreado), este escogerá el portafolio que maximice su función de utilidad, en este caso el punto F. Adicional, recuerda que dentro de este modelo, el inversionista siempre debe escoger la opción eficiente, la cual tenga: Mismo  $E_R$  y menor  $\sigma_R$ , Mismo  $\sigma_R$  y mayor  $E_R$ , Mayor  $E_R$  y menor  $\sigma_R$ . (Sharpe, 1964, pág. 429). Dentro de esta gráfica, los portafolios a tener en cuenta por el inversionista residen en el límite conformado por AFBDCX (Curva de Oportunidad de Inversión), donde no hay otros mejores que estos, y su escogencia se determina si se encuentra o no en una curva de indiferencia.

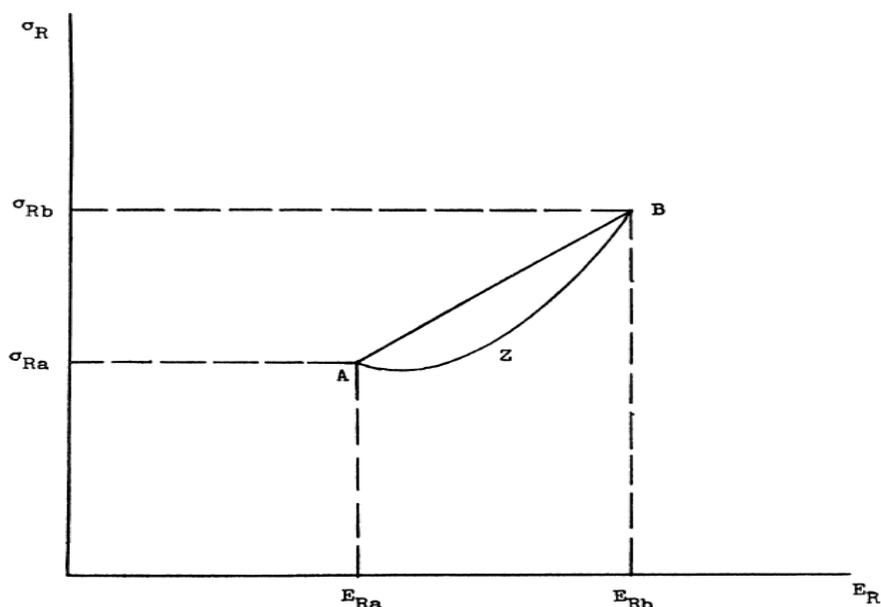


FIGURA 5, CURVA DE OPORTUNIDAD

Nota: Tomado del *Capital Asset Prices* (Sharpe, 1964, pág. 430)

Para explicar la curva de oportunidad, hablada anteriormente, el autor la explica como la correlación que existe entre las alternativas de inversión. En este caso invertir parte de los recursos en la opción A y el restante en la opción B, una perfecta correlación (+1) sería la línea recta, pero si esta no es perfecta (0) daría como resultado el tramo Z y si fuera negativa tendría una forma de U más marcada (Sharpe, 1964, pág. 431).

Continuando con su análisis, el autor incluye los activos libres de riesgo en combinación con activos riesgosos.

$$E_{RC} = \alpha E_{Rp} + (1 - \alpha) E_{Ra}$$

$$\sigma_{RC} = (1 - \alpha) \sigma_{Ra}$$

Dando como resultado que la rentabilidad esperada de la combinación sea igual la rentabilidad esperada de cada activo por su monto de inversión y su riesgo, varianza, está determinada por la

varianza del activo riesgoso multiplicado por el monto de inversión en ese activo dado que los activos libres de riesgos por su naturaleza su varianza es igual a cero (Sharpe, 1964).

Como se explica gráficamente, los valores de la rentabilidad esperada y varianza de la combinación de activos riesgosos y activos libres de riesgo se encuentran en la línea recta que une los dos activos (Sharpe, 1964, pág. 432), en este caso, entre P y los distintos puntos de activos riesgosos (X, B, A, Ø). Y como se vio anteriormente, el activo libre de riesgo en combinación con el activo Ø, genera el portafolio dominante debido a que la recta PØ es tangente a la curva de oportunidad (Markowitz, 1952).

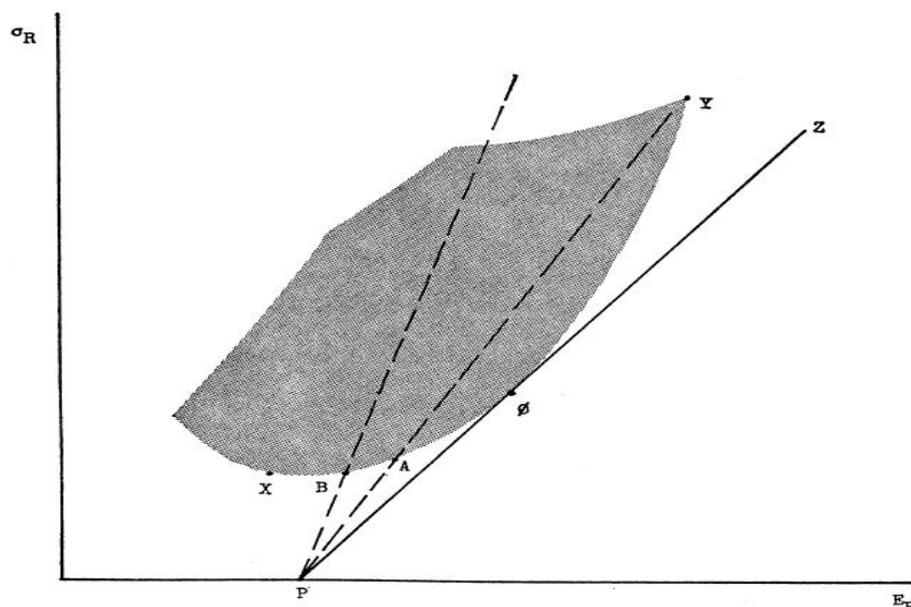


FIGURA 6, EQUILIBRIO DEL MERCADO DE CAPITALES

Nota: Tomado del *Capital Asset Prices* (Sharpe, 1964, pág. 432)

A partir de lo anterior, Sharpe explica el equilibrio en el Mercado de Capitales, con la siguiente gráfica, sobre los supuestos de: acceso a la tasa libre de riesgos a todos los inversionistas y las expectativas de los inversionistas se centran en rentabilidad esperada, desviación estándar y coeficientes de correlación entre los activos (Sharpe, 1964, pág. 433).

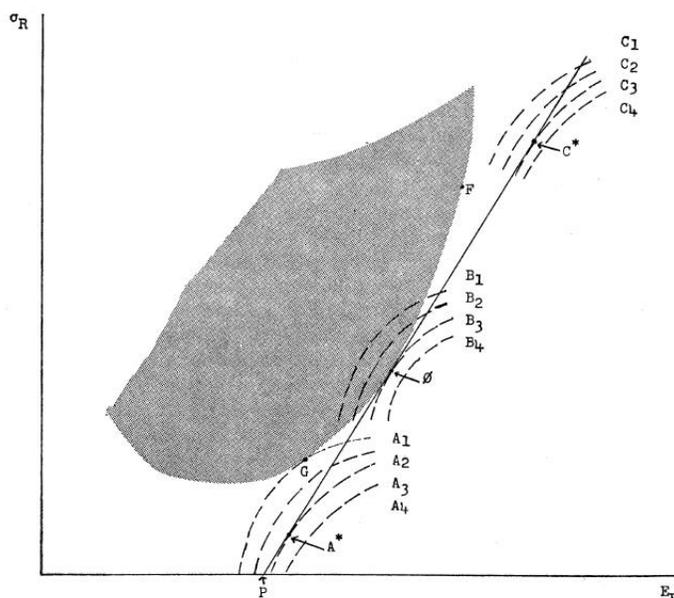


FIGURA 7, CURVAS DE INDIFERENCIA CON NIVEL DE RIESGO

Nota: Tomado del *Capital Asset Prices* (Sharpe, 1964, pág. 434)

Los inversionistas con curvas de indiferencias A's, B's y C's, conservador, moderado y agresivo respectivamente, en todos sus casos, prefieren ir en combinación con el punto Ø, debido a que va tangente a la curva de oportunidad, desde el punto P hasta Ø. Creando así, una gran demanda por esa combinación y el precio de sus activos suba, llevando a una bajada en su rentabilidad esperada, mientras que con las combinaciones G y F, el precio de sus activos baje y su rentabilidad esperada aumente generando nuevas opciones optimas de inversión y nuevos portafolios (Sharpe, 1964, pág. 435). Esto llevando a un equilibrio de mercado donde todos los activos entraran a ser parte de por lo menos un portafolio eficiente, contribuyendo a que los inversionistas inviertan en distintas opciones.

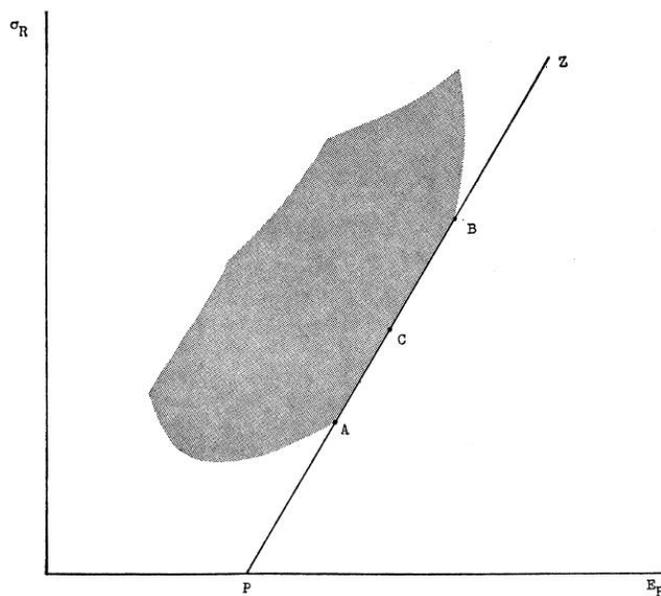


FIGURA 8, EQUILIBRIO MERCADO DE CAPITALES

Nota: Tomado del *Capital Asset Prices* (Sharpe, 1964, pág. 436)

La anterior grafica muestra esa situación de equilibrio donde el cambio de los precios de los activos financiero continúa hasta que cada uno pertenece a una combinación perteneciente a la línea del Mercado de Capitales (Sharpe, 1964, pág. 435). Adicional, como estas combinaciones quedan exactamente sobre la curva de oportunidad, pero ahora línea recta, estas combinaciones están perfectamente correlacionadas (Sharpe, 1964).

Por último, Sharpe, nos indica que como todos los portafolios eficientes están perfectamente correlacionados, puede indicar que esto se deba a su dependencia sobre la actividad económica, y de ser así, la diversificación permite evadir los demás riesgo excepto este (Sharpe, 1964). Por ende, la respuesta de las rentabilidades a los efectos de la actividad económica es la única medición para evaluar los riesgos sobre el activo determinado (Sharpe, 1964, pág. 441). Adicional, indica que los activos que no los afecta los cambios en la actividad económica generaran el retorno libre de riesgo y los que si los afecta, una rentabilidad mayor (Sharpe, 1964, pág. 442).

Por otro lado, tenemos la investigación Ross (1976), buscando generar un modelo alternativo de valoración de activos de capital, al modelo de la media varianza, CAPM (Capital Asset Pricing Model), al cual contribuyeron las investigaciones de Sharpe (1964) y Treynor (1965). Esto se da debido a la dificultad de justificar las suposiciones dadas en el modelo CAPM (Ross, 1976, pág. 341).

El autor compara las formulas del CAPM y su modelo de arbitraje a partir de un enfoque, para poner un punto de partida donde se visualiza la diferencia matemáticamente entre estas dos teorías de valoraciones de activos.

#### CAPM

$$E_i = p + \lambda b_i$$

$$b_i = \frac{\sigma_{im}^2}{\sigma_m^2}$$

Donde  $E_i$  es el retorno esperado,  $p$  es la tasa libre de riesgo,  $\lambda$  el exceso de retorno esperado en el mercado dado ( $E_m - p$ ), y el coeficiente beta, es la división de la covarianza de los retornos del activo  $i$  y el mercado y la varianza del mercado (Ross, 1976, pág. 341)

#### Arbitraje

$$\tilde{x}_i = E_i + \beta_i \tilde{\delta} + \tilde{\epsilon}_i \text{ Original}$$

$$\tilde{x}_i = E_i + \beta_{i1} \tilde{\delta}_1 + \dots + \beta_{ik} \tilde{\delta}_k + \tilde{\epsilon}_i \text{ General}$$

$$E_i = p + (E_m - p) \beta_i \text{ Modificada}$$

Donde  $X_i$  son los retornos aleatorios de un activo  $i$ ,  $E_i$  la rentabilidad esperada del activo  $i$ ,  $E_m$  la rentabilidad esperada del mercado, Beta la sensibilidad del factor  $\delta$  con respecto al activo  $i$ ,  $\delta$  un

factor de media cero y  $\epsilon$  es media de cero y aumenta a medida que aumentan los  $\delta$  (Ross, 1976, pág. 342).

Como se ve anteriormente la fórmula de CAPM y la de arbitraje modificada son equivalentes y se relacionan, pero son teorías totalmente distintas. Por un lado, la fórmula de arbitraje se mantiene tanto en equilibrio como en desequilibrio y el mercado no juega un papel importante en la fórmula de arbitraje (Ross, 1976, pág. 343).

Dentro de esta investigación, el autor propone un contraejemplo a su modelo, con el fin de examinar matemáticamente la fortaleza del mismo y que otros elementos se podrían añadir para mostrar la validez del mismo (Ross, 1976). Igualmente, dentro de la misma investigación, demuestra la suficiencia de su modelo en cuanto al contraejemplo planteado por él mismo.

Como podemos ver, la fórmula de este modelo plantea que la rentabilidad de un activo específico está determinada por un conjunto de factores y la relación que hay entre el activo objeto de estudio y los factores utilizados para determinar su rentabilidad (Ross, 1976).

## **2.2. Metodología**

Para desarrollar este trabajo de grado se realizarán los siguientes pasos que darán validez a la investigación y a los resultados generados a partir de la misma:

- Revisión Bibliográfica:

Como base de este trabajo grado se efectuó una revisión de bibliográfica que permitió tener los cimientos para empezar la investigación y permitiera la interpretación de los resultados obtenidos.

- Teoría de Portafolios, Markowitz (1952).
- Teoría de Mercados Eficientes, Mandelbrot (1966).
- Capital Asset Pricing Theory, Sharpe (1964).

- Proceso Datos:

Se crearán 10 portafolios distintos y se le determinarán los distintos indicadores de desempeño al cierre de 2018. Los activos contenidos en estos portafolios deberán contener mínimo 10 años de rentabilidades mensuales para ser sujetos de selección, por lo tanto, si los activos no cumplen con datos mínimo para 10 años de rentabilidades mensuales desde diciembre 31 de 2018 hacia atrás, no serán tenidos en cuenta para ser parte de cada uno de los portafolios a generar. Toda la información respectiva a los activos financieros será descargada del software Bloomberg.

La siguiente tabla contiene los indicadores de desempeño que serán utilizados para validar el comportamiento de los portafolios y sus fórmulas matemáticas.

*Tabla 1 Indicadores*

Indicador	Expresión Matemática	Concepto
Ratio de Sharpe	$\frac{R_p - R_f}{\sigma_p}$	Utilidad por unidad de riesgo.
Ratio de Treynor	$\frac{R_p - R_f}{\beta}$	Utilidad por sensibilidad del portafolio.
Alfa de Jensen	$\tilde{R}_P - [R_f + \beta_P(\tilde{R}_M - R_f)]$	Utilidad generada por el administrador del portafolio.

Information Ratio	$\frac{\overline{ER}}{\sigma_{ER}}$	Valor generado contra el benchmark.
Sortino Ratio	$\frac{R_p - R_f}{\sigma_p}$	Utilidad por unidad de riesgo de retornos negativos.
Calmar Ratio	$\frac{\text{Rendimiento Anualizado}}{ \text{Maximo Drawdown} }$	Utilidad por máxima pérdida.
Tracking Error	$\sqrt{\sum_{t=1}^T \frac{R_P - R_B}{T}}$	Diferencia del retorno del portafolio contra el benchmark.

- Análisis y Conclusiones:

Después de la creación de los portafolios se dará paso al proceso de la determinación de cada uno de los indicadores de desempeño para cada uno de ellos. Se creará una matriz de comparación con cada uno de los indicadores de desempeño de cada portafolio, y se clasificarán estos de acuerdo a estos indicadores. Adicional al proceso anterior, se procederá a implementar 2 procesos paralelos, los cuales serán la optimización determinística y estocástica mediante Crystal Ball, de cada portafolio y se creará una matriz adicional para cada uno de estos procesos adicionales, para hacer la comparación frente a cada una y frente a la matriz sin ningún tipo de modificación. Esto con el fin de determinar que las optimizaciones de los indicadores de desempeño permiten escoger el mejor portafolio posible, de acuerdo a estos indicadores, y una herramienta que permite añadir información a la toma de decisión de inversión.

### **2.3. Portafolios**

Con el objetivo de validar la relevancia de los indicadores de portafolio mas importantes en la teoría, se procede a la creación de distintos tipos de portafolios. Estos son creados mediante la inclusión de activos financiero, acciones de empresas, que transan en el mercado de Estados Unidos de América y tienen domicilio principal en ese mismo país y que contengan datos de mínimo 10 años hacia atrás desde el 31 de diciembre de 2018 con una periodicidad mensual. La selección de los activos financieros de cada portafolio estará determinada por diferentes métricas para poder validar los diferentes momentos en los que se encuentran las acciones, como indicadores bursátiles, métricas especiales, rentabilidades anuales, etc. De acuerdo con estos criterios de selección darán como resultado un numero determinado de acciones, los cuales, si no cumplen con el mínimo de información, nombrado anteriormente, serán eliminadas del portafolio para no generar errores al momento de calcular los indicadores de desempeño de portafolio.

#### **2.3.1. Portafolio 1**

En este portafolio se escogieron las 20 mejores empresas del mercado americano en términos de generación de flujo de caja libre en el último año. Este portafolio quedo compuesto por 19 acciones.

#### **2.3.2. Portafolio 2**

Un portafolio enfocado en las mejores empresas, con buenos indicadores, con lo cual deben cumplir lo siguiente:

- Price to Earnings menor a la media.
- Price to Book menor a la media.
- Net Debt to EBITDA menor a la media.
- ROIC to WACC mayor a la media.

- Dividend Yield mayor a la media.
- Capitalización bursátil mayor a USD5 billones.

Este portafolio se encuentra compuesto por 32 acciones.

### **2.3.3. Portafolio 3**

Esta enfocado en todas las empresas que cotizan en el mercado americano del sector de Utilities, capitalización bursátil mayor a USD5 billones y un ROIC/WACC mayor a 0. Este portafolio se encuentra compuesto por 22 acciones.

### **2.3.4. Portafolio 4**

Está enfocado en todas las empresas que cotizan en el mercado americano del sector de Internet Media y un ROIC/WACC mayor a 0. Este portafolio se encuentra compuesto por 13 acciones.

### **2.3.5. Portafolio 5**

Las acciones pertenecientes al índice bursátil de peor desempeño en Estados Unidos de America en 2018 el cual fue The Philadelphia Oil Service Sector Index o OSX Index. Este portafolio se encuentra compuesto por 10 acciones.

### **2.3.6. Portafolio 6**

Las acciones pertenecientes al índice bursátil de mejor desempeño en Estados Unidos de America en 2018, el cual fue The Philadelphia Utility Sector Index o UTY Index. Este portafolio se encuentra compuesto por 20 acciones.

### **2.3.7. Portafolio 7**

Bajo el criterio e investigación dada por Piotrosky (2000), se escogen las acciones con calificaciones iguales a 1 en el último año. Tomando como base las acciones pertenientes al índice bursatil Russel 3000. Este portafolio se encuentra compuesto por 22 acciones.

Tener en cuenta que Piotrosky (2000) crea un F\_SCORE que permite categorizar financieramente las empresas de 0 a 9, donde entre mas alto el resultado significa que la compañía tiene buenas señales y permite prever un desempeño positivo para la empresa.

### 2.3.8. Portafolio 8

Bajo el criterio e investigación dada por Piotrosky (2000), se escogen las acciones con calificaciones iguales de 9 para el último año. Tomando como base las acciones pertenientes al índice bursatil Russel 3000. Este portafolio se encuentra compuesto por 17 acciones.

### 2.3.9. Portafolio 9

Creado con las acciones de empresas del mercado estadounidense que cumplen con los criterios de ROIC/WACC mayor a 1 y Net/EBITDA menor a la media. Este portafolio quedo compuesto por 36 acciones.

### 2.3.10. Portafolio 10

El top 1 de las acciones que transan en las bolsas de Estados Unidos, con mejor margen operativo. Este portafolio se encuentra compuesto por 16 acciones.

## 2.4. Optimización de Indicadores de Desempeño

### 2.4.1. Sin Optimización

Tabla 2 Matriz indicadores de Desempeño – Sin Optimización

Portafolio	Calidad	Cantidad	Sharpe	Treynor	Jensen	Information	Sortino	Calmar	Trackin Error
P 1	Buena	19	18,80%	0,76%	0,08%	10,78%	34,02%	7,00%	1,43%
P 2	Buena	32	13,96%	0,58%	-0,14%	1,20%	25,82%	3,80%	2,08%
P 3	Neutra	22	12,86%	1,09%	0,18%	-5,03%	20,77%	4,97%	3,98%
P 4	Neutra	13	-7,27%	-1,36%	-1,49%	-12,55%	-12,63%	-0,79%	13,34%
P 5	Mala	10	-6,53%	-0,37%	-1,73%	-17,61%	-10,11%	-0,44%	7,38%
P 6	Buena	20	8,56%	0,82%	0,05%	-8,48%	13,33%	3,59%	4,21%

P 7	Mala	22	-4,62%	-0,24%	-1,39%	-22,37%	-6,81%	-0,17%	5,61%
P 8	Buena	17	112,07%	4,82%	4,96%	14,81%	218,69%	26,05%	2,44%
P 9	Buena	36	11,86%	0,59%	-0,08%	-5,96%	19,96%	3,88%	2,82%
P 10	Buena	16	-24,86%	-3,85%	-3,93%	-30,92%	-39,33%	-3,10%	13,01%

La tabla anterior presenta los 10 portafolios creados con los criterios anteriormente mencionados, la calidad refiriéndose a los criterios utilizados para escoger las acciones que pertenecerán a los portafolios son positivo, neutrales o negativos, esto implica que estos criterios permitirían tener métricas de acuerdo a estos criterios. La cantidad de acciones que crearon el portafolio y los indicadores de desempeño de portafolio.

Esta es la matriz resultante, de aplicar cada uno de los cálculos de los indicadores de desempeño a cada uno de los portafolios creados. Los cálculos fueron hechos sin ningún tipo de optimización determinística o estocástica mediante crystal ball, por lo cual estos indicadores son el resultado de los criterios de selección anteriormente mencionados a cada portafolio y de una ponderación idéntica de cada activo financiero al portafolio perteneciente.

El portafolio 1, escogido con una metodología de flujo de caja, muestra de los mejores resultados en términos de indicadores de desempeño, donde el Sortino Ratio fue el indicador que mas diferencia marco frente a los demás portafolios.

En la misma línea se encuentra el portafolio 2, el cual con una metodología más compleja, busca seleccionar las mejores acciones, tuvo un desempeño positivo frente a sus competidores, con un Sharpe Ratio como su mejor indicador.

El portafolio 3, cual fue seleccionado de acuerdo al sector económico Utilities, tuvo un desempeño regular aunque la mayoría de sus indicadores fueron positivos.

Portafolio 4, sector Internet Media, en general, todos sus indicadores dieron negativos aunque el criterio de selección, en principio, no tenga incidencia sobre los indicadores pero todo debe apuntar a que durante los últimos 10 años no hubo un buen desempeño de este grupo de acciones.

Portafolio 5, acciones pertenecientes al índice de peor desempeño en Estados Unidos de America en 2018 de acuerdo a la rentabilidad, tuvo un mal desempeño, la mayoría de sus indicadores fueron negativos excepto el Tracking Error, lo cual comparándolo contra el mercado es positivo este indicador.

Portafolio 6, acciones pertenecientes al índice de mejor desempeño en Estados Unidos de America, la mayoría de los indicadores positivos siendo el Sortino Ratio su mejor indicador y solo el Information Ratio estuvo en terreno negativo.

Portafolio 7, escogido bajo el criterio de Piotrosky (2000) igual a 1, tuvo un desempeño malo como se esperaba pero un Trackin Error positivo dando sorpresa. Aunque la mayoría de sus indicadores fueron negativos no fueron el portafolio con peor desempeño.

Portafolio 8, criterio de Piotrosky (2000) con empresas con calificación igual a 9, resultados en general positivos en línea con la expectativa de selección de activos financieros. Confirmando que de acuerdo al criterio de selección, fueron el portafolio de mejor desempeño.

Portafolio 9, creado con las acciones de empresas del mercado estadounidense que cumplen con los criterios de ROIC/WACC mayor a 1 y Net/EBITDA menor a la media, fue el segundo mejor portafolio en desempeño, con la mayoría de sus indicadores muy por encima del resto.

Portafolio 10, creado con acciones de empresas de Estados Unidos con mejor margen operativo, fue el portafolio con peor desempeño, aunque su criterio de selección aparentaba ser positivo y pretendía tener mejores indicadores.

Los portafolios que fueron creados con métricas positivas tuvieron un buen desempeño en los indicadores, aunque el portafolio 10 tuvo el peor desempeño entre todos los portafolios. Los portafolios con métricas negativas, su desempeño fue en línea con su metodología de escogencia de activos financieros. Por otro lado, los portafolios con metodología de selección de acciones por sector, su desempeño fue variado, el portafolio 3 tuvo un buen desempeño en cambio el portafolio 4 fue malo.

#### 2.4.2. Optimización Determinística

A partir de la creación de los portafolios y de los criterios de selección iniciales para las acciones, el siguiente paso, es generar una optimización determinística de cada uno de los portafolios con la herramienta Solver de Microsoft Excel. Para este caso se estarán optimizando los indicadores Calmar Ratio, Sharpe Ratio y Sortino Ratio, a partir de cambios en las ponderaciones o pesos de cada acción en los 10 portafolios.

La tabla a continuación, tabla 3, muestra cuales fueron los resultados de la optimización, donde P1 equivale al Portafolio 1, Indicador Optimizado equivale al indicador entre Calmar, Sharpe, y Sortino cual fue el optimizado en determinada cartera, Cantidad al número de acciones remanentes en la cartera después de validar cuales son las que más le aportan a los indicadores optimizados y por último, como quedaron todos los indicadores después de este proceso.

Tabla 3 Matriz indicadores de Desempeño – Optimización Determinística

Indicador Optimizado	Cantidad	Sharpe	Treynor	Jensen	Information	Sortino	Calmar	Tracking Error
----------------------	----------	--------	---------	--------	-------------	---------	--------	----------------

P 1	Calmar	16	26,12%	1,08%	0,37%	22,25%	52,08%	11,00%	1,48%
P 1	Sharpe	5	36,32%	1,87%	1,04%	31,39%	80,58%	9,76%	3,04%
P 1	Sortino	6	35,65%	1,77%	0,94%	30,72%	83,16%	9,60%	2,78%
P 2	Calmar	22	20,15%	0,85%	0,18%	12,92%	38,53%	7,46%	1,93%
P 2	Sharpe	8	23,43%	1,01%	0,33%	17,66%	43,60%	7,49%	2,03%
P 2	Sortino	10	21,79%	0,96%	0,31%	15,56%	46,18%	7,33%	2,47%
P 3	Calmar	6	20,80%	1,69%	0,47%	2,74%	36,54%	10,41%	3,93%
P 3	Sharpe	4	24,30%	2,83%	0,71%	5,58%	44,14%	8,44%	4,45%
P 3	Sortino	3	24,13%	3,08%	0,73%	5,61%	44,52%	8,34%	4,58%
P 4	Calmar	8	19,70%	1,38%	0,68%	11,54%	40,79%	7,07%	5,71%
P 4	Sharpe	4	29,55%	1,86%	1,16%	23,38%	57,68%	8,08%	4,94%
P 4	Sortino	4	27,55%	1,70%	1,02%	21,01%	62,59%	9,10%	4,86%
P 5	Calmar	1	3,79%	0,30%	-0,51%	-3,26%	6,36%	0,90%	9,09%
P 5	Sharpe	1	3,79%	0,30%	-0,51%	-3,26%	6,36%	0,90%	9,09%
P 5	Sortino	1	3,79%	0,30%	-0,51%	-3,26%	6,36%	0,90%	9,09%
P 6	Calmar	5	18,48%	1,79%	0,47%	1,80%	31,60%	8,11%	4,39%
P 6	Sharpe	3	22,78%	2,68%	0,68%	4,90%	40,88%	8,39%	4,55%
P 6	Sortino	2	22,60%	3,01%	0,73%	5,36%	41,29%	7,74%	4,79%
P 7	Calmar	7	22,31%	1,20%	0,66%	17,27%	42,38%	6,36%	4,98%
P 7	Sharpe	5	23,40%	1,29%	0,78%	18,79%	45,52%	5,32%	5,22%
P 7	Sortino	5	23,14%	1,34%	0,80%	17,82%	46,22%	5,50%	5,39%
P 8	Calmar	11	236,24%	12,05%	11,84%	21,87%	534,61%	107,33%	3,50%
P 8	Sharpe	7	267,50%	13,29%	15,07%	16,19%	561,60%	76,42%	3,84%
P 8	Sortino	7	258,15%	13,47%	13,99%	20,05%	581,77%	89,46%	3,88%
P 9	Calmar	33	20,92%	1,04%	0,27%	3,86%	40,89%	8,90%	2,55%
P 9	Sharpe	4	38,17%	2,66%	1,01%	19,13%	89,91%	10,70%	3,51%
P 9	Sortino	5	37,79%	2,60%	1,01%	19,57%	91,03%	11,28%	3,53%
P									
10	Calmar	2	5,88%	2,34%	1,78%	4,30%	11,51%	2,76%	42,61%
P									
10	Sharpe	2	5,98%	2,13%	1,76%	4,43%	11,60%	2,08%	43,18%
P									
10	Sortino	2	5,97%	2,20%	1,77%	4,40%	11,62%	2,28%	42,83%

Ordenando la tabla 3, de mayor Sharpe Ratio a menor, obtenemos la Tabla 4, la cual nos informa que el mejor portafolio de acuerdo al Sharpe fue el portafolio 8, logrando un indicador en promedio de 254% para todas las optimizaciones generadas. También hay que tener en cuenta, que si bien el criterio de selección de las acciones para este portafolio es una metodología robusta, al hacer la optimización solo la mitad de estas fueron escogidas para optimizar los indicadores previstos. Por otro lado, tenemos al portafolio 5, como el peor portafolio en cuanto al Sharpe con un promedio de 3,79%, e interesante el hecho que al ser un portafolio que en

principio es negativo por el criterio de selección de las acciones, al final, solo 1 acción es la que optimiza todos los indicadores.

Tabla 4 Matriz indicadores de Desempeño – Optimización Determinística – Ordenados Mayor Sharpe

P	Indicador Optimizado	Cantidad	Sharpe	Treynor	Jensen	Information	Sortino	Calmar	Trackin Error
P 8	Sharpe	7	267,50%	13,29%	15,07%	16,19%	561,60%	76,42%	3,84%
P 8	Sortino	7	258,15%	13,47%	13,99%	20,05%	581,77%	89,46%	3,88%
P 8	Calmar	11	236,24%	12,05%	11,84%	21,87%	534,61%	107,33%	3,50%
P 9	Sharpe	4	38,17%	2,66%	1,01%	19,13%	89,91%	10,70%	3,51%
P 9	Sortino	5	37,79%	2,60%	1,01%	19,57%	91,03%	11,28%	3,53%
P 1	Sharpe	5	36,32%	1,87%	1,04%	31,39%	80,58%	9,76%	3,04%
P 1	Sortino	6	35,65%	1,77%	0,94%	30,72%	83,16%	9,60%	2,78%
P 4	Sharpe	4	29,55%	1,86%	1,16%	23,38%	57,68%	8,08%	4,94%
P 4	Sortino	4	27,55%	1,70%	1,02%	21,01%	62,59%	9,10%	4,86%
P 1	Calmar	16	26,12%	1,08%	0,37%	22,25%	52,08%	11,00%	1,48%
P 3	Sharpe	4	24,30%	2,83%	0,71%	5,58%	44,14%	8,44%	4,45%
P 3	Sortino	3	24,13%	3,08%	0,73%	5,61%	44,52%	8,34%	4,58%
P 2	Sharpe	8	23,43%	1,01%	0,33%	17,66%	43,60%	7,49%	2,03%
P 7	Sharpe	5	23,40%	1,29%	0,78%	18,79%	45,52%	5,32%	5,22%
P 7	Sortino	5	23,14%	1,34%	0,80%	17,82%	46,22%	5,50%	5,39%
P 6	Sharpe	3	22,78%	2,68%	0,68%	4,90%	40,88%	8,39%	4,55%
P 6	Sortino	2	22,60%	3,01%	0,73%	5,36%	41,29%	7,74%	4,79%
P 7	Calmar	7	22,31%	1,20%	0,66%	17,27%	42,38%	6,36%	4,98%
P 2	Sortino	10	21,79%	0,96%	0,31%	15,56%	46,18%	7,33%	2,47%
P 9	Calmar	33	20,92%	1,04%	0,27%	3,86%	40,89%	8,90%	2,55%
P 3	Calmar	6	20,80%	1,69%	0,47%	2,74%	36,54%	10,41%	3,93%
P 2	Calmar	22	20,15%	0,85%	0,18%	12,92%	38,53%	7,46%	1,93%
P 4	Calmar	8	19,70%	1,38%	0,68%	11,54%	40,79%	7,07%	5,71%
P 6	Calmar	5	18,48%	1,79%	0,47%	1,80%	31,60%	8,11%	4,39%
P									
P 10	Sharpe	2	5,98%	2,13%	1,76%	4,43%	11,60%	2,08%	43,18%
P									
P 10	Sortino	2	5,97%	2,20%	1,77%	4,40%	11,62%	2,28%	42,83%
P									
P 10	Calmar	2	5,88%	2,34%	1,78%	4,30%	11,51%	2,76%	42,61%
P 5	Calmar	1	3,79%	0,30%	-0,51%	-3,26%	6,36%	0,90%	9,09%
P 5	Sharpe	1	3,79%	0,30%	-0,51%	-3,26%	6,36%	0,90%	9,09%
P 5	Sortino	1	3,79%	0,30%	-0,51%	-3,26%	6,36%	0,90%	9,09%

### 2.4.3. Optimización Estocástica

Como segundo paso en esta investigación, es hacer la optimización estocástica de los portafolios a partir de la herramienta Crystal Ball. Como se hizo anteriormente, todos los portafolios comienzan desde el mismo punto inicial y las ponderaciones de las acciones todas iguales, se fue generando la optimización de cada indicador (Calmar Ratio, Sharpe Ratio, y Sortino Ratio) en una hoja de cálculo distinta iniciando desde el mismo punto.

Para iniciar con este proceso, se buscara la distribución de probabilidad de los rendimientos de cada acción perteneciente a cada portafolio. Estas distribuciones quedaran guardadas en el archivo de Excel Conclusiones, donde se podrán observar cual es la distribución de cada acción. Igualmente si se desea, en la hoja de cálculo de cada optimización estocástica de cada indicador, quedaran los el detalle de cada distribución de cada acción.

Al encontrar la distribución de probabilidad se continúa al siguiente paso, correlacionar las variables, acciones, y siguiente, es encontrar el número de pruebas  $n$  deseada para tener un Mean Square Error pequeño, que genere una prueba confiable. En principio se buscaba un número de pruebas deseadas de al menos 5 millones de pruebas.

El siguiente paso, era a partir de las distribuciones de probabilidad, las correlaciones y el número de pruebas deseadas, para generar un proceso confiable.

Después el proceso fue optimizar los indicadores deseados, a partir de una celda objetivo (indicadores de desempeño), variables de decisión (ponderación de las acciones en la cartera), correlaciones, restricciones (las ponderaciones no podían superar el 100%) y por último, las pruebas deseadas. En este último paso encontramos un problema técnico de capacidad de los computadores debido a que por la complejidad de los cálculos, el aplicativo se quedaba iterando

sin generar resultados. Por tal motivo, fue necesario bajarle al número de pruebas, desde 5 millones hasta las 200,000 pruebas.

En este proceso también encontramos las probabilidades que los indicadores de desempeño optimizados fueran positivos en cada uno de los portafolios. Los cuales fueron de la siguiente forma:

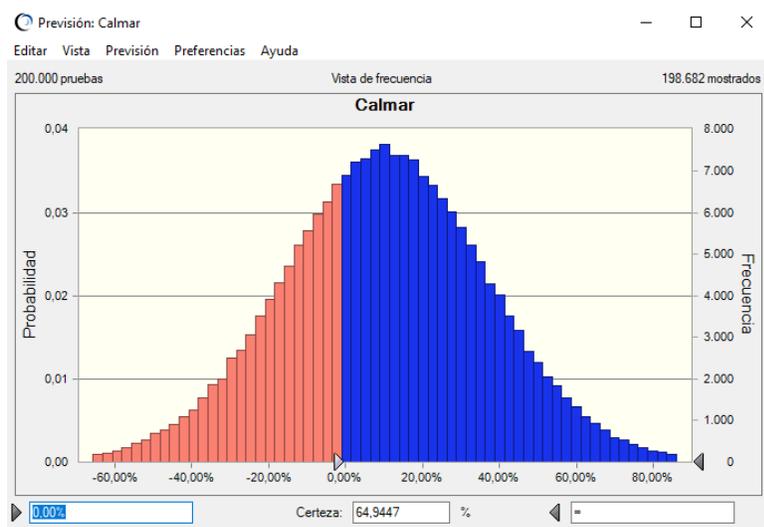


FIGURA 9 OPTIMIZACIÓN CALMAR P1

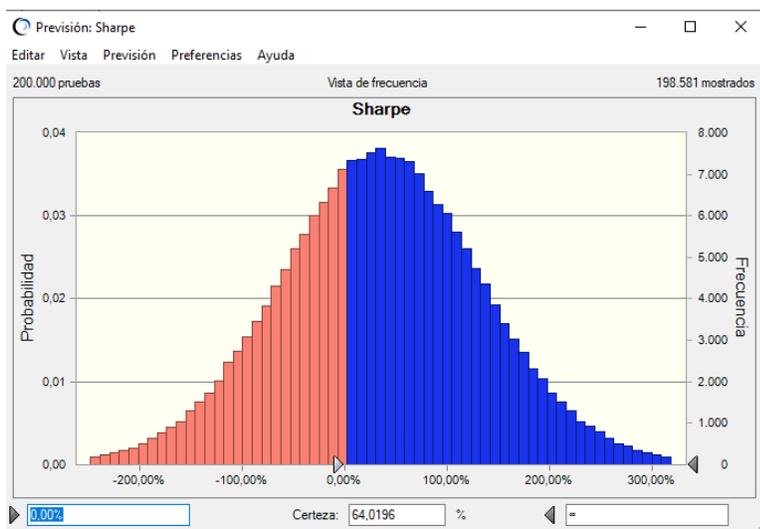


FIGURA 10 OPTIMIZACIÓN SHARPE P1

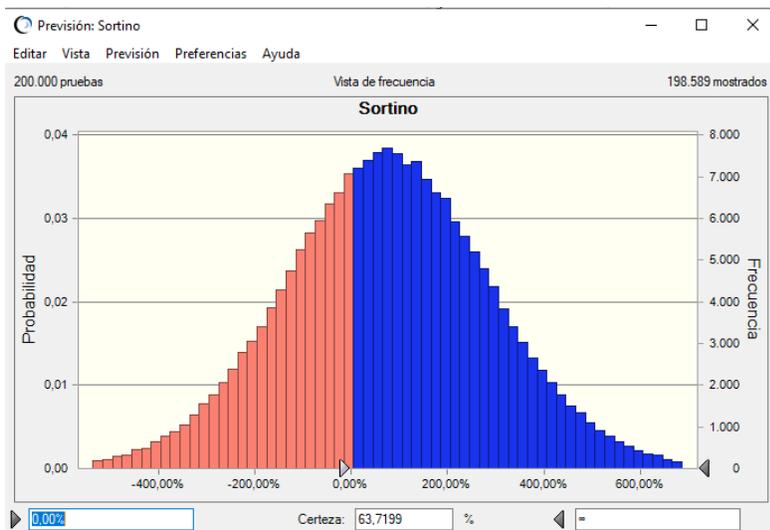


FIGURA 11 OPTIMIZACIÓN SORTINO P1

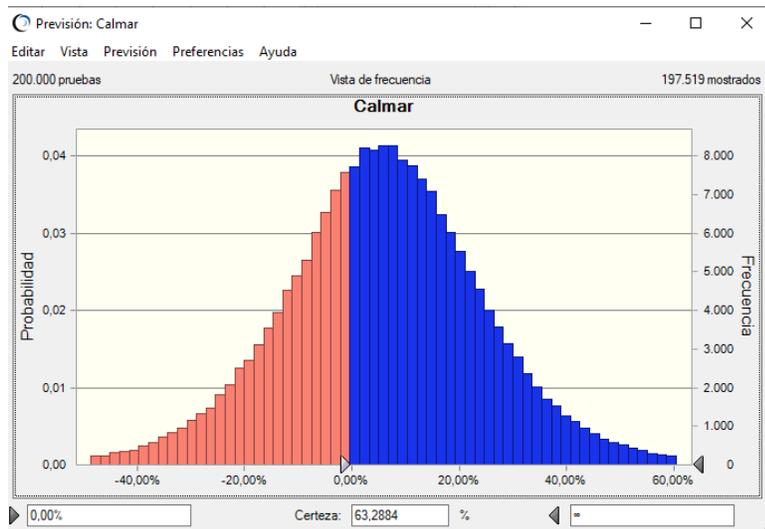


FIGURA 12 OPTIMIZACIÓN CALMAR P2

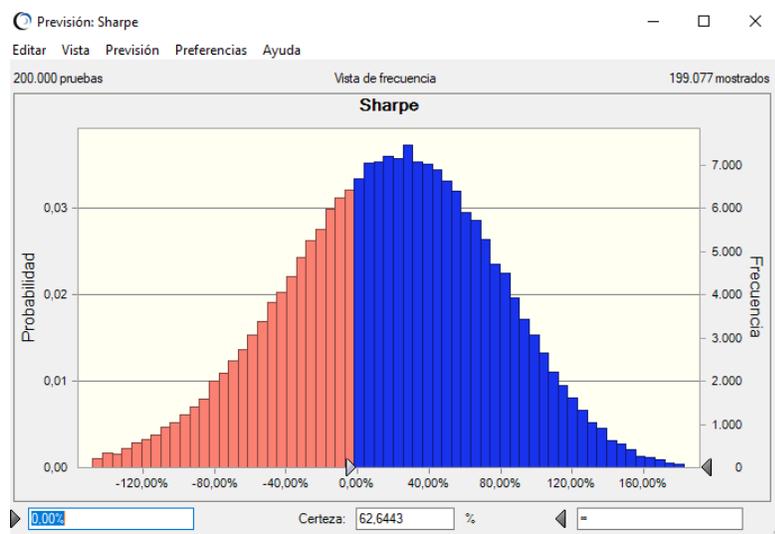


FIGURA 13 OPTIMIZACIÓN SHARPE P2

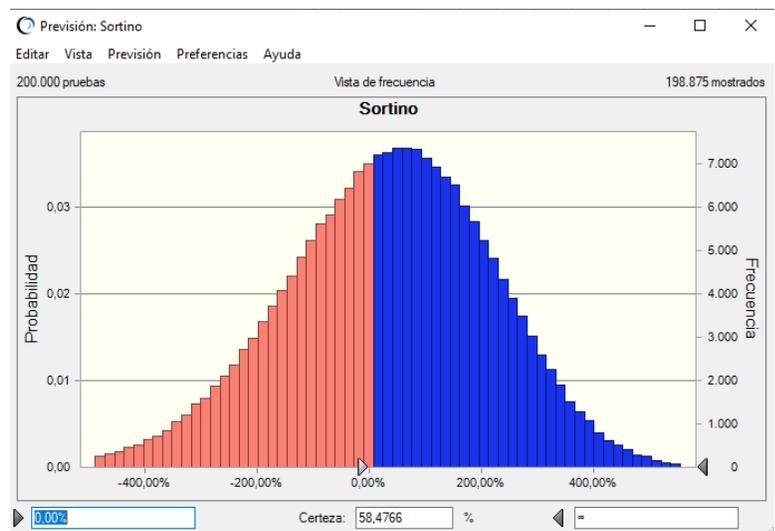


FIGURA 14 OPTIMIZACIÓN SORTINO P2

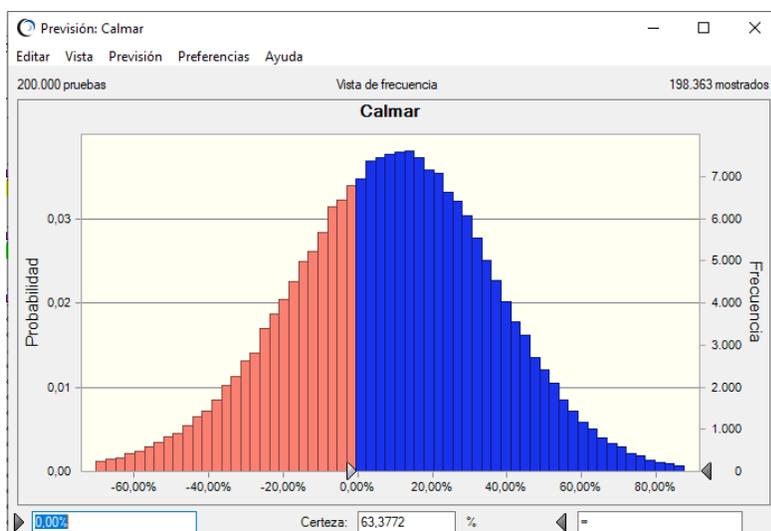


FIGURA 15 OPTIMIZACIÓN CALMAR P3

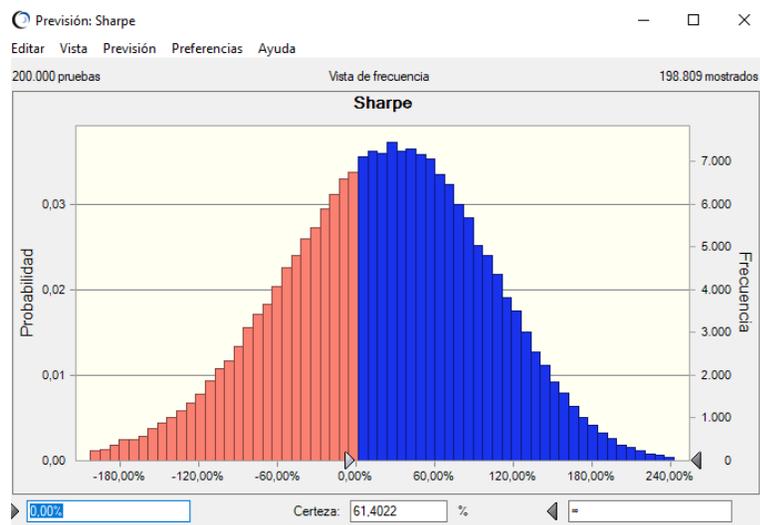


FIGURA 16 OPTIMIZACIÓN SHARPE P3

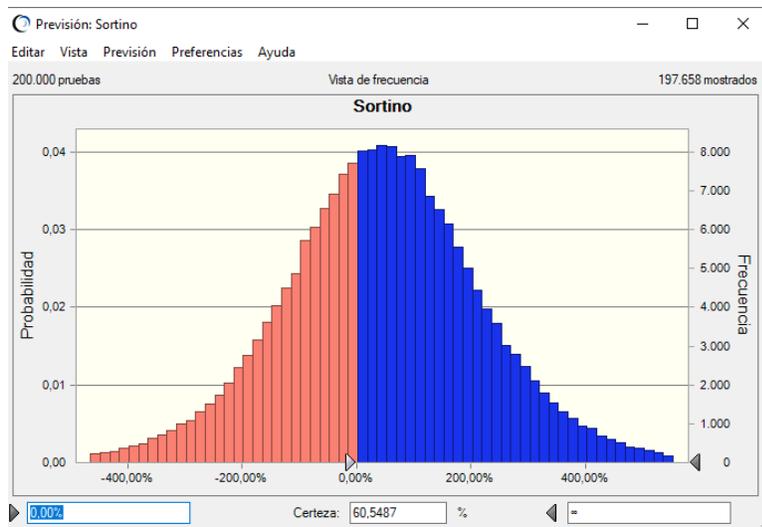


FIGURA 17 OPTIMIZACIÓN SORTINO P3

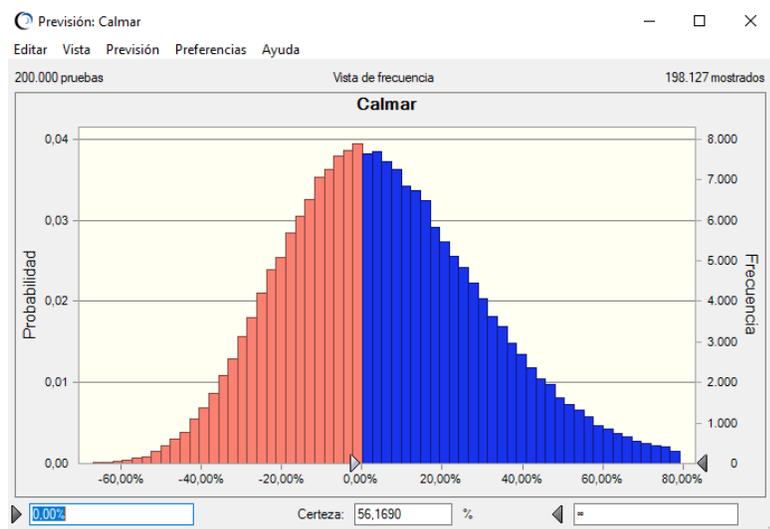


FIGURA 18 OPTIMIZACIÓN CALMAR P4

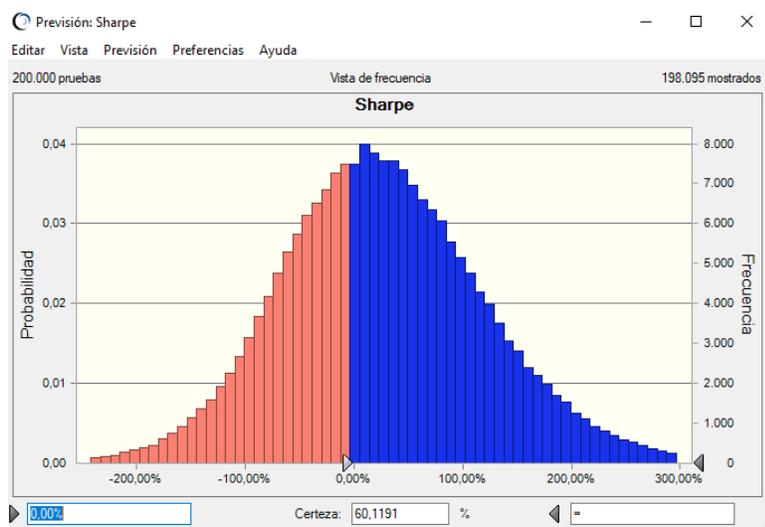


FIGURA 19 OPTIMIZACIÓN SHARPE P4

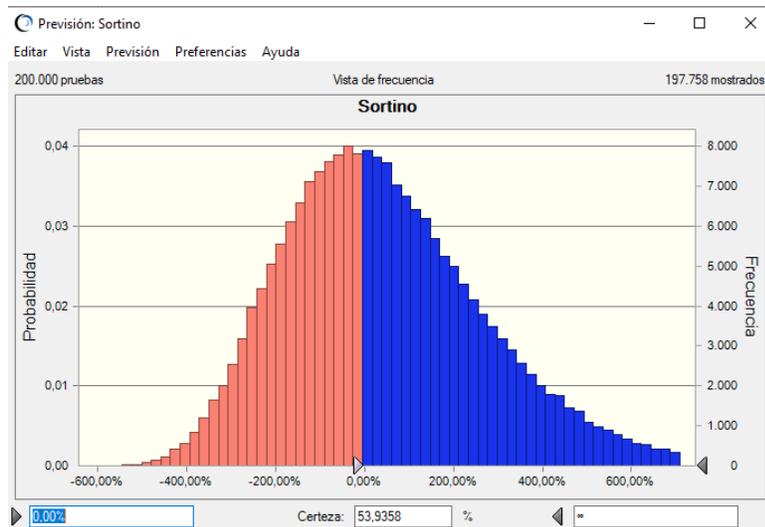


FIGURA 20 OPTIMIZACIÓN SORTINO P4

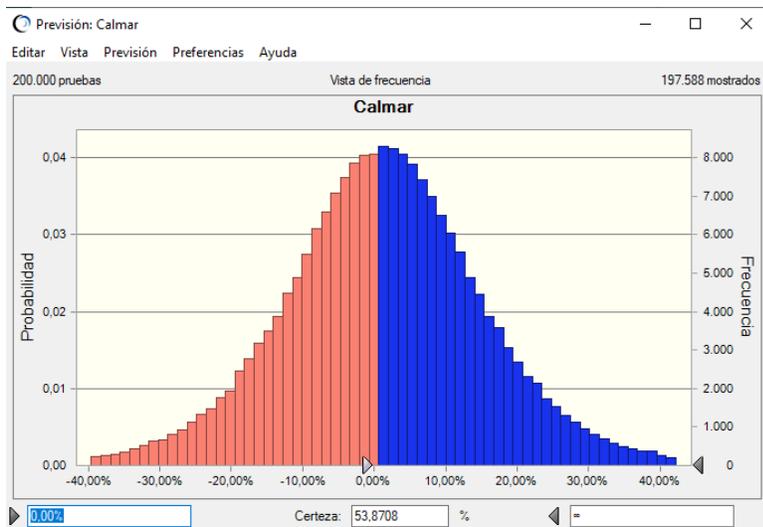


FIGURA 21 OPTIMIZACIÓN CALMAR P5

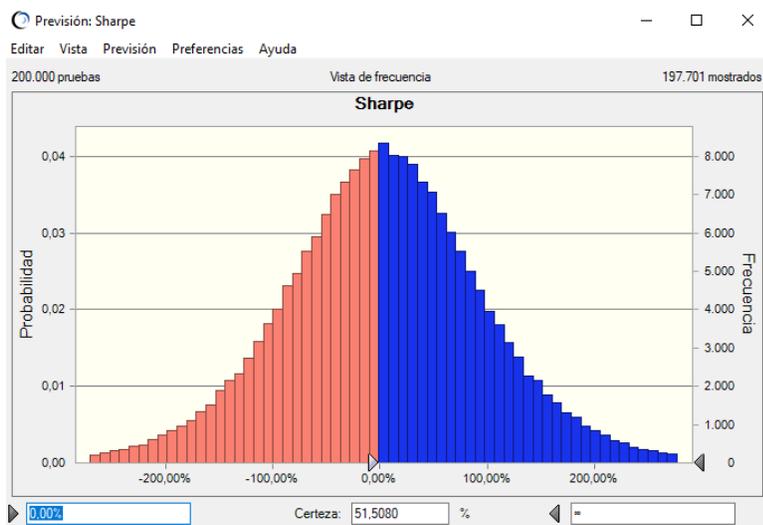


FIGURA 22 OPTIMIZACIÓN SHARPE P5

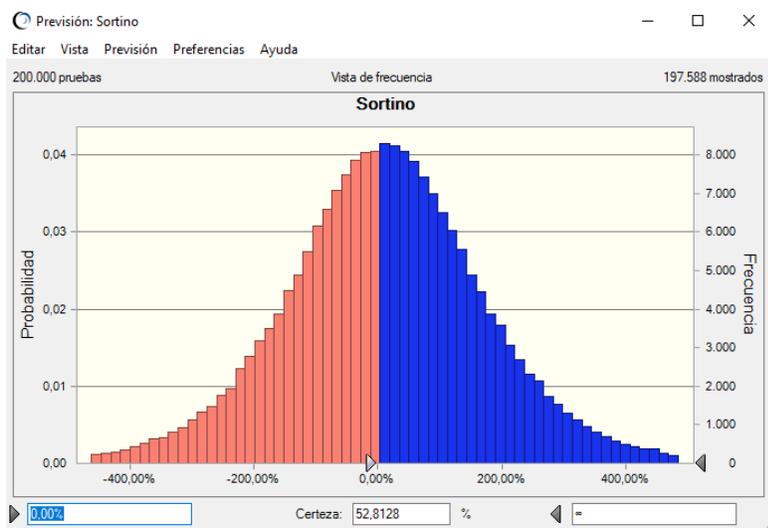


FIGURA 23 OPTIMIZACIÓN SORTINO P5

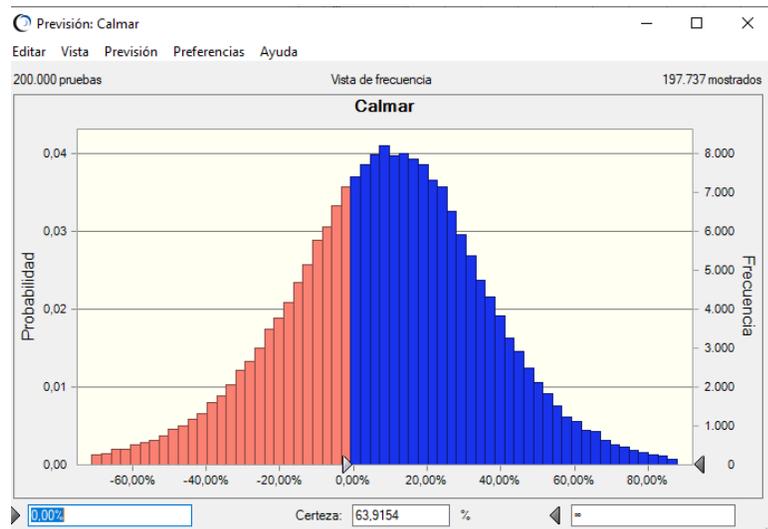


FIGURA 24 OPTIMIZACIÓN CALMAR P6

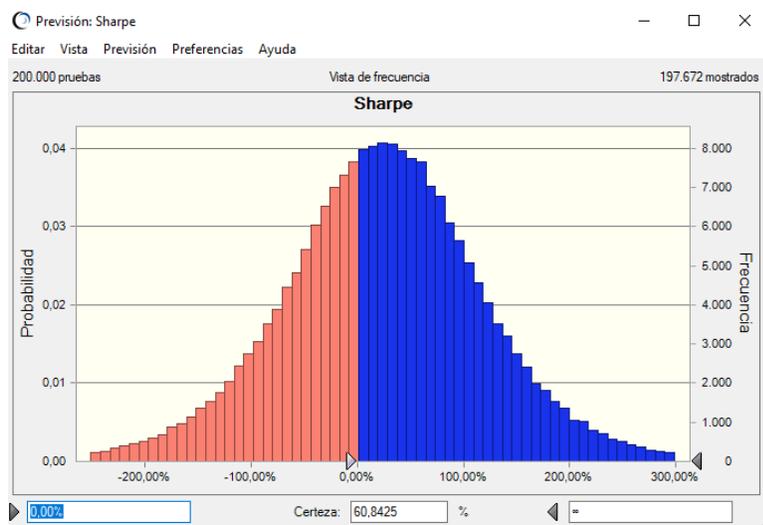


FIGURA 25 OPTIMIZACIÓN SHARPE P6

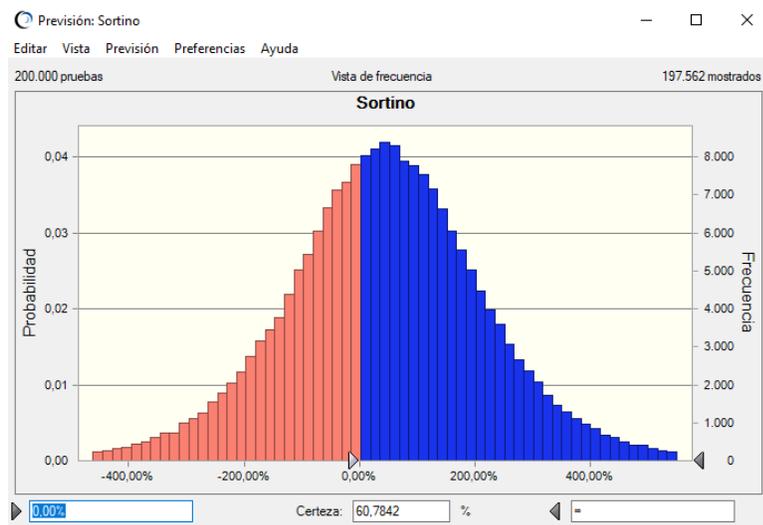


FIGURA 26 OPTIMIZACIÓN SORTINO P6

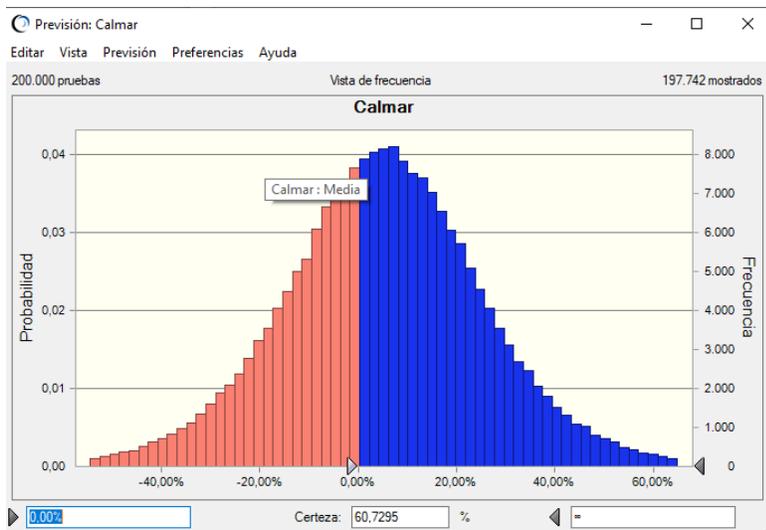


FIGURA 27 OPTIMIZACIÓN CALMAR P7

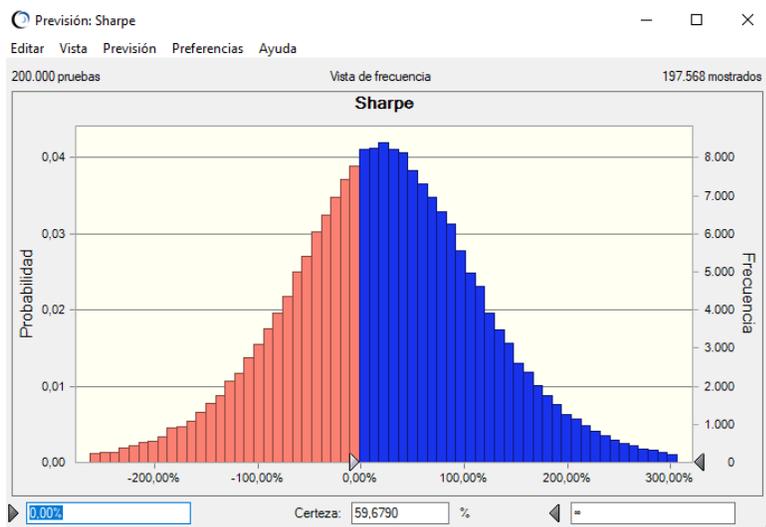


FIGURA 28 OPTIMIZACIÓN SHARPE P7

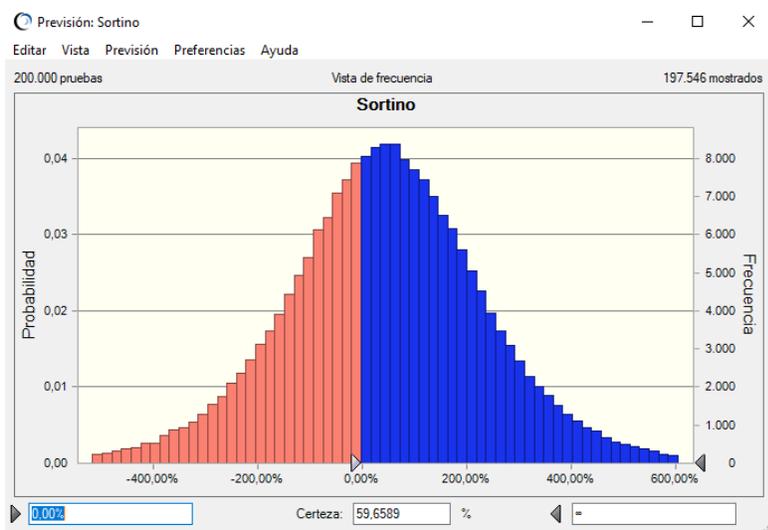


FIGURA 29 OPTIMIZACIÓN SORTINO P7

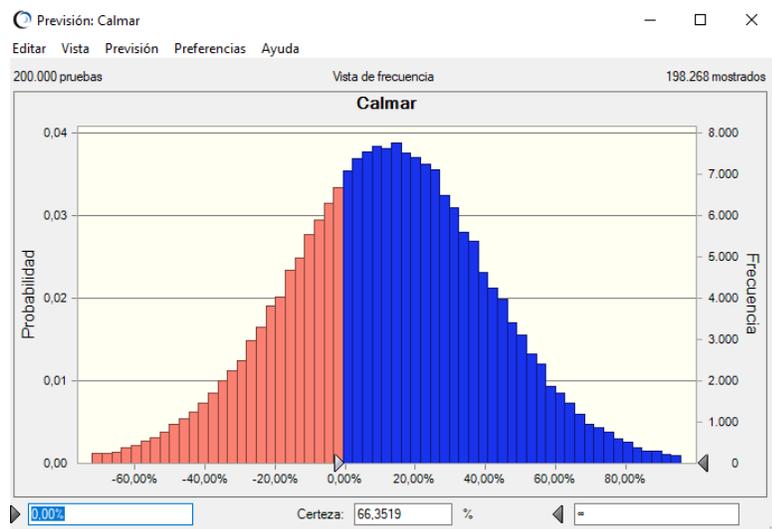


FIGURA 30 OPTIMIZACIÓN CALMAR P8

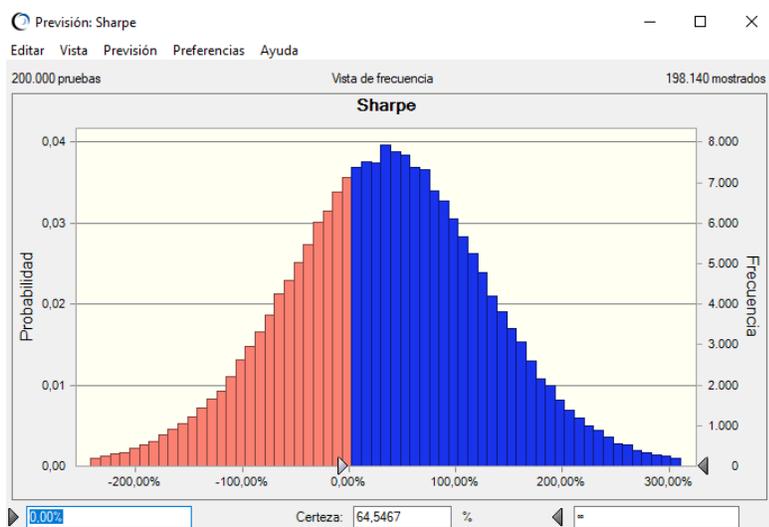


FIGURA 31 OPTIMIZACIÓN SHARPE P8

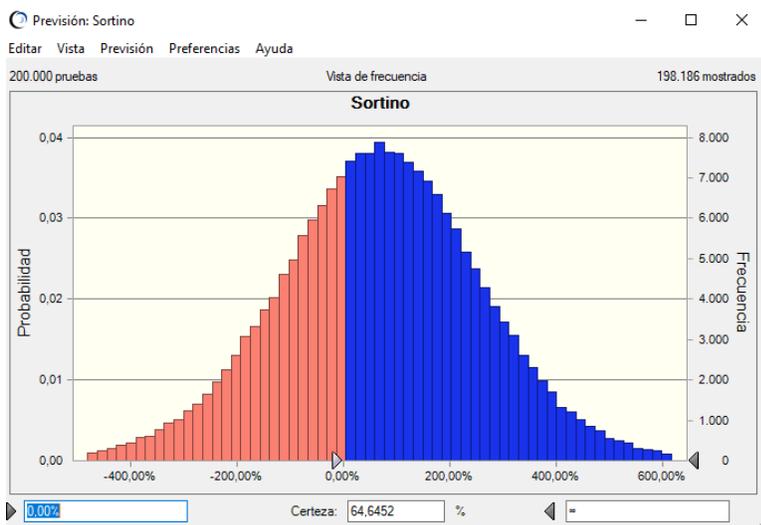


FIGURA 32 OPTIMIZACIÓN SORTINO P8

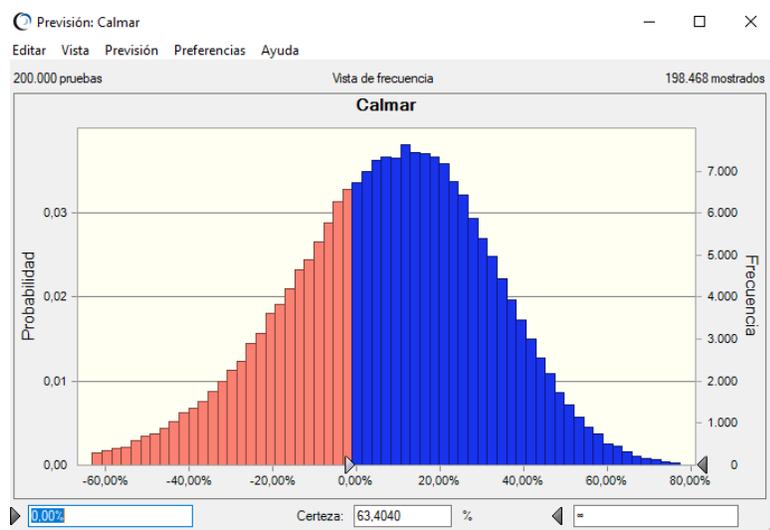


FIGURA 33 OPTIMIZACIÓN CALMAR P9

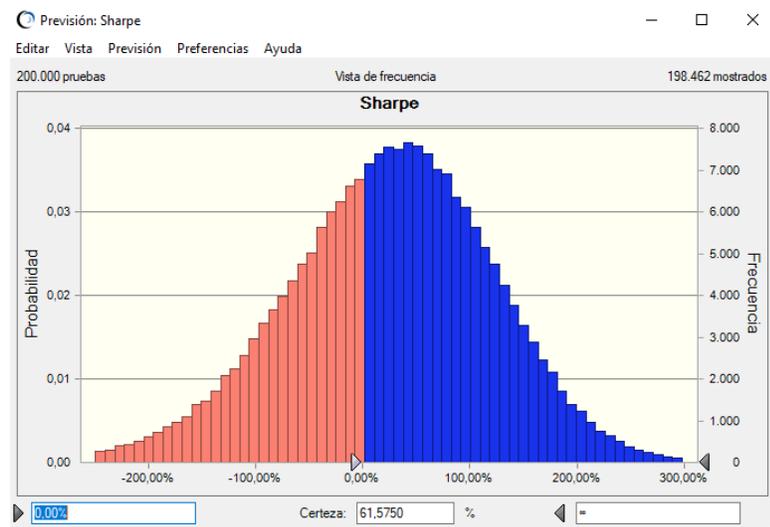


FIGURA 34 OPTIMIZACIÓN SHARPE P9

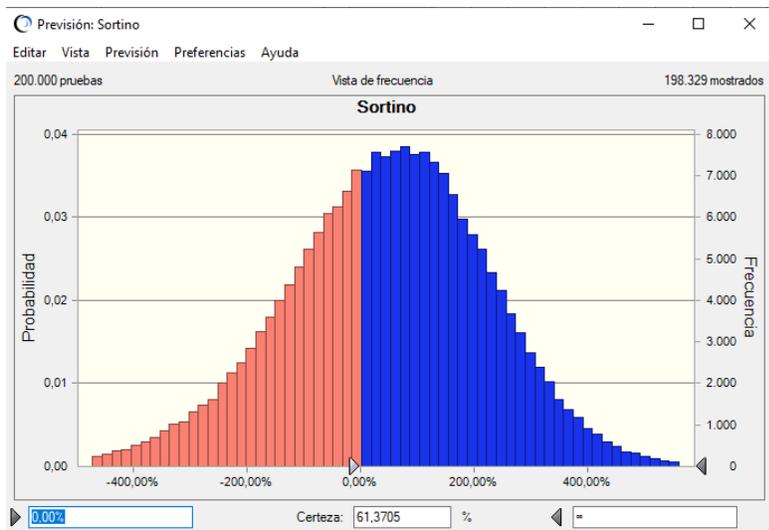


FIGURA 35 OPTIMIZACIÓN SORETINO P9

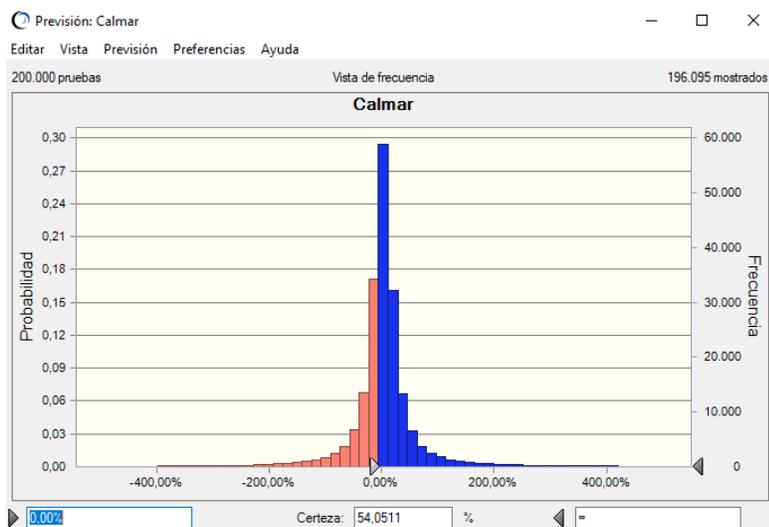


FIGURA 36 OPTIMIZACIÓN CALMAR P10

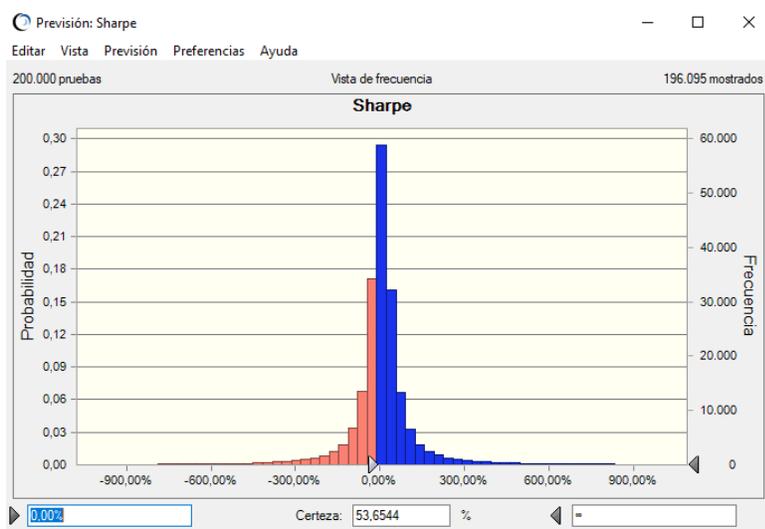


FIGURA 37 OPTIMIZACIÓN SHARPE P10

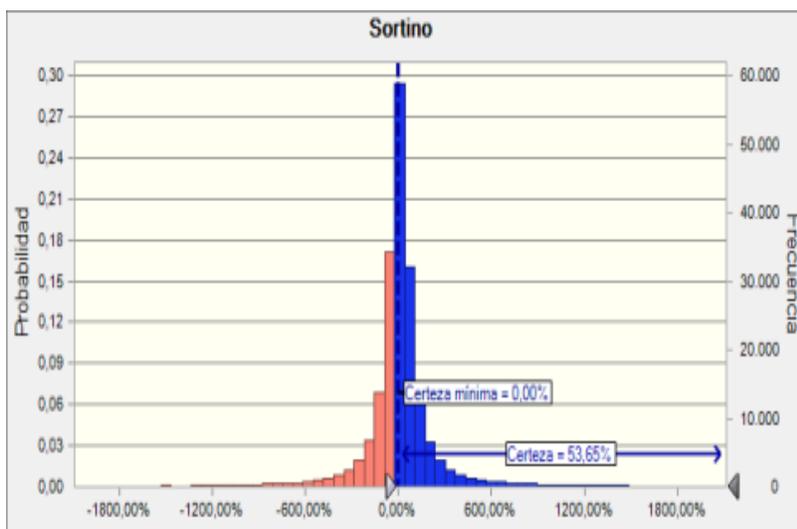


FIGURA 38 OPTIMIZACIÓN SORTINO P10

Se puede observar que las probabilidades de que los indicadores de desempeño fueran positivos están, todos, por encima del 50%, dándonos a entender que las optimizaciones permitieron tener indicadores deseados.

Tabla 5 Matriz indicadores de Desempeño – Optimización Estocástica

	Indicador Optimizado	Cantidad	Sharpe	Treynor	Jensen	Information	Sortino	Calmar	Trackin Error
P 1	Calmar	14	32,37%	1,71%	1,04%	28,42%	68,49%	9,99%	3,68%
P 1	Sharpe	10	34,06%	2,03%	1,32%	29,21%	74,82%	9,13%	4,47%

P 1	Sortino	16	33,52%	1,91%	1,23%	29,21%	72,63%	8,66%	4,22%
P 2	Calmar	20	19,30%	0,92%	0,32%	14,02%	35,40%	5,50%	4,10%
P 2	Sharpe	23	16,74%	0,74%	0,06%	5,31%	29,90%	3,68%	2,42%
P 2	Sortino	11	17,08%	0,87%	0,18%	4,85%	31,59%	3,55%	3,25%
P 3	Calmar	2	23,41%	2,43%	0,66%	5,38%	41,58%	8,43%	4,37%
P 3	Sharpe	3	18,79%	1,71%	0,47%	2,35%	32,73%	7,49%	4,33%
P 3	Sortino	2	22,33%	2,76%	0,71%	5,33%	41,53%	7,26%	4,73%
P 4	Calmar	4	20,15%	1,56%	0,96%	13,92%	47,80%	6,01%	7,42%
P 4	Sharpe	2	25,90%	2,33%	1,64%	20,20%	51,85%	6,54%	8,14%
P 4	Sortino	2	20,48%	1,85%	1,21%	14,52%	48,18%	4,72%	8,47%
P 5	Calmar	1	3,79%	0,30%	-0,51%	-3,26%	6,36%	0,90%	9,09%
P 5	Sharpe	2	0,53%	0,03%	-1,28%	-7,07%	0,85%	0,38%	8,89%
P 5	Sortino	1	3,79%	0,30%	-0,51%	-3,26%	6,36%	0,90%	9,09%
P 6	Calmar	3	22,70%	2,77%	0,69%	5,03%	41,00%	8,18%	4,62%
P 6	Sharpe	3	21,92%	2,79%	0,68%	4,63%	39,34%	6,44%	4,71%
P 6	Sortino	2	22,15%	3,31%	0,77%	5,59%	40,98%	6,60%	5,02%
P 7	Calmar	3	22,22%	1,29%	0,78%	17,10%	43,07%	5,37%	5,74%
P 7	Sharpe	3	21,71%	1,35%	0,88%	16,73%	42,58%	4,66%	6,62%
P 7	Sortino	1	21,51%	1,38%	0,93%	16,56%	42,38%	4,50%	6,98%
P 8	Calmar	4	-33,36%	-1,82%	-2,30%	25,68%	-68,21%	-8,65%	3,58%
P 8	Sharpe	5	-9,28%	-0,51%	-1,10%	25,35%	-18,57%	-1,22%	3,59%
P 8	Sortino	4	-40,41%	-2,15%	-2,68%	26,55%	-80,64%	-10,37%	3,48%
P 9	Calmar	22	21,50%	1,53%	0,51%	6,00%	38,04%	6,85%	3,92%
P 9	Sharpe	35	20,47%	1,33%	0,45%	6,28%	36,21%	4,02%	3,83%
P 9	Sortino	29	22,49%	1,34%	0,44%	6,50%	41,20%	7,27%	3,32%
P 10	Calmar	1	3,68%	5,34%	1,86%	2,50%	7,16%	2,07%	57,91%
P 10	Sharpe	1	3,68%	5,34%	1,86%	2,50%	7,16%	2,07%	57,91%
P 10	Sortino	1	3,68%	5,34%	1,86%	2,50%	7,16%	2,07%	57,91%

La tabla 4 nos permite observar como es la matriz de los indicadores de desempeño para todos los portafolios de acuerdo a una optimización estocástica. Curiosamente el portafolio 9 fue el único portafolio que mantuvo gran cantidad de acciones incluso después de la optimización y teniendo muy buenos indicadores de desempeño.

Los portafolios 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 10 fueron aquellos portafolios que con la optimización recortaron gran cantidad de acciones y quedaron con número muy pequeños de acciones.

En general, a partir de la optimización estocástica todos los portafolios generaron mejores indicadores de rendimiento sin importar cuál fue el criterio de selección para los activos.

Curiosamente el portafolio que mejor apariencia tenía, Portafolio 8, fue el que peor desempeño género.

De igual forma, como en la optimización determinística, en la mayoría de portafolios se generó una reducción de las acciones participantes casi a la mitad.

Tabla 6 Matriz indicadores de Desempeño – Optimización Estocástica Ordenados Sharpe

P	Indicador Optimizado	Cantidad	Sharpe	Treynor	Jensen	Information	Sortino	Calmar	Trackin Error
P 1	Sharpe	10	34,06%	2,03%	1,32%	29,21%	74,82%	9,13%	4,47%
P 1	Sortino	16	33,52%	1,91%	1,23%	29,21%	72,63%	8,66%	4,22%
P 1	Calmar	14	32,37%	1,71%	1,04%	28,42%	68,49%	9,99%	3,68%
P 4	Sharpe	2	25,90%	2,33%	1,64%	20,20%	51,85%	6,54%	8,14%
P 3	Calmar	2	23,41%	2,43%	0,66%	5,38%	41,58%	8,43%	4,37%
P 6	Calmar	3	22,70%	2,77%	0,69%	5,03%	41,00%	8,18%	4,62%
P 9	Sortino	29	22,49%	1,34%	0,44%	6,50%	41,20%	7,27%	3,32%
P 3	Sortino	2	22,33%	2,76%	0,71%	5,33%	41,53%	7,26%	4,73%
P 7	Calmar	3	22,22%	1,29%	0,78%	17,10%	43,07%	5,37%	5,74%
P 6	Sortino	2	22,15%	3,31%	0,77%	5,59%	40,98%	6,60%	5,02%
P 6	Sharpe	3	21,92%	2,79%	0,68%	4,63%	39,34%	6,44%	4,71%
P 7	Sharpe	3	21,71%	1,35%	0,88%	16,73%	42,58%	4,66%	6,62%
P 7	Sortino	1	21,51%	1,38%	0,93%	16,56%	42,38%	4,50%	6,98%
P 9	Calmar	22	21,50%	1,53%	0,51%	6,00%	38,04%	6,85%	3,92%
P 4	Sortino	2	20,48%	1,85%	1,21%	14,52%	48,18%	4,72%	8,47%
P 9	Sharpe	35	20,47%	1,33%	0,45%	6,28%	36,21%	4,02%	3,83%
P 4	Calmar	4	20,15%	1,56%	0,96%	13,92%	47,80%	6,01%	7,42%
P 2	Calmar	20	19,30%	0,92%	0,32%	14,02%	35,40%	5,50%	4,10%
P 3	Sharpe	3	18,79%	1,71%	0,47%	2,35%	32,73%	7,49%	4,33%
P 2	Sortino	11	17,08%	0,87%	0,18%	4,85%	31,59%	3,55%	3,25%
P 2	Sharpe	23	16,74%	0,74%	0,06%	5,31%	29,90%	3,68%	2,42%
P 5	Calmar	1	3,79%	0,30%	-0,51%	-3,26%	6,36%	0,90%	9,09%
P 5	Sortino	1	3,79%	0,30%	-0,51%	-3,26%	6,36%	0,90%	9,09%
P 10	Calmar	1	3,68%	5,34%	1,86%	2,50%	7,16%	2,07%	57,91%
P 10	Sharpe	1	3,68%	5,34%	1,86%	2,50%	7,16%	2,07%	57,91%
P 10	Sortino	1	3,68%	5,34%	1,86%	2,50%	7,16%	2,07%	57,91%
P 5	Sharpe	2	0,53%	0,03%	-1,28%	-7,07%	0,85%	0,38%	8,89%

P 8	Sharpe	5	-9,28%	-0,51%	-1,10%	25,35%	-18,57%	-1,22%	3,59%
P 8	Calmar	4	-33,36%	-1,82%	-2,30%	25,68%	-68,21%	-8,65%	3,58%
P 8	Sortino	4	-40,41%	-2,15%	-2,68%	26,55%	-80,64%	-10,37%	3,48%

El portafolio 1 fue el mejor portafolio en cuanto al Sharpe Ratio, incluso cuando se optimizaban los otros indicadores, obtenía siempre el mejor Sharpe. Después de la optimización entre los primeros 10 mejores portafolios en cuanto a Sharpe, solo 2 portafolios fueron a los que se le optimizo el indicador de Sharpe.

El portafolio 8, que fue el portafolio con mejor criterio de selección de activos tuvo el peor desempeño en cuanto al Sharpe. Adicional el portafolio 10, fue de los peores, con el aliciente que este portafolio está constituido con 1 sola acción.

En general la mayoría de portafolios genero un Sharpe Ratio alto, por encima del 16%, solo 9 de 30 portafolios tuvieron un indicador menor a este valor.

### 3. Conclusiones

Esta investigación inicio con la creación de 10 portafolios con distintos criterios de selección de las acciones, se calcularon un número determinado de indicadores de portafolio, se optimizaron tanto deterministamente como estocásticamente, con Solver y Crystal Ball respectivamente.

En el proceso estocástico permitió conocer las mejores soluciones de acuerdo a las probabilidades de sus rendimientos y la probabilidad que los indicadores optimizados fueran positivos y por ende, ideales.

En principio los criterios de selección de las acciones iniciales generaban unos indicadores de portafolio de acuerdo a estos criterios como lo muestra la Tabla 2. Por otro lado, al momento de optimizar, se seleccionaban las acciones que generaban mejores indicadores de desempeño, por lo cual en la mayoría de los casos, el criterio de selección inicial no afectaba la optimización ya que los portafolios finalizaban descartando la mitad de las acciones, y en otros portafolios, con criterios de selección negativos, llegaba incluso a que solo 1 acción fuera la forma más óptima para el portafolio. En general, los resultados fueron positivos a pesar del criterio de selección inicial.

Los indicadores de desempeño usados por el mercado estadounidense tenemos el Sharpe Ratio, Treynor Ratio, Jensen Alpha, Information Ratio, Sortino Ratio, Calmar Ratio y por último, el Tracking Error. Estos indicadores fueron utilizados en esta investigación como indicadores de desempeño a evaluar en cada una de las carteras, permitiendo obtener información relevante de cada portafolio.

A partir del aplicativo Crystal Ball, se pudo generar una optimización estocástica sobre los portafolios creados, y así generar una selección óptima de las acciones que permitieron tener un mejor desempeño de los indicadores comparándolo con el portafolio sin optimizar y a pesar del primer criterio de selección de las acciones.

Al finalizar la optimización estocástica, se pudo observar que los mejores portafolios optimizados en cuanto a un indicador de desempeño. El optimizar ese indicador en todos los portafolios no hacen que esos portafolios optimizados, en este indicador, sean los mejores. Como sucedió en la Tabla 6, solo 2 portafolios que optimizaron el Sharpe estaban entre los mejores 10 portafolios que tenían este indicador más alto.

Al realizar la metodología, los datos obtenidos de los últimos 10 años permitieron obtener una base amplia con la cual calcular los indicadores y así mismo, obtener resultados confiables de los portafolios.

Para realizar mejores aproximaciones con la metodología escogida para esta investigación, es necesario el uso de equipo de procesamiento de datos más avanzados debido a que los usados durante esta investigación generaron iteraciones sin resultado alguno.

Dentro de nuestro análisis proponemos una matriz de indicadores con Sharpe Ratio, Sortino Ratio y Calmar Ratio, debido a que proveen información detallada sobre la capacidad de la cartera teniendo en cuenta la medición del riesgo dentro del indicador. El Sharpe Ratio nos permite obtener información la rentabilidad por unidad de riesgo, este riesgo medio por la desviación estándar de los rendimientos del portafolio,  $\frac{R_p - R_f}{\sigma_p}$ . Sortino Ratio, es muy parecido al Sharpe pero un poco más selectivo debido a que usa como riesgo la desviación estándar de los

rendimientos negativos,  $\frac{R_p - R_f}{\sigma_p}$ . Por último, Calmar Ratio, usa la máxima pérdida generada en un determinado periodo de tiempo de la cartera para evaluar el riesgo,  $\frac{\text{Rendimiento Anualizado}}{|\text{Maximo Drawdown}|}$ .

De acuerdo a esta investigación, los indicadores de desempeño más relevantes son el Sortino Ratio, Calmar Ratio, Sharpe Ratio y Alpha de Jensen, debido a que los tres primero nos permiten observar el portafolio desde una óptica de Riesgo retorno mientras que el Alpha de Jensen, un enfoque desde el Portafolio Manager o sea capacidad de análisis del que toma las decisiones de inversión de la cartera.

Se propone que esta investigación se haga extensiva al mercado accionario colombiano, investigando su relevancia y previendo los inconvenientes al ser un mercado limitado, poco profundo, baja capitalización bursátil, y jugadores relevantes con capacidad de alterar la transparencia del mercado.

#### 4. Bibliografía

- BlackRock. (s.f.). *¿Qué son las inversiones alternativas?* Recuperado el 28 de Agosto de 2018, de BlackRock: <https://www.blackrock.com/co/recursos/educacion/centro-de-educacion-sobre-inversiones-alternativas/que-son-las-inversiones-alternativas>
- Brinson, G. P., Hood, L. R., & Beebower, G. L. (1986). Determinants of Portfolio Performance. *Financial Analysts Journal*, 42(4), 39-44.
- Chen, Z., & Knez, P. J. (1996). Portfolio Performance Measurement: Theory and Applications. *The Review of Financial Studies*, 9(2), 511-555.
- División técnica de Corredores Asociados. (15 de Mayo de 1996). *CUÁLES SON LAS OPCIONES DE INVERSIÓN EN COLOMBIA*. Recuperado el 25 de Julio de 2018, de Eltiempo.com: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-318221>
- Dybvig, P. H., Farnsworth, H. K., & Carpenter, J. N. (2010). Portfolio Performance and Agency. *The Review of Financial Studies*, 23(1), 1-23.
- Goodwin, T. H. (1998). The information ratio. *Financial Analysts Journal*, 54(4), 34-43.
- Jensen, M. C. (1968). The Performance of Mutual Funds in the Period 1945-1964. *The Journal of Finance*, 23(2), 389-416.
- Jensen, M. C., & Smith, C. W. (1984). The Theory of Corporate Finance: A Historical Overview. En M. C. Jensen, & C. W. Smith (Edits.), *The Modern Theory of Corporate Finance* (págs. 2-20). New York: McGraw-Hill Inc.
- La Republica. (17 de Junio de 2017). *¿Ahorrar o invertir?* Recuperado el 25 de 07 de 2018, de Larepublica.co: <https://www.larepublica.co/finanzas/ahorrar-o-invertir-2519992>

- Leković, M. (2017). MODELI OCENE PERFORMANSI PORTFOLIJA INVESTICIONI  
FONDOVA - ŠARPOV, TREJNOROV I JENSENOV INDEKS. *Bankarstvo Magazine*,  
46(4), 108-133.
- Mandelbrot, B. (January de 1966). Forecasts of Future Prices, Unbiased Markets, and  
"Martingale" Models. *The Journal of Business*, 39(1), 242-255.
- Markowitz, H. (March de 1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 17(1), 77-91.
- Pekár, J., Čičková, Z., & Brezina, I. (2016). Portfolio Performance Measurement Using  
Differential. *Central European Journal Of Operations Research*, 24(2), 421-433.
- Piotrosky, J. D. (2000). Value Investing: The Use of Historical Financial Statement Information  
to Separate Winners from Losers. *Journal of Accounting Research*, 38, 1--40.
- Portafolio. (10 de Febrero de 2016). *Si no sabe de acciones esta es una buena opción de  
inversión*. Recuperado el 25 de Julio de 2018, de Portafolio.co:  
<http://www.portafolio.co/negocios/inversion/acciones-buena-opcion-inversion-154988>
- Portafolio. (4 de Septiembre de 2017). *¿Cómo invierten los fondos de pensiones el ahorro de los  
colombianos?* Recuperado el 28 de Agosto de 2018, de Portafolio.co:  
[http://www.portafolio.co/mis-finanzas/que-hacen-con-el-ahorro-pensional-de-los-  
colombianos-509339](http://www.portafolio.co/mis-finanzas/que-hacen-con-el-ahorro-pensional-de-los-colombianos-509339)
- Ross, S. A. (19 de Mayo de 1976). The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing. *Journal of  
Economic Theory*, 13, 341-360.
- Sharpe, W. F. (September de 1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under  
Conditions of Risk. *Journal of Finance*, 19(3), 425-442.

Sharpe, W. F. (1966). Mutual Fund Performance. *The Journal of Business*, 39(1), 119-138.

Sharpe, W. F. (1994). The Sharpe Ratio. *The Journal of Portfolio Management*, 21(1), 49-58.

Treynor, J. L. (1965). How to Rate Management of Investment Funds. *Harvard Business Review*, 46(1), 63-75.

Ulrich, T. A. (1975). The Effect of Portfolio Size on Portfolio Performance: An Empirical Analysis. *The Journal of Finance*, 30(3), 921-922.