

INSTITUTO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ADMINISTRACIÓN



**“Un estudio empírico de la volatilidad de portafolios contruidos bajo distintos
esquemas de manejo de riesgo en situaciones adversas.”**

**Trabajo de grado presentado para la obtención del grado de Magister en
Finanzas**

Autores:

Ayala Mennechey, Andrés Arturo

Ramírez Moreno, Michelle

Caracas, Julio 2020.

INSTITUTO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ADMINISTRACIÓN

TRABAJO DE GRADO APROBADO POR EL SIGUIENTE TUTOR

Tutor: Alfredo Ríos

TRABAJO DE GRADO APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO

Jurado:

Julio 2020

RESUMEN EJECUTIVO

El riesgo y su diversificación han sido ampliamente estudiados a lo largo del tiempo a través de diferentes metodologías. Entre ellas, se conocen la estrategia de diversificación Naif y el modelo de Markowitz. Por su parte, la metodología ENB (*Effective Number of Bets*) ha sido recientemente desarrollada para medir el riesgo a través del número efectivo de apuestas en la construcción de portafolios tomando en cuenta el riesgo y el retorno en diferentes condiciones de mercado (Carli, Deguest, Martellini, 2014). El presente trabajo busca determinar si la metodología ENB de control de riesgo ofrece una buena alternativa para diversificar el riesgo de un portafolio de activos del mismo sector en un contexto de crisis financiera. Para ello, se analizó el desempeño de tres portafolios diferentes (uno conformado por activos de la industria del sector financiero, uno de la industria del cuidado de la salud y otro de industrias variadas). Cada portafolio se evaluó tres veces asignándole pesos distintos a los activos según las diferentes estrategias de diversificación (Naif, Markowitz y ENB). Para el análisis de cada estrategia, se utilizaron indicadores como el índice de Sharpe, turnover, la volatilidad del portafolio, así como la cantidad de veces que el retorno de un portafolio estuvo por encima de los demás. Tras el análisis realizado, se puede prever que no existe una clara diferencia entre los desempeños de los métodos analizados para controlar el riesgo ante situaciones adversas. A pesar de la expectativa de que la metodología ENB generaría mejores resultados para diversificar el riesgo basado en factores, se pudo concluir que dicho modelo no muestra indicios de diversificar mejor el riesgo respecto a Naif o Markowitz bajo las condiciones establecidas, ya que no hubo resultados consistentes y en varias ocasiones no hubo gran diferencia entre el comportamiento de las tres estrategias. Se concluye que evaluar portafolios con activos de la misma industria (correlaciones medias) atravesando crisis financieras resultó en una evaluación de riesgo considerablemente alta para cualquiera de las estrategias utilizadas, lo cual no permitió identificar una metodología que se destacara consistentemente al mitigar el riesgo. En las recomendaciones se destaca la versatilidad del programa desarrollado durante el trabajo para realizar más simulaciones con diferentes sectores. Adicionalmente, se recomienda desarrollar el estudio calculando los pesos óptimos de cada metodología para cada año evaluado.

Palabras claves: Diversificación de portafolios, ENB (Effective Number of Bets), Markowitz, Naif, riesgo, crisis financiera.

ÍNDICE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	3
ÍNDICE CONTENIDO	4
ÍNDICE TABLAS	6
INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO I: JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.1 Justificación de la investigación	8
1.2 Planteamiento del problema	8
1.3 Objetivos de la investigación	9
1.3.1 Objetivo general	9
1.3.2 Objetivos específicos	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1 Effective Number of Bets (ENB)	10
2.2 Teoría de Markowitz	11
2.3 Estrategia de diversificación Naif	11
2.4 Rendimiento de activos	12
2.5 Covarianza y Coeficiente de correlación entre activos financieros	13
2.6 Rendimiento de un portafolio	14
2.7 Índice de Sharpe	14
2.8 Turnover	14
2.9 Volatilidad de un portafolio	15
2.10 Crisis del 2000 y 2008	15
2.10.1 Crisis del 2000 o Burbuja puntocom	15
2.10.2 Crisis del 2008 o Gran Recesión	16
2.11 Desempeño de sectores durante crisis financieras	16
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	19
3.1 Tipo de Investigación	19
3.2 Diseño de la investigación	19
3.2.1 Pregunta de estudio	21
3.2.2 Propositiones teóricas	21
3.2.3 Unidad de análisis	21
3.2.4 Recolección de la información	21
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS	25
4.1 Resultados y Análisis del Portafolio I (Activos Financieros)	25

4.2 Resultados y Análisis del Portafolio II (Activos de Cuidado de la Salud).....	29
4.3 Resultados y Análisis del Portafolio I (Activos de Varias Industrias)	33
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
5.1 Conclusiones.....	38
5.2 Recomendaciones.....	38
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXOS.....	41

ÍNDICE GRÁFICAS

Gráfica 1 Comparación del SPDR Healthcare ETF con el SPDR S&P 500 ETF	17
Gráfica 2 Desempeño acciones de bancos durante la crisis financiera global	18
Gráfica 3 Desempeño promedio bancos más grandes de US durante crisis financiera (2007-2009)	18
Gráfica 4 Correlaciones entre activos financieros	25
Gráfica 5 Peso del portafolio financiero de acuerdo con cada metodología	26
Gráfica 6 Distribución de retornos por período (industria financiera)	26
Gráfica 7 Inversión en el tiempo de \$1 (sector financiero)	27
Gráfica 8 Desempeño del portafolio financiero según Sharpe ratio	27
Gráfica 9 Desempeño portafolio financiero según desviación estándar	28
Gráfica 10 Desempeño portafolio financiero según turnover	29
Gráfica 11 Correlaciones entre activos del sector de Cuidado de la Salud	30
Gráfica 12 Peso del portafolio del cuidado de la salud acuerdo con cada metodología	30
Gráfica 13 Distribución de retornos por período (industria cuidado de la salud)	31
Gráfica 14 Inversión en el tiempo de \$1 (industria cuidado de la salud)	31
Gráfica 15 Desempeño portafolio de cuidado de la salud Sharpe ratio	32
Gráfica 16 Desempeño portafolio de cuidado de la salud según desviación estándar	32
Gráfica 17 Desempeño portafolio cuidado de la salud según turnover	33
Gráfica 18 Correlaciones entre activos de varias industrias	34
Gráfica 19 Peso del portafolio variado de acuerdo con cada metodología	34
Gráfica 20 Distribución de retornos por período (industrias variadas)	35
Gráfica 21 Inversión en el tiempo de \$1 utilizando (industrias variadas)	35
Gráfica 22 Desempeño portafolio variado según Sharpe ratio	35
Gráfica 23 Desempeño portafolio variado según desviación estándar	36
Gráfica 24 Desempeño portafolio variado según turnover	36

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1 Industrias Financieras	22
Tabla 2 Industrias del Cuidado de la Salud	22
Tabla 3 Industrias Variadas	23

INTRODUCCIÓN

La diversificación de portafolios es una estrategia ampliamente utilizada para buscar el mejor manejo de las inversiones. De su importancia radica el esfuerzo que se ha dedicado en el desarrollo y estudio de metodologías o estrategias de diversificación de riesgo en portafolios. Entre ellos se destacan la estrategia Naif, y los modelos de Markowitz y Effective Number of Bets (ENB).

La estrategia Naif se basa en la diversificación de riesgo a través de la asignación de pesos equivalentes a los activos del portafolio. El modelo de Markowitz consiste en la estrategia de mínima varianza para la construcción del portafolio óptimo ubicado en la frontera eficiente en términos de riesgo y rentabilidad esperada. Por su parte, la metodología ENB se basa en el cálculo del número efectivo de apuestas del portafolio y la entropía de la distribución de los pesos de los activos (Carli, Deguest y Martellini, 2014).

El siguiente trabajo es un estudio sobre el desempeño de diversificación de riesgos de la metodología ENB en situaciones de riesgo considerable. El análisis se realiza con portafolios de activos de la misma industria en un contexto de crisis financiera (Burbuja puntocom y Gran Recesión de 2008). La evaluación se realizó mediante la comparación con los resultados obtenidos a partir del mismo estudio a través de las estrategias de diversificación Naif y el modelo de Markowitz. Para el análisis se utilizaron los siguientes indicadores: el índice de Sharpe, turnover y la volatilidad.

El análisis estadístico a través del programa R utilizado permite realizar un estudio de diferentes activos y de distintas industrias para analizar el desempeño de cada metodología. La información histórica obtenida a través de Yahoo Finance es utilizada para evaluar el rendimiento de los portafolios haciendo énfasis en la crisis financiera para verificar si la metodología ENB representa una mejor alternativa de diversificación de riesgo.

En el presente trabajo se estructura el Capítulo I donde se expone el planteamiento del problema, justificación, así como los objetivos generales y específicos. Posteriormente, en el Capítulo II se presenta el marco teórico en el cual se basa el estudio del trabajo. En el Capítulo III se explica la metodología utilizada y el tipo de investigación implementado. A continuación, en el Capítulo IV se incluyen los resultados del trabajo realizado. Finalmente, en el Capítulo V se presenta el análisis de los resultados obtenidos, las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Justificación de la investigación

En todos los temas de inversión, hay dos interrogantes importantes que cualquier inversionista se plantea. Por una parte, es importante saber cuánto va a rendir la inversión y, por otra parte, cuál es su riesgo. La combinación del retorno de la inversión y del riesgo lleva a los inversionistas a tomar decisiones financieras.

Markowitz ganó el Premio Nobel de Economía en 1990, ya que desarrolló un modelo para mitigar riesgos en un portafolio de activos financieros (Venegas y Rodríguez, 2009). Sin embargo, el modelo de Markowitz ha sido criticado debido a que la metodología no mitiga el riesgo de los activos de los portafolios en la práctica, influyendo en el poco éxito de su aplicación de acuerdo con Franco, Avendaño y Barbutín (2011). Los autores destacan que, a pesar del reconocimiento académico del modelo, las soluciones obtenidas son poco intuitivas y muy inestables dependiendo principalmente de las previsiones sobre las rentabilidades esperadas. Es decir, pequeños cambios en las rentabilidades esperadas generan modificaciones relevantes en el portafolio propuesto como óptimo.

La estrategia de diversificación Naif asegura que la varianza del portafolio sea menor a $1/n \times 100\%$ de la varianza más grande presente en el conjunto de activos según Ríos (2020) a través de una metodología sencilla de aplicar.

De acuerdo con Meucci (2010), la metodología ENB fue desarrollada como una nueva estrategia para mitigar riesgos. Esta metodología busca proveer una evaluación más significativa sobre la distribución de riesgos en los portafolios mediante la entropía de la distribución de los pesos de los activos. El objetivo de este trabajo de investigación es evaluar y analizar si este nuevo modelo mitiga el riesgo de una mejor manera que las estrategias de diversificación Naif y el modelo de Markowitz en un contexto de alto riesgo.

1.2 Planteamiento del problema

En situaciones adversas como un portafolio de activos del mismo sector atravesando crisis del mercado, ¿la metodología ENB ofrece una mejor alternativa de diversificación de riesgo comparado con algunas estrategias tradicionales (Naif y Markowitz)?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar si la metodología ENB (*Effective Number of Bets*) de control de riesgo ofrece una buena alternativa para diversificar el riesgo de un portafolio de activos del mismo sector en un contexto de crisis financiera.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar cuál modelo brinda una mejor alternativa para diversificar riesgo en situaciones de crisis.
- Identificar si la metodología ENB genera mejores retornos durante las crisis financieras evaluadas.
- Identificar si el índice de Sharpe del portafolio a partir de la metodología ENB es mayor que el calculado a través de las estrategias de diversificación del modelo de Markowitz y la estrategia Naif durante las crisis financieras evaluadas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Effective Number of Bets (ENB)

ENB se trata de una medida significativa para la diversificación de portafolio de los inversionistas, ya que busca medir el riesgo a través del cálculo del número efectivo de apuestas en la construcción de portafolios tomando en cuenta el riesgo y el retorno de los activos del portafolio. Adicionalmente, alivia las preocupaciones de una afectación arbitraria de los componentes correlacionados sobre el portafolio (Carli, Deguest y Martellini, 2014).

De acuerdo con estos autores, la entropía de la distribución de las contribuciones de riesgos de portafolios de factores no correlacionados es una medida más significativa de diversificación comparada con la entropía de la distribución de las contribuciones de portafolios de activos correlacionados.

El ENB es utilizado como una medida de diversificación dado que, para cualquier portafolio, la metodología calcula un valor que se puede interpretar como el número aproximado de factores intrínsecos independientes del portafolio.

El ENB modifica la idea de que los autovectores de la matriz de covarianza se pueden interpretar como factores intrínsecos independientes al introducir una “torsión” en el conjunto de autovectores de tal forma que estos estén lo más cerca posible de las variables originales. Los pesos de cada uno de los nuevos factores en el portafolio dado se definen como p_k .

Utilizando nociones de entropía y los p_k , se obtiene un valor (ENB de ese portafolio) que se puede interpretar como el número total de subconjuntos de “cestas no conectadas”. En la analogía de huevos y canastas Carli, Deguest y Martellini (2014) explican que, al diversificar riesgos colocando los huevos en diferentes canastas, se debe tomar en cuenta que las canastas pueden estar conectadas entre sí. Estos valores se obtienen a través de la siguiente expresión:

$$p_k = \frac{[D^{-1}VU'\Lambda P'w]_k^2 \sigma_k^2}{w'\Sigma w}$$

Donde:

D: Matriz diagonal que contiene las volatilidades originales de los componentes

Σ : Matriz de covarianza

w: Pesos de los componentes

P y Λ : Resultados de una corrida de análisis principal de componentes a Σ

U y V: Matrices obtenidas del valor de descomposición singular de $\Lambda P'D = USV$

σ_k^2 : Varianza del componente K

Se define el ENB utilizando la medida de entropía para la dispersión de los factores de contribución utilizando la siguiente expresión (Carli, Deguest y Martellini, 2014):

$$ENB_1(w, A) = \exp\left(-\sum_{k=1}^N p_k * \ln(p_k)\right)$$

2.2 Teoría de Markowitz

La teoría de Markowitz representa un modelo que explica cómo hallar la composición óptima de un portafolio que obtenga el mayor retorno posible para un determinado nivel máximo de riesgo aceptable (varianza o desviación estándar), de acuerdo con Franco, Avendaño y Barbutín (2011). El modelo busca minimizar la varianza del portafolio por medio de un problema de optimización.

De acuerdo con estos autores, el modelo de Markowitz ha sido un gran aporte en la optimización de portafolios para los analistas e inversionistas, ya que ha permitido la construcción de portafolios con mejor desempeño que los índices de referencia del mercado. Sin embargo, es importante destacar que el éxito en su aplicación depende de los rendimientos esperados de los activos, por lo que la información con la cual se desarrolla el modelo es con base en una esperanza imprecisa del retorno.

La utilización de rentabilidades históricas en la estimación de parámetros esperados produce sesgos importantes, ya que supone que el mercado se va a comportar de forma similar como lo hizo en el pasado y esta estabilidad en el mercado es una premisa variable. Según Franco, Avendaño y Barbutín (2011), a pesar del reconocimiento de esta teoría, en las situaciones reales de estructuración de portafolios se observa escasa aplicación con éxito del modelo.

2.3 Estrategia de diversificación Naif

La estrategia Naif es la técnica más antigua y simple de diversificación de portafolios en la que se otorgan pesos equivalentes a los activos como forma simple de diversificación. Esta estrategia no requiere de ningún modelo matemático ya que, si se dispone de un portafolio de N activos, el peso de la inversión de cada activo dentro del portafolio será simplemente $1/N$. De esta forma, el rendimiento del portafolio se obtendría por medio de la siguiente expresión:

$$r = \sum_{i=1}^N \frac{1}{N} r_i$$

Y su varianza se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\sigma^2 = \sum_{i,j}^N \left(\frac{1}{N}\right)^2 \sigma_{ij}$$

De acuerdo con el material del curso de Técnicas Cuantitativas compartido por el profesor Alfredo Ríos (2020), una de las bondades que ofrece esta estrategia se observa cuando se trabaja con un conjunto de activos cuyos retornos son independientes. Aunque este no es el caso del experimento realizado en el trabajo, se explica en detalle la bondad de la estrategia a continuación:

En un portafolio de N activos con retornos independientes denotados por x_1, x_2, \dots, x_n , desviación estándar $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ y pesos w_1, w_2, \dots, w_n respectivamente, entonces el retorno del portafolio al finalizar el período de inversión viene dado por:

$$Y = w_1 * X_1 + w_2 * X_2 + \dots + w_n * X_n$$

y varianza:

$$\sigma_Y^2 = w_1^2 * \sigma_1^2 + w_2^2 * \sigma_2^2 + \dots + w_N^2 * \sigma_N^2$$

Si se denota $\sigma_M = \max(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N)$, entonces:

$$\begin{aligned} \sigma_Y^2 &\leq w_1^2 * \sigma_M^2 + w_2^2 * \sigma_M^2 + \dots + w_N^2 * \sigma_M^2 \\ \sigma_Y^2 &\leq (w_1^2 + w_2^2 + \dots + w_N^2) \sigma_M^2 \end{aligned}$$

En el caso de la estrategia de diversificación Naif donde todos los pesos son equivalentes a $1/n$ se tiene que:

$$\sigma_Y^2 \leq \frac{\sigma_M^2}{N}$$

Es decir que esta estrategia asegura que la varianza del portafolio sea menor a $1/n * 100\%$ de la varianza más grande presente en el conjunto de activos.

2.4 Rendimiento de activos

El rendimiento de una acción individual se determina al medir el incremento o decrecimiento del valor o precio del activo en un período de tiempo establecido, por ejemplo, un rendimiento mensual. Según Chen (2018), se mide de forma porcentual y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Rendimiento de una acción} = \frac{\text{Valor Final} - \text{Valor Inicial}}{\text{Valor Inicial}}$$

2.5 Covarianza y Coeficiente de correlación entre activos financieros

La covarianza entre dos variables aleatorias es una medida de la asociación que existe entre ambas. También se define como la esperanza matemática del producto de las desviaciones de las dos variables con respecto a sus medias (Osuna, 2012). Si tenemos un activo i y un activo j cuyos retornos son variables aleatorias con una probabilidad conjunta $f(i,j)$, podemos calcular la covarianza entre los retornos de i y j mediante la siguiente expresión (Walpole, Myers, Myers, 2012):

$$\sigma_{ij} = \sum_i \sum_j (i - E(i)) * (j - E(j)) * f(i,j)$$

El signo de la covarianza indica si la relación entre dos variables dependientes es positiva o negativa. Cuando las variables son independientes se puede observar que la covarianza es igual a cero.

El coeficiente de correlación es una medida de dependencia lineal entre dos activos y varía entre -1 y 1. Una correlación $\rho = -1$ indica una perfecta relación lineal negativa, mientras que un valor $\rho = +1$ indica una perfecta relación lineal positiva entre los retornos del activo i y del activo j . Se calcula por medio de la covarianza entre los retornos de los activos y la desviación estándar de dichos retornos utilizando la siguiente expresión (Triola, 2008, p. 521):

$$\rho(AB) = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i * \sigma_j}$$

Donde:

σ_{AB} : covarianza entre los retornos de i y j

σ_i : desviación estándar del retorno de i

σ_j : desviación estándar del retorno de j .

2.6 Rendimiento de un portafolio

El rendimiento de un portafolio de acciones se determina tomando en cuenta el peso (w_i) y el rendimiento (r_i) del activo i de un portafolio de n activos. También se mide de forma porcentual y se calcula a través de la siguiente expresión (Investopedia, 2020):

$$r = \sum_{i=1}^N w_i * r_i$$

Donde,

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

2.7 Índice de Sharpe

El índice de Sharpe es una medida utilizada para evaluar y comparar carteras de acciones o fondos de inversión. Este valor indica la rentabilidad de la inversión ajustada a su riesgo. Este ajuste del riesgo hace posible comparar diferentes fondos o activos financieros y determinar cuál es la mejor alternativa (Hargrave, 2020).

El índice de Sharpe se calcula como la rentabilidad anualizada del fondo o cartera menos la rentabilidad libre de riesgo, dividido entre la desviación estándar del fondo para el mismo período.

Mientras mayor es el índice de Sharpe, la rentabilidad es mejor con relación al riesgo tomado en la inversión. Por el contrario, si el índice de Sharpe es negativo indica que la rentabilidad de la inversión ha sido menor a la rentabilidad de un activo sin riesgo. Esto quiere decir que es más rentable invertir el dinero en bonos o activos de inversión sin riesgo que en dicho fondo.

$$\text{Sharpe Ratio} = \frac{\text{Retorno del portafolio} - \text{Retorno libre de riesgo}}{\text{Desviación Estandar del Portafolio}}$$

2.8 Turnover

El turnover es un indicador de frecuencia en que un portafolio cambia sus activos en el tiempo. Se puede percibir como la rotación de activos del portafolio (Chen, 2019), o el volumen de trading que se efectúa para rebalancear el portafolio. El cálculo de turnover se puede realizar a través de la siguiente expresión de acuerdo con DeMiguel, Garlappi, Nogales y Uppal (2007):

$$Turnover = \frac{1}{T - \tau - 1} \sum_{t=\tau}^{T-1} \sum_{j=1}^N (|w_{j,t+1}^i - w_{j,t}^i|)$$

Donde,

$w_{j,t}^i$: Peso del portafolio antes del rebalanceo

$w_{j,t+1}^i$: Peso del portafolio después del rebalanceo

T : Número total de retornos

τ : Ventana de estimación

El turnover se expresa en porcentaje y provee información sobre la estrategia de inversión del gerente del portafolio, ya que un alto turnover implica cambios necesarios para mantener su estrategia. Adicionalmente, un alto turnover implica mayores costos de transacción.

2.9 Volatilidad de un portafolio

La volatilidad es una medida formal del riesgo de una acción según Hayes (2019). Mientras la acción tenga mayor volatilidad, mayores serán los brincos alcistas y bajistas de sus retornos. En un portafolio, la varianza es una medida de riesgo de cómo los retornos agregados de activos que componen el portafolio fluctúan en el tiempo. Este valor se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma^2 = \sum_{i,j=1}^n w_i * w_j * \sigma_{ij}$$

Donde:

σ_{ij} : covarianza entre los retornos del activo i y el activo j dentro del portafolio.

σ_{ii} : varianza de los retornos del activo i ($\sigma_{ij} = \sigma_{2i}$).

w_i : peso del activo i.

w_j : peso del activo j.

2.10 Crisis del 2000 y 2008

2.10.1 Crisis del 2000 o Burbuja puntocom

La crisis “dot com” o “Internet bubble” se refiere a la crisis financiera que se desencadenó como consecuencia de la excesiva especulación de las industrias

relacionadas con el internet a finales de la década de 1990. Durante este período, las bolsas de valores evidenciaron un acelerado aumento de su valor por el avance de las compañías relacionadas con la nueva economía. Esta crisis tuvo su pico en marzo del año 2000, cuando muchas compañías “online” quebraron según fuentes de Wikipedia (2020). El estallido de la burbuja.com marcó el inicio de una recesión de las naciones occidentales luego de la especulación, gran disponibilidad de capital de trabajo creando un contexto crítico.

2.10.2 Crisis del 2008 o Gran Recesión

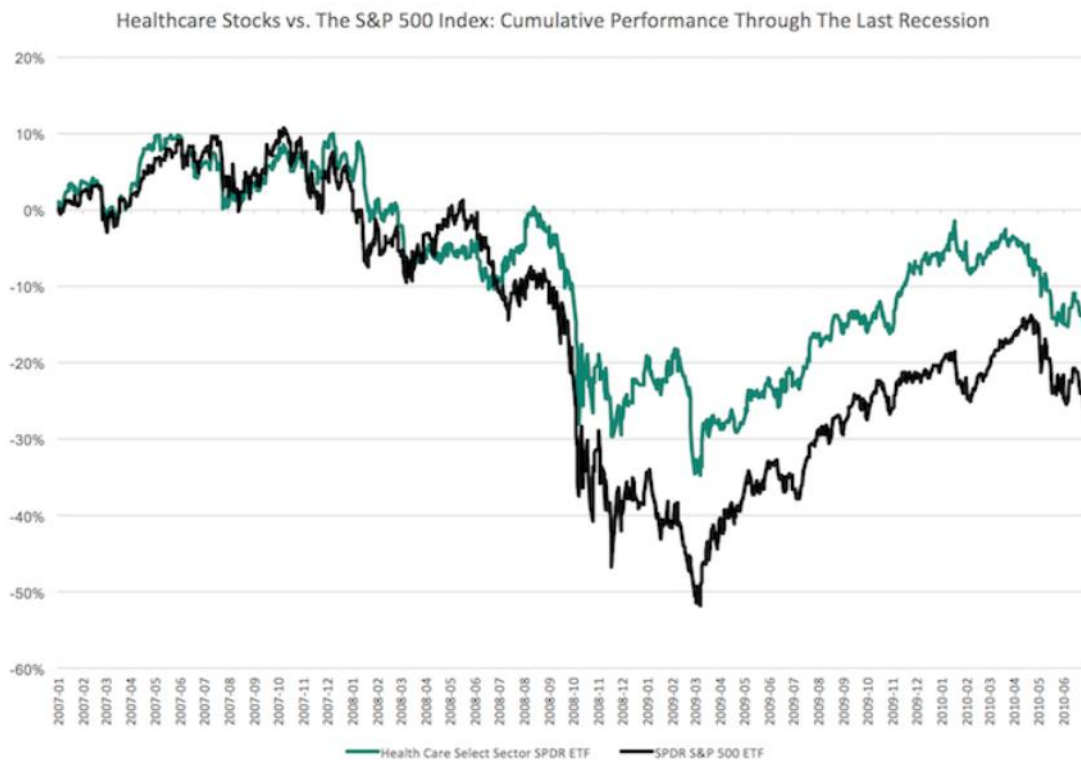
La crisis económica del 2008, que inició en Estados Unidos, fue consecuencia de fallas en la regulación económica, la sobrevaloración de productos, la crisis alimentaria mundial y energética, la amenaza de una recesión global, así como la crisis crediticia-hipotecaria y de confianza en los mercados según Wikipedia (2020). Esta crisis generó la quiebra de varios bancos de inversión, generando lo que se conoció como la “crisis de los países desarrollados”, ya que sus consecuencias fueron principalmente evidenciadas en los países más ricos del mundo. La caída de los bancos estadounidense por la crisis de las hipotecas *subprime* generó la caída de las bolsas y mercados de valores.

2.11 Desempeño de sectores durante crisis financieras

De acuerdo con McCullum (2017), al analizar el desempeño de los sectores económicos, se observa que existen sectores que han tenido un comportamiento notablemente superior comparado con el resto de las acciones del mercado durante períodos de crisis financieras. Uno de estos sectores es el de cuidado de la salud.

El sector de cuidado de la salud es conocido por su resiliencia ante períodos de recesión. Los gastos en cuidado de la salud tienden a ser uno de los últimos gastos que se recortan cuando los ingresos son limitados. Esto se traduce en que, durante períodos de recesión, hay altos niveles de seguridad en el desempeño de las acciones de salud. A continuación, se presenta la Gráfica 1 que compara el desempeño del SPDR Healthcare ETF con el SPDR S&P 500 ETF durante un período de recesión.

Gráfica 1 Comparación del SPDR Healthcare ETF con el SPDR S&P 500 ETF



Fuente: *The Performance of Different Stock Market Sectors Over Time* (2017)

Como se observa en la gráfica anterior, las acciones relacionadas con el cuidado de la salud sufrieron mucho menos la caída durante la crisis financiera del 2008-2009 en comparación a la caída que sufrió el mercado.

De la misma manera, existen sectores que han tenido un comportamiento notablemente inferior comparado con el resto de las acciones del mercado durante las crisis financieras. Dentro de los sectores de peor desempeño en los últimos años se destaca el sector financiero.

En la crisis del 2007-2009, el sector financiero fue afectado de forma importante. A continuación, se presenta en la Gráfica 2 el retorno acumulado de 6 de los bancos más grandes: JP Morgan Chase, Bank of America, Wells Fargo, Citigroup, Goldman Sachs and Morgan Stanley.

Gráfica 2 Desempeño acciones de bancos durante la crisis financiera global



Fuente: *The Performance of Different Stock Market Sectors Over Time* (2017)

A continuación, se presenta en la Gráfica 3 el desempeño promedio de los 6 bancos más importantes de US durante la crisis financiera de 2007-2009.

Gráfica 3 Desempeño promedio bancos más grandes de US durante crisis financiera (2007-2009)



Fuente: *The Performance of Different Stock Market Sectors Over Time* (2017)

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presenta el tipo de investigación realizada, su diseño, los instrumentos, así como técnicas para obtener la información requerida y los procesos utilizados.

3.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación utilizada en este estudio es de tipo experimental, ya que consiste en la manipulación de varias variables experimentales no comprobadas y en condiciones controladas con la finalidad de describir el desempeño de la situación presentada.

El carácter experimental de la investigación radica en el proceso sistemático que se está utilizando como aproximación científica para el estudio, donde se manipula una o más variables, se controlan y se mide cualquier cambio en otras variables. En el experimento se manipulan de manera voluntaria las variables y se observan los resultados en un ambiente controlado. Se realizan repeticiones de los experimentos para verificar determinadas hipótesis realizadas (Rodríguez, s.f).

El tipo de investigación se basa en el desempeño de tres portafolios del mismo sector con distintas estrategias de diversificación de riesgo como Naif, Markowitz y ENB. Se utilizarán datos históricos obtenidos mediante Yahoo Finance y se evaluará el rendimiento de los portafolios haciendo énfasis en las crisis financieras del 2000 y 2008 para evaluar cuál de los modelos representa una mejor alternativa de diversificación del riesgo para activos de correlación media en situaciones adversas. Para el análisis se utilizará una evaluación de la cantidad de veces que el retorno de un portafolio estuvo por encima de los demás, el índice de Sharpe, turnover y la volatilidad anual del portafolio.

3.2 Diseño de la investigación

Esta investigación se enfoca en el diseño de una simulación que permita identificar si el nuevo modelo en realidad controla mejor el riesgo que Markowitz y que Naif en situaciones adversas. Para ello, se construirá un portafolio con cuatro activos que provienen de la misma industria, lo cual lo hace muy riesgoso, ya que un portafolio idealmente se conforma con diversidad de instrumentos financieros de distintos emisores, industrias, sectores económicos de acuerdo con Agudelo (2015). Dicho autor expone que, en caso de invertir en un solo sector, se asume un riesgo que se podría materializar si hubiera una crisis del sector. Una crisis en

el sector implica altas volatilidades y pérdida de valor en los activos correspondientes a dicha industria, lo cual generaría como consecuencia que el portafolio sea afectado negativamente.

El riesgo total de un activo se conforma por el riesgo sistemático y el riesgo no sistemático. El riesgo sistemático no se puede diversificar, ya que es el riesgo de mercado y afecta a todos los activos, mientras que el riesgo no sistemático es el riesgo asociado a la industria en particular (Hitchner, 2006). Al tener un portafolio de activos de la misma industria, se elimina la capacidad de diversificar el riesgo no sistemático.

Por otra parte, la evaluación de este portafolio se realizará durante un período de tiempo cuando hubo crisis financiera por lo cual existe mucha volatilidad en el mercado. Con estas dos condiciones, se asegura un contexto donde haya mucho riesgo y permite concluir sobre el desempeño de la metodología ENB comparada con Markowitz y Naif.

El diseño de esta investigación permite estudiar si el nuevo modelo es mejor para controlar el riesgo. Por ello se va a presentar una simulación en donde los activos estén expuestos a un riesgo considerable y así determinar si esta nueva metodología ENB controla de mejor manera la volatilidad y el riesgo comparado con los anteriores.

Se desarrolló un código a través del lenguaje estadístico R para analizar cada metodología. El programa permite:

- Calcular la correlación entre los activos del portafolio.
- Calcular la matriz de varianza y covarianza.
- Realizar el modelo de optimización para calcular los pesos según la metodología ENB.
- Utilizar la biblioteca *Performance Analytics* para determinar a través de un problema de optimización los pesos según las estrategias de diversificación Markowitz, Naif y ENB. Estos pesos sólo se calculan una vez. Es decir, no se utiliza la información del período a evaluar para recalcular pesos según las estrategias, sino que solamente se realiza el rebalanceo sobre los pesos calculados inicialmente.
- Graficar la distribución de retornos desde 1996 al 2015, segmentados por períodos de interés.
- Calcular la inversión de un dólar en cada portafolio para dar perspectiva de cuál hubiera sido el retorno en el tiempo utilizando cada metodología.
- Calcular y graficar el desempeño según los siguientes indicadores: Sharpe ratio, desviación estándar, turnover e indica en cada año cuál fue la metodología con el mejor comportamiento de acuerdo con cada indicador.
- Sumarizar cuántas veces hubiera resultado una mejor alternativa haber utilizado cada metodología durante el período evaluado.

Cabe destacar que el programa hace un rebalanceo del portafolio con los mismos pesos que se calcularon inicialmente. Es decir que la data de los siguientes años no es utilizada para recalcular pesos nuevos al momento de rebalancear.

3.2.1 Pregunta de estudio

La presente investigación se basa en el estudio de la metodología ENB para evaluar su desempeño respecto a otras estrategias reconocidas pero criticadas como lo son el modelo de Markowitz y la estrategia de diversificación Naif. En este sentido, la interrogante de estudio va orientada en la siguiente formulación: ¿la metodología ENB ofrece una mejor alternativa de diversificación de riesgo comparado con las estrategias tradicionales (Naif y Markowitz)?

3.2.2 Propositiones teóricas

Tomando en cuenta de que se trata de una investigación experimental, el propósito es determinar si la metodología ENB de control de riesgo ofrece una mejor alternativa que las estrategias Naif y el modelo de Markowitz para diversificar el riesgo.

3.2.3 Unidad de análisis

Se están utilizando dos portafolios de una combinación de 4 activos de la misma industria (financiera y cuidado de la salud) y un portafolio conformado por 4 activos de distintas industrias. La correlación de los activos de los portafolios construidos no supera el 60%. En un período en el cual hubo crisis financieras, se evaluaron los portafolios a través de los siguientes indicadores contabilizando el método más eficiente según el indicador: retornos mensuales y anualizados, índice de Sharpe, turnover y la desviación estándar del portafolio.

3.2.4 Recolección de la información

Para construir los diferentes portafolios, se realizó una investigación del sector más afectado y menos afectado durante las crisis financieras del 2000 y 2008. Se utilizó como base la información establecida en el marco teórico sobre el desempeño de los sectores según McCullum (2017). Una vez escogidos los sectores, se investigaron activos de empresas que tuvieran información en Yahoo Finance durante el período de 1985 a 2015 (esto confirma que atravesaron la crisis dotcom y la crisis financiera de 2008). Por último, se verificó que no tuvieran una correlación mayor a 0,6.

El primer portafolio construido con activos financieros fue elegido dando prioridad a tener una variedad de sub-industrias como seguros, bancos de diversificación, manejo de activos, bancos regionales y finanzas de consumo como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1 Industrias Financieras

Financial Industries

Ticker	Nombre	Industria	Sub-Industria
AIG	American International Group	Financials	Insurance
BAC	Bank of America	Financials	Diversified Bank
C	Citigroup	Financials	Diversified Bank
JPM	JPMorgan Chase Co.	Financials	Diversified Bank
AON	Aon plc	Financials	Insurance
AFL	Aflac Inc.	Financials	Insurance
STT	State Street Corporation	Financials	Asset Management
HBAN	Huntington Bancshares	Financials	Regional Banks
AXP	American Express	Financials	Consumer Finance

Fuente: Elaboración propia

El segundo portafolio fue construido a partir de activos de la industria del cuidado de la salud, ya que es reconocida por su resiliencia ante períodos de estrés financiero según McCullum (2017). Para este caso, se obtuvo una variedad de sub-industrias como equipo de cuidado de la salud, administración del cuidado de la salud y productos farmacéuticos como se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2 Industrias del Cuidado de la Salud

Health Care Industries

Ticker	Nombre	Industria	Sub-Industria
DHR	Danaher Corp	Health Care	Health Care Equipment
HUM	Humana Inc.	Health Care	Managed Health Care
JNJ	Johnson & Johnson	Health Care	Pharmaceuticals
LLY	Lilly (Eli) & Co	Health Care	Pharmaceuticals
MDT	Medtronic plc	Health Care	Health Care Equipment
MRK	Merck & Co.	Health Care	Pharmaceuticals
MYL	Mylan N.V.	Health Care	Pharmaceuticals
TFX	Teleflex	Health Care	Health Care Equipment
UNH	United Health Group Inc.	Health Care	Managed Health Care

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el tercer portafolio se compuso de activos de diferentes industrias como productos personales, bebidas sin alcohol, alimentos envasados, almacenamiento y transporte de petróleo y gas, productos farmacéuticos, aerolíneas, industrial y tecnología.

Tabla 3 Industrias Variadas

Different Industries

Ticker	Nombre	Industria	Sub-Industria
PG	The Procter & Gamble Company	Consumer Staples	Personal Products
KO	Coca-Cola Company	Consumer Staples	Soft Drinks
HSY	The Hershey Company	Consumer Staples	Packaged Foods & Meats
WMB	Williams Cos.	Energy	Oil & Gas Storage & Transportation
APA	Apache Corporation	Energy	Oil & Gas Exploration & Production
PFE	Pfizer Inc	Health Care	Pharmaceuticals
LUV	Southwest Airlines Co	Industrials	Airlines
GE	General Electric Company	Industrials	Industrial Conglomerates
AAPL	Apple	Information Technology	Technology Hardware, Storage & Peripherals

Fuente: Elaboración propia

3.2.5 Metodología para la interpretación de resultados

Se van a construir tres portafolios: uno de activos clasificados dentro de la industria financiera, otro portafolio de activos de la industria de salud y otro portafolio de activos de varias industrias en donde no haya el riesgo implícito de que todos los activos sean de la misma industria. Se está utilizando datos de un período de tiempo de cada uno de esos activos con lo cual se calcularán los pesos que se le van a asignar a cada uno de los portafolios para luego estudiar su rendimiento durante los años siguientes.

Se construyó un portafolio de activos de la industria financiera ya que de acuerdo con McCullum (2017), ésta fue la industria más afectada durante la crisis del 2008. Por otra parte, la industria de salud fue elegida para construir el segundo portafolio ya que esta industria es caracterizada por su resiliencia durante períodos de crisis.

Inicialmente se escogen los activos al azar de una lista previa de nueve activos y se construye el portafolio con el valor de las acciones escogidas. Luego se construye la matriz de varianzas y covarianzas. Es importante aclarar que sólo se incluyeron activos que no tuvieran una correlación mayor a 0.6. Posteriormente, se calcula el ENB lo cual implica un modelo de optimización no lineal para obtener los pesos del modelo. Con esa misma matriz se calculan los pesos para Markowitz.

A continuación, se obtiene la información de los datos del período correspondiente a la evaluación. Dentro de cada año durante ese período de tiempo, habrá un rebalanceo para asegurar que en el año siguiente el portafolio tendrá el peso ya preestablecido. Esto quiere decir que todos los años el portafolio se va a ajustar a la estrategia inicial de la metodología correspondiente. Cabe destacar que los rebalanceos anuales corresponden al valor calculado en el año 1995, es decir, no se recalculan los pesos para el rebalanceo durante los años evaluados (1996 – 2015).

Se calcularán los retornos de cada una de las estrategias y se van a comparar por diferentes metodologías. Se analizará cuánto fue el retorno de los portafolios cada año,

analizando las diferencias de retorno entre cada metodología. Se estudiará con cuál metodología se hubiera obtenido mayor beneficio si se hubiera invertido un dólar en dicho portafolio.

Se utilizarán indicadores que miden la volatilidad. Entre ellos destacan el índice de Sharpe que permite evaluar cuánto fue el retorno de acuerdo con la volatilidad que hubo. Igualmente, se estudia la desviación estándar para cada metodología con la finalidad de identificar cuál metodología tuvo mayor y menor volatilidad. Por otra parte, también se evalúa el turnover para calcular cuánto se vendió de cada activo para lograr rebalancear o ajustar el portafolio. Este indicador dice qué tan diferente fue el retorno en cada acción.

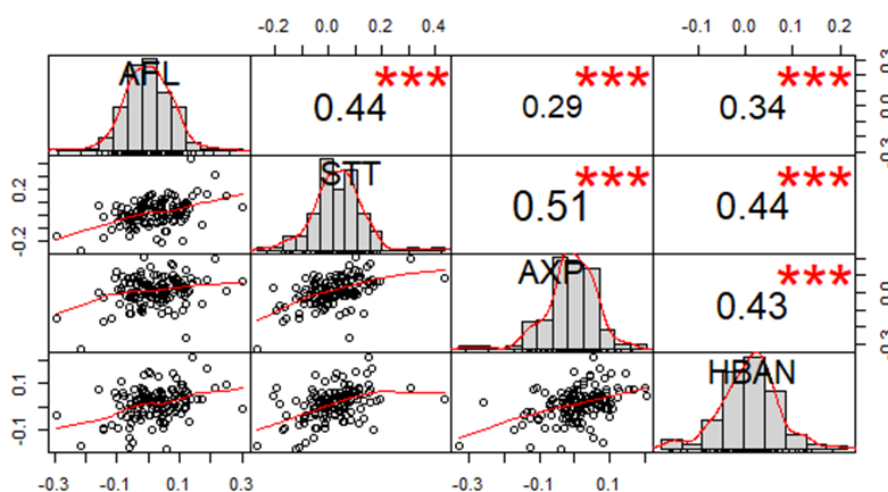
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se analizan los resultados de tres portafolios: uno construido a partir de activos de la industria financiera, otro con activos del sector de cuidado de la salud y otro con una mezcla de activos de varias industrias. Por la versatilidad del programa desarrollado en R, se puede repetir fácilmente el experimento, por lo que se decidió incluir resultados de otros portafolios que se incorporaron al análisis por medio de un cuadro resumen donde se pudo observar cuántas veces cada metodología ofreció mejores resultados según los tres criterios (Desviación estándar, Sharpe ratio y turnover).

4.1 Resultados y Análisis del Portafolio I (Activos Financieros)

El primer portafolio analizado corresponde al financiero, el cual se compone de los siguientes activos: Aflac Inc (AFL), State Street Corporation (STT), American Express (AXP), Huntington Bancshares (HBAN). Estos activos tienen correlaciones importantes, aunque no superen el 60% entre sí como se observa en la Gráfica 4 para evaluar las metodologías en situaciones de riesgo considerable.

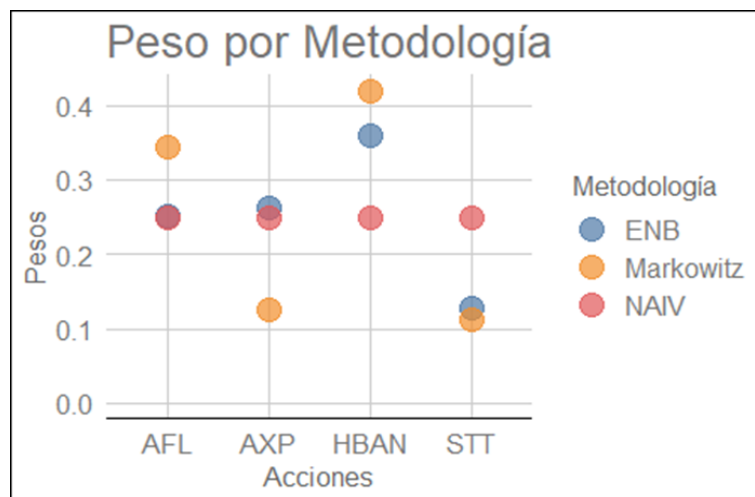
Gráfica 4 Correlaciones entre activos financieros



Fuente: Elaboración propia

Al correr el programa se obtienen los pesos según las tres estrategias de diversificación a evaluar (ENB, Markowitz y Naif). En este portafolio el resultado por acción se muestra en la Gráfica 5:

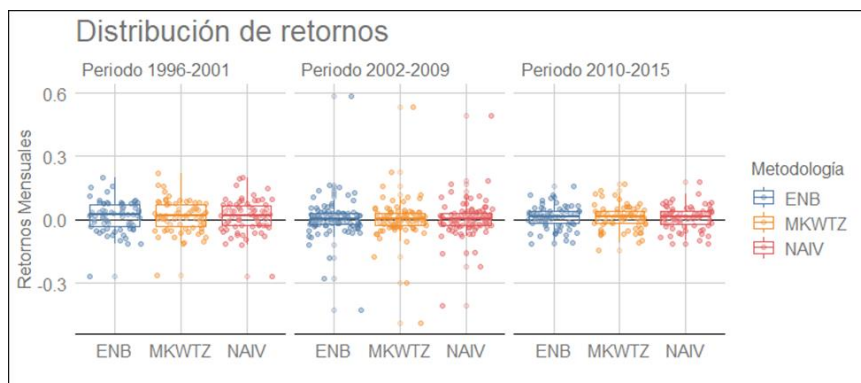
Gráfica 5 Peso del portafolio financiero de acuerdo con cada metodología



Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los pesos del portafolio, se evalúa el desempeño en referencia a los retornos de cada metodología desde 1996 hasta 2015 que se presenta en la Gráfica 6.

Gráfica 6 Distribución de retornos por período (industria financiera)



Fuente: Elaboración propia

Se analizó la distribución de los retornos mensuales y el resultado de haber invertido 1 dólar en dicho portafolio en el tiempo estipulado en la Gráfica 7.

Gráfica 7 Inversión en el tiempo de \$1 (sector financiero)



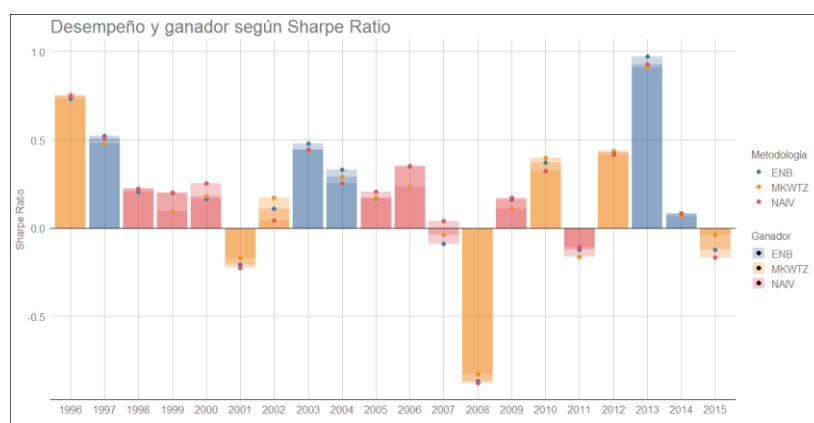
Fuente: Elaboración propia

Las distribuciones de retornos mensuales no muestran diferencias considerables en ninguno de los tres segmentos de períodos (1996-2001 con la crisis dotcom, 2002-2009 crisis inmobiliaria de EEUU y 2010-2015 recuperación del mercado). Sin embargo, se puede observar que la inversión en el tiempo de \$1 muestra a Naif como la estrategia de diversificación de mejor desempeño para casi todos los períodos. ENB y Markowitz muestran comportamientos muy similares hasta el año 2011 donde ENB toma ventaja.

Aunque este resultado ofrece evidencias respecto al retorno, el objetivo es entender la capacidad de mitigar riesgos de las metodologías por lo que se hizo énfasis en el Sharpe Ratio, la desviación estándar y turnover, obteniendo los siguientes resultados.

A continuación, en la Gráfica 8 se presenta el desempeño de la metodología más eficiente de acuerdo con el Sharpe ratio.

Gráfica 8 Desempeño del portfolio financiero según Sharpe ratio

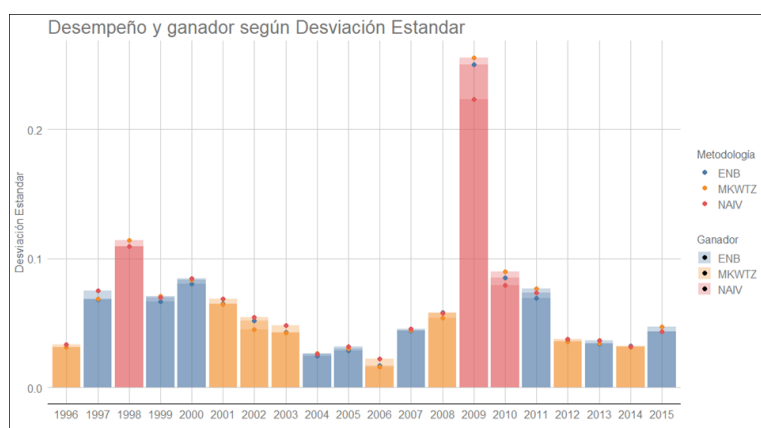


Fuente: Elaboración propia

El gráfico sobre el desempeño y metodología con mejor comportamiento según Sharpe Ratio muestra el valor del indicador para cada estrategia, resaltando la que obtuvo un mejor desempeño (color de la barra). El gráfico muestra que Naif obtuvo mejor resultado en 8 años, mientras que Markowitz tuvo el mejor desempeño en 7 y ENB en 5. Aunque pareciera haber poca diferencia entre metodologías, se debe resaltar los años 2000 (crisis *dotcom*) y 2008 (crisis *subprime*). En estos años el Naif y Markowitz demostraron tener un mejor índice de Sharpe, dando indicios de que dentro de dichas crisis mitigaron mejor el riesgo que la metodología ENB.

A continuación, en la Gráfica 9 se presenta el desempeño de cada metodología de acuerdo con la desviación estándar.

Gráfica 9 Desempeño portafolio financiero según desviación estándar

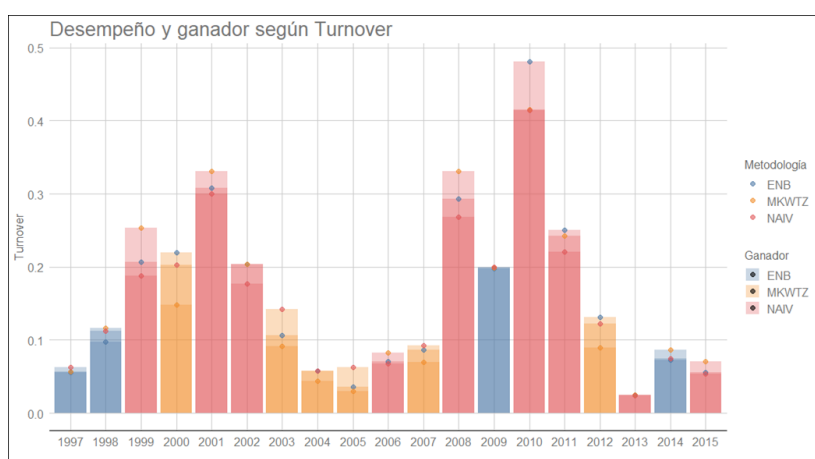


Fuente: Elaboración propia

En términos de desviación estándar, se observa que el ENB ofreció menor desviación que las otras metodologías en 9 años, superando a Markowitz con 8 y Naif con 3. Este gráfico muestra evidencias de que el ENB tuvo mejor control del riesgo que las otras metodologías, no sólo por las veces que resultó ganador, sino también debido a que en ningún año fue la peor metodología (aunque hay varios donde podrían considerarse empates técnicos). En los años más críticos, por una parte, ENB ofreció el mejor resultado en el año 2000, mientras que en el 2008 fue superado por Markowitz. Cabe destacar que hay varios años donde las diferencias en la desviación entre las metodologías son considerablemente pequeñas.

A continuación, en la Gráfica 10 se presenta el desempeño de cada metodología según el turnover.

Gráfica 10 Desempeño portafolio financiero según turnover



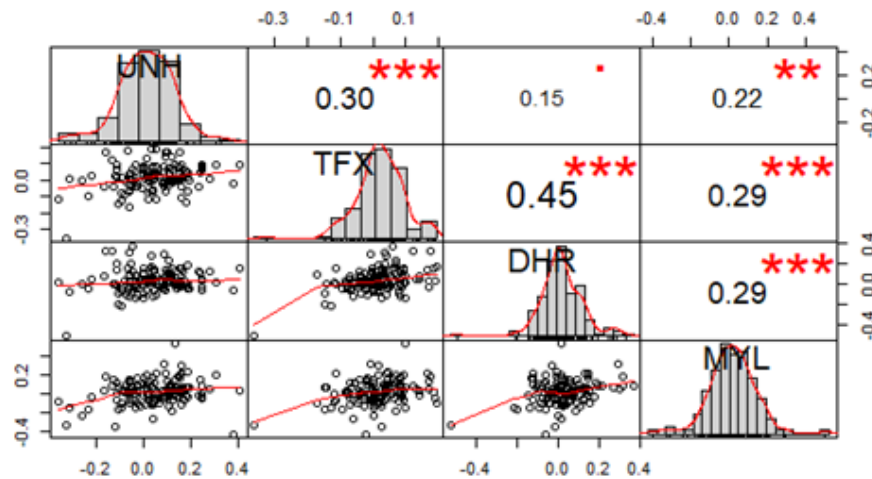
Fuente: Elaboración propia

Como los portafolios evaluados son rebalanceados cada año, el turnover indica en qué medida se requirió vender un activo para comprar de otro y recuperar los pesos iniciales del año. En este caso, el ENB ofreció el peor resultado de todas las metodologías obteniendo el turnover más bajo en solo 4 años y ninguno de esos ocurre en el 2000 o 2008. Esto da indicios de que los pesos que se asignaron en los activos según el ENB no mitigaron tan bien el riesgo como las otras metodologías, debido a que se requirió vender mayor cantidad de unos activos para compensar las pérdidas de los otros activos y rebalancear el portafolio.

4.2 Resultados y Análisis del Portafolio II (Activos de Cuidado de la Salud)

El segundo portafolio que se analizó fue el conformado por activos del sector del cuidado de la salud. En este caso, los activos utilizados fueron: UnitedHealth Group Inc (UNH), Teleflex (TFX), Danaher Corp (DHR), Mylan N.V (MYL)., los cuales ofrecieron las correlaciones que se presentan a continuación en la Gráfica 11.

Gráfica 11 Correlaciones entre activos del sector de Cuidado de la Salud

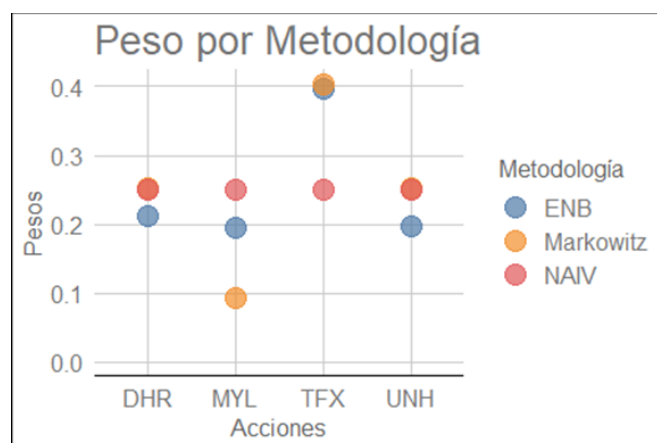


Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, este portafolio tiene activos menos correlacionados que el portafolio de puros activos financieros. Éste es un factor importante para tomar en cuenta al momento de concluir.

A continuación, se presentan en la Gráfica 12 los pesos según cada metodología para este portafolio.

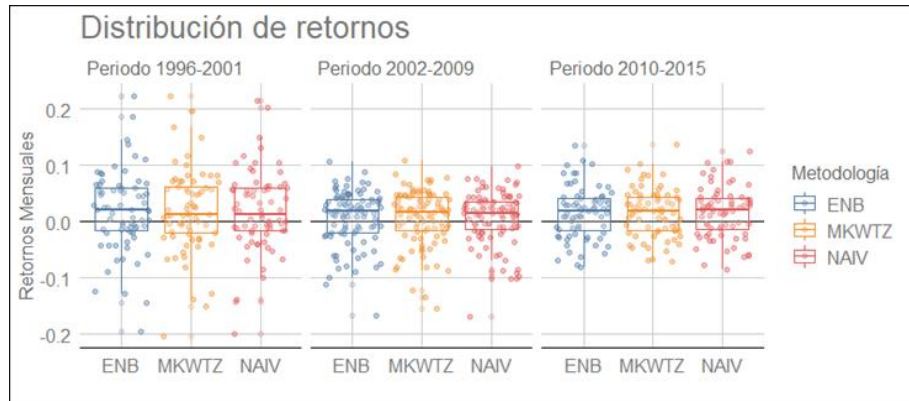
Gráfica 12 Peso del portafolio del cuidado de la salud acuerdo con cada metodología



Fuente: Elaboración propia

En términos de retornos, el portafolio de cuidado de la salud ofrece distribuciones similares entre cada metodología para cada segmento de tiempo como se presenta en la Gráfica 13.

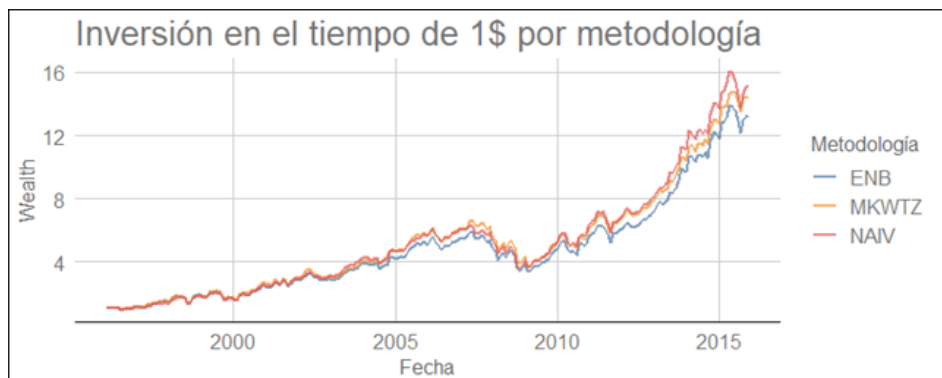
Gráfica 13 Distribución de retornos por período (industria cuidado de la salud)



Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 14 se presenta la inversión de tiempo de un dólar del portafolio de cuidado de la salud utilizando cada metodología.

Gráfica 14 Inversión en el tiempo de \$1 (industria cuidado de la salud)

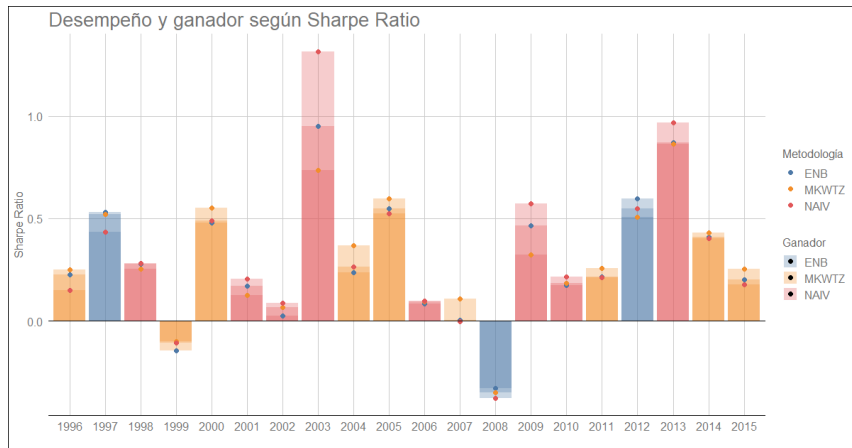


Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la inversión de un dólar en el tiempo a través de cada metodología, no se presentan diferencias considerables durante los años 1996-2005. Luego de esto se observa que el ENB pareciera generar menor valor en el tiempo de inversión.

En la Gráfica 15 se presenta el desempeño y metodología con mejor desempeño para el portafolio de cuidado de la salud utilizando el indicador Sharpe ratio.

Gráfica 15 Desempeño portafolio de cuidado de la salud Sharpe ratio

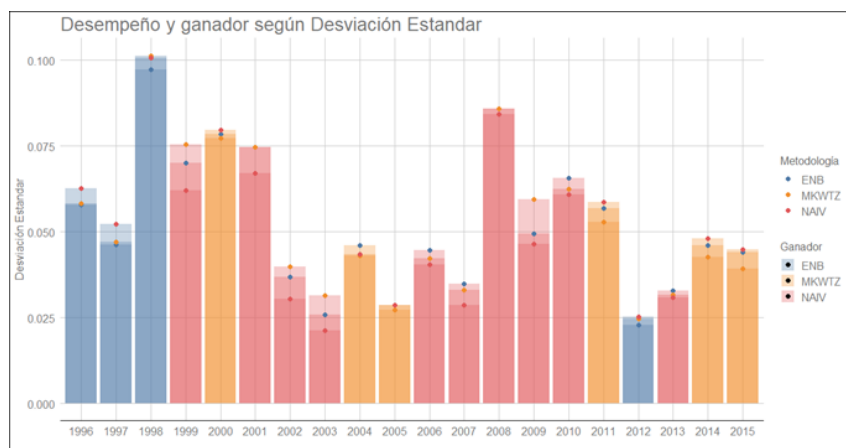


Fuente: Elaboración propia

Al evaluar el índice de Sharpe, se observa que Markowitz y Naif superan considerablemente a la metodología ENB. Este resultado crea dudas de la capacidad de la metodología ENB de mitigar riesgo en términos de rendimiento, ya que es claramente superado en la mayoría de los años, a pesar de que, en el año 2008, donde ocurre la crisis financiera, resultó la mejor metodología.

Al utilizar la desviación estándar, se presentan los resultados de cada metodología en la Gráfica 16.

Gráfica 16 Desempeño portafolio de cuidado de la salud según desviación estándar

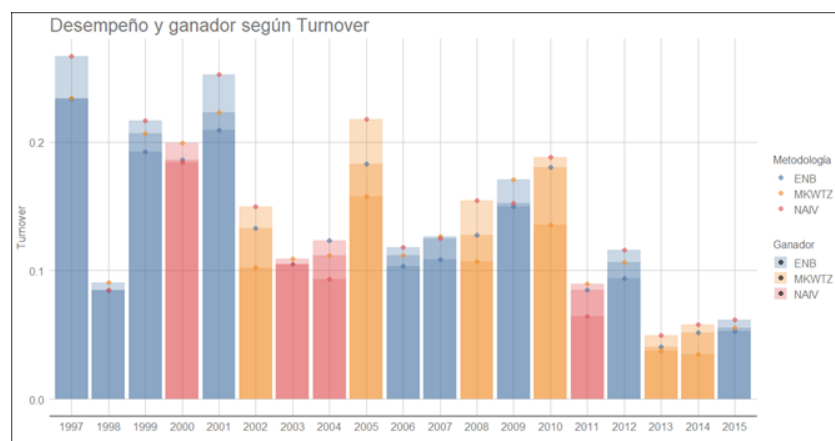


Fuente: Elaboración propia

Al evaluar la desviación estándar, se observa que la metodología ENB sigue siendo superada por las otras metodologías tanto en cantidad de años evaluados como en los años críticos de crisis financieras (2000-2008).

A continuación, en la Gráfica 17 se presenta el desempeño del portafolio del cuidado de la salud para cada metodología utilizando el turnover.

Gráfica 17 Desempeño portafolio cuidado de la salud según turnover



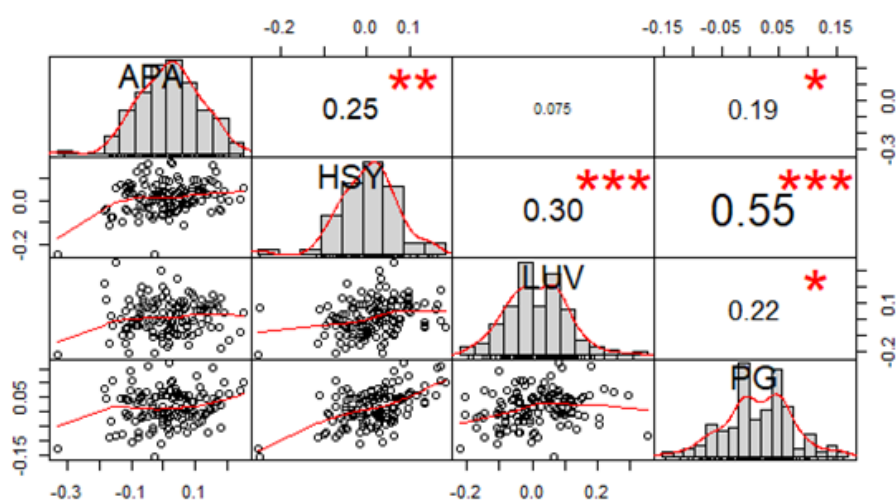
Fuente: Elaboración propia

A pesar de los resultados obtenidos con los indicadores Sharpe ratio y desviación estándar, la metodología ENB es una clara ganadora como metodología con mejor desempeño en términos de turnover. Esto quiere decir que el modelo logró obtener menores diferencias entre los pesos resultantes de los activos al momento de rebalancear el portafolio.

4.3 Resultados y Análisis del Portafolio I (Activos de Varias Industrias)

El tercer portafolio considerado no poseía activos de la misma industria. De esta manera, se puede medir solamente el impacto en el portafolio de atravesar crisis financieras y no se incluye el riesgo del portafolio con activos del mismo sector. Los activos utilizados para este portafolio son: Apache Corporation (APA), The Hershey Company (HSY), Southwest Airlines (LUV) y Procter and Gamble (PG). La correlación entre estos activos se muestra a continuación en la Gráfica 18.

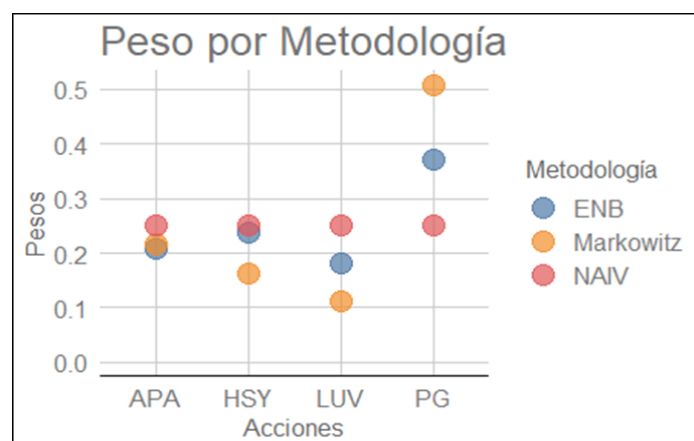
Gráfica 18 Correlaciones entre activos de varias industrias



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el peso asignado a cada activo de acuerdo con cada metodología en la Gráfica 19.

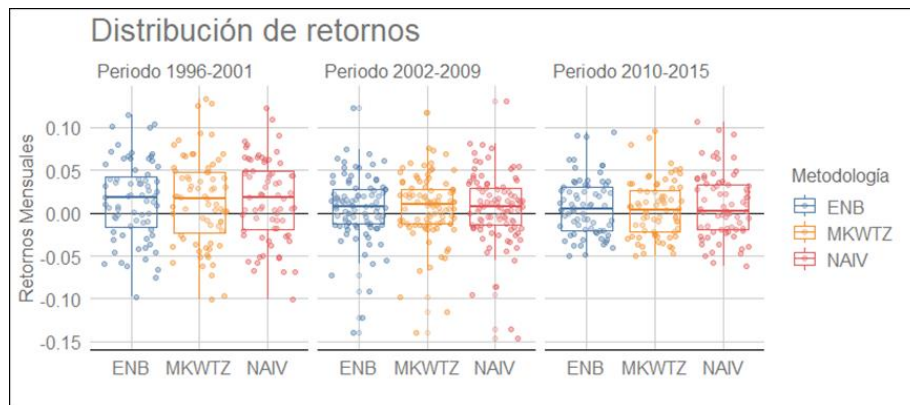
Gráfica 19 Peso del portafolio variado de acuerdo con cada metodología



Fuente: Elaboración propia

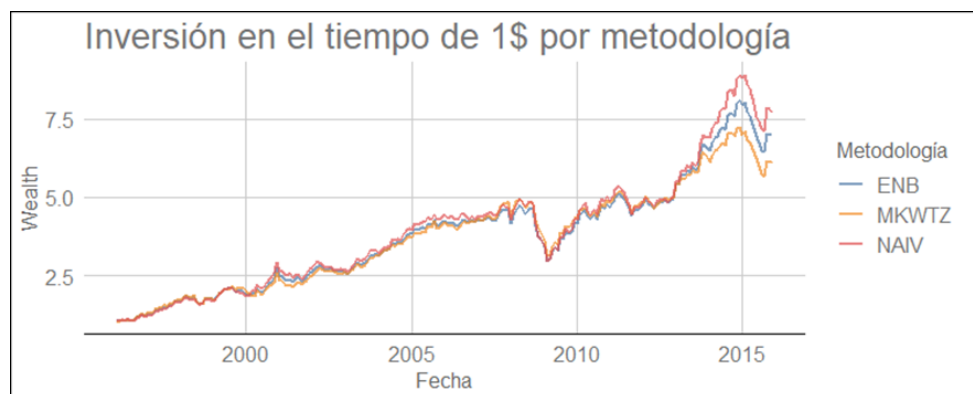
En términos de retornos, se observa que no pareciera haber diferencias considerables en los portafolios, excepto por el valor de inversión en el tiempo de un dólar en los últimos años 2014-2015 como se presenta en la Gráfica 20 y Gráfica 21.

Gráfica 20 Distribución de retornos por período (industrias variadas)



Fuente: Elaboración propia

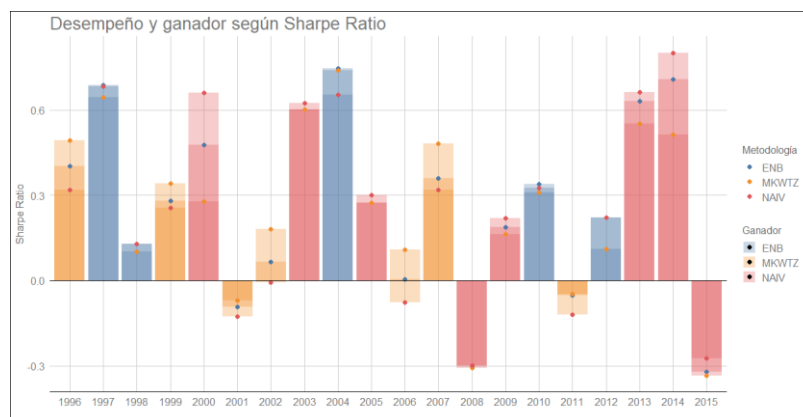
Gráfica 21 Inversión en el tiempo de \$1 utilizando (industrias variadas)



Fuente: Elaboración propia

Al utilizar el Sharpe ratio, se obtienen los siguientes resultados del desempeño para cada metodología como se presenta en la Gráfica 22.

Gráfica 22 Desempeño portafolio variado según Sharpe ratio

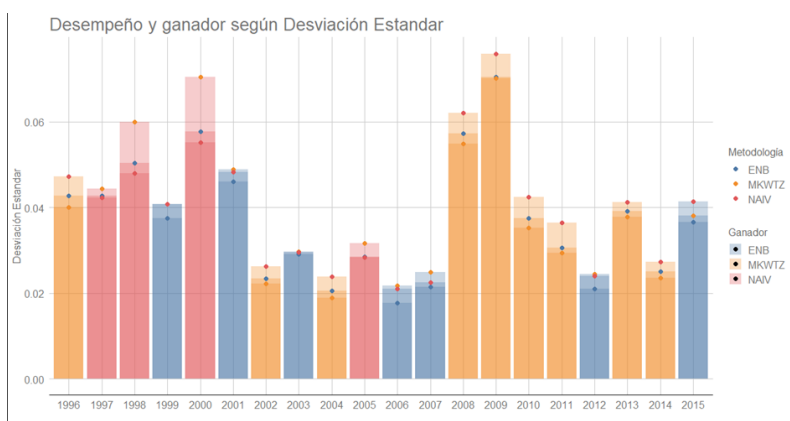


Fuente: Elaboración propia

Al evaluar el portafolio en términos de Sharpe ratio, se observa que, una vez más, la metodología ENB no pareciera ofrecer mejores resultados que las otras metodologías. De la misma manera, se observa que en los años en los que sí alcanzó a ser la metodología ganadora, la diferencia con la siguiente metodología es casi imperceptible. Esto es evidencia de que ENB no mitiga mejor el riesgo que las otras metodologías.

Al analizar el desempeño del portafolio de las industrias variadas según la desviación estándar se obtiene la Gráfica 23.

Gráfica 23 Desempeño portafolio variado según desviación estándar

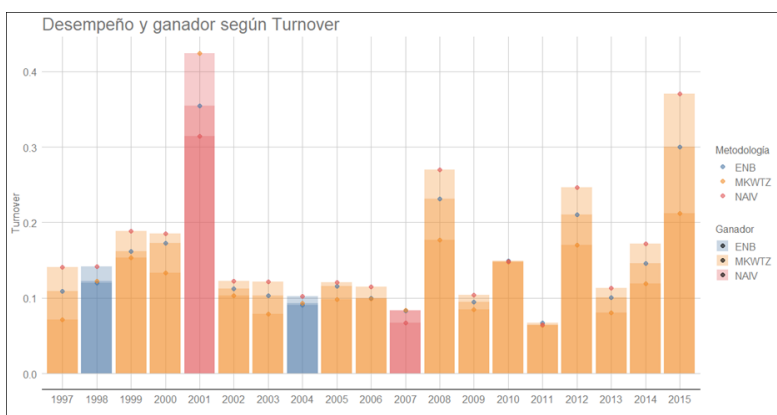


Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la desviación estándar, se observa que la metodología ENB es superada sólo por el modelo de Markowitz. Sin embargo, en los años críticos fue superado por ambas metodologías.

A continuación, en la Gráfica 24 se presentan los resultados utilizando el turnover.

Gráfica 24 Desempeño portafolio variado según turnover



Fuente: Elaboración propia

El ENB fue ampliamente superado por Markowitz, el cual parece ser el modelo con mejor control en términos de turnover.

Gracias a la versatilidad del programa R de descargar y analizar datos de forma rápida y sencilla, se decidió construir dos portafolios adicionales para cada sector teniendo un total de 3 portafolios por cada industria evaluada. Los activos de cada portafolio fueron escogidos al azar, bajo la condición de que no tuvieran una correlación mayor a 0.60. En total se evaluaron 9 portafolios a los cuales se les aplicaron las 3 estrategias de diversificación, dando como resultado un total de 27 evaluaciones.

Según los resultados obtenidos de los portafolios, no hay evidencias de que la estrategia de diversificación ENB logre mitigar mejor el riesgo que las otras estrategias utilizadas bajo las condiciones establecidas, ya que en los portafolios evaluados la metodología no logró alcanzar mejores resultados consistentemente en los indicadores analizados. Adicionalmente, se debe tomar en cuenta que, en varios años la competencia entre las metodologías fue muy cerrada y la diferencia entre el ganador y el segundo era prácticamente imperceptible, lo cual complica la elección de una mejor estrategia.

Estos empates entre las estrategias permiten considerar que el alto riesgo que atravesaron los portafolios (activos de la misma industria durante crisis financieras) fue demasiado alto como para obtener resultados diferenciadores. Sin embargo, en la evaluación de los 9 portafolios solo se evidenció un claro ganador en términos de turnover. Esto ocurrió en dos de los tres portafolios, cuyos activos correspondían a las industrias mixtas, donde el modelo de Markowitz obtiene diferencias consistentes (entre 16 y 19 años ofreciendo mejores resultados) y considerables (entre 10% y 50% de diferencia). Estos resultados pueden deberse a que en el rebalanceo no se calculaban nuevos pesos para los portafolios utilizando la nueva información del año transcurrido.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Aunque el primer portafolio evaluado donde había sólo activos financieros (correlaciones más altas que los otros portafolios) daba indicios de que la metodología ENB pudiese controlar mejor el riesgo que Markowitz y Naif, al observar el resultado de los demás portafolios evaluados no parece haber evidencia clara de que ENB efectivamente controle mejor el riesgo.
- A pesar de que la metodología ENB no resultó como un claro ganador, tampoco existe un claro perdedor entre las metodologías. Esto lleva a concluir que evaluar portafolios con activos de la misma industria (correlaciones medias) atravesando crisis financieras es demasiado riesgo para cualquier estrategia y la mitigación de riesgo no parece estar controlada por los pesos asignados a los activos.
- Las evaluaciones de las gráficas de los portafolios con activos de la misma industria mostraron varios resultados muy cercanos (empates técnicos) entre las metodologías, lo cual contribuye a concluir que el alto riesgo de tener estos activos correlacionados en un mismo portafolio supera la capacidad de mitigar dicho riesgo por medio de asignación de pesos de las metodologías evaluadas.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda repetir el experimento con diferentes sectores aparte del financiero y cuidado de la salud. El código desarrollado permite la versatilidad de replicar el experimento con cualquier selección de activos.
- Se recomienda repetir el experimento con mayor cantidad de activos para entender si la diversificación es más eficiente al permitirle a las estrategias evaluar más de cuatro activos. El código desarrollado puede utilizarse para esta recomendación, ya que no tiene límite de activos para descargar la información al correr el modelo.
- Se recomienda recalcular los pesos según cada estrategia para cada año a evaluar y así utilizar la información histórica del año transcurrido al momento de rebalancear los portafolios.
- Se recomienda repetir el experimento sin atravesar períodos de crisis financieras. De esta manera, se podría evaluar el comportamiento de las metodologías sin agregar el factor de riesgo de atravesar momentos históricos de alta volatilidad.

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agudelo, D. (2015). *Inversiones en renta variable*. Disponible en: https://books.google.com/books?id=ri-jDwAAQBAJ&pg=PT189&lpg=PT189&dq=portafolio+de+activos+de+la+misma+industria&source=bl&ots=RrTvT33wgx&sig=ACfU3U1fSiBwrSj_R-ntk5QZQHCZA5Rn-Q&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiH566555bqAhXnUt8KHQJ6AGgQ6AEwAXoECAkQAQ#v=onepage&q=portafolio%20de%20activos%20de%20la%20misma%20industria&f=false
- Bausys, M. (2016). *U.S. Stock Market Sectors: Correlations*. Disponible en: <https://seekingalpha.com/article/3805416-u-s-stock-market-sectors-correlations>
- Benzinga (2016). *The Best and Worst Stocks of the 2008 Crash: What We Learned*. Disponible en: <https://finance.yahoo.com/news/best-worst-stocks-2008-crash-205844396.html>
- Carli, T., Deguest, R. y Martellini, L. (2014). *Improved Risk Reporting with Factor/Based Diversification Measures*. EDHEC-Risk Institute. EDHEC Business School.
- Chen, J. (2018). *Portfolio Return*. Disponible en: <https://www.investopedia.com/terms/p/portfolio-return.asp>
- Chen, J. (2019). *Portfolio Turnover*. Disponible en: <https://www.investopedia.com/terms/p/portfolioturnover.asp>
- DeMiguel, V., Garlappi, L., Nogales, F., y Uppal, R. (2007). *A Generalized Approach to Portfolio Optimization: Improving Performance By Constraining Portfolio Norms*. Disponible en: <http://facultyresearch.london.edu/docs/DeMiguelGarlappiNogalesUppal20070715.pdf>
- Franco, L., Avendaño C. y Barbutín H. (2011). *Modelo de Markowitz y Modelo de Black-Litterman en la Optimización de Portafolios de Inversión*. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992011000100005
- Hargrave, M. (2020). *Sharpe Ratio*. Disponible en: <https://www.investopedia.com/terms/s/sharperatio.asp>
- Hayes, A. (2019). *Portfolio Variance*. Disponible en: <https://www.investopedia.com/terms/p/portfolio-variance.asp>
- Hitchner, J. (2006). *Financial Valuation*. Disponible en: <https://books.google.co.ve/books?id=cZmTUINZApcC&pg=PA222&dq=systemic+risk+and+unsystematic+risk+definition&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwikzLXn75bqAhUDn-AKHVxFDI8Q6AEwAXoECAIQAg#v=onepage&q=systemic%20risk%20and%20unsystematic%20risk%20definition&f=false>
- Investopedia (2020). *How to Calculate Expected Portfolio Return*. Disponible en: <https://www.investopedia.com/ask/answers/061215/how-can-i-calculate-expected-return-my-portfolio.asp>

Maier, J. (2017). *CIO Insights: Sector Investing and Correlations*. Disponible en: <https://www.globalxetfs.com/cio-insights-sector-investing-and-correlations/>

McCullum, N. (2017) *The Performance Of Different Stock Market Sectors Over Time*. Disponible en: <https://www.suredividend.com/sector-performance/>

Medina, L. (2003). *Aplicación de la Teoría del Portafolio en el Mercado Accionario Colombiano*. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-47722003000200007

Meucci, A. (2010). *Managing Diversification*. Disponible en: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1358533

Osuna, E. (2012). *Elementos para modelar situaciones con incertidumbre*. Ediciones IESA

Rodríguez, D. (s.f). *Investigación experimental: características y ejemplos*. Disponible en: <https://www.lifeder.com/investigacion-experimental/>

Triola, M. (2008). *Elementary Statistics*. Edición 11th. Dutchess Community College. Pearson Education.

Venegas, F. y Rodríguez, A. (2009). Consistencia entre minimización de varianza y maximización de utilidad en la evaluación de derivados. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422009000300002

Walpole, R., Myers, R. y Myers, S. (2012). *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*. Ninth Edition. Pearson Education Inc.

Wikipedia (2020). Dot-com bubble. Disponible en: https://en.wikipedia.org/wiki/Dot-com_bubble

Wikipedia (2020). Crisis Financiera de 2008. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Crisis_financiera_de_2008

Wikipedia: List of S&P 500 Industries. Disponible en: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_S%26P_500_companies

ANEXOS

Anexo 1. Código del programa utilizado en R

```
#Library
library(tidyr)
library(dplyr)
library(lubridate)
library(ggplot2)
library(ggthemes)
library(ggribes)
library(quantmod)
library(gtools)
library(tseries)
library(PerformanceAnalytics)
library(ROI)
library(alabama)
library(xts)

#Define Variables

#Financial Industry
ticker_list<-c("AIG", "BAC", "C", "JPM", "AON","AFL","STT","HBAN","AXP")

# Health Care Industry
ticker_list<-c("DHR", "HUM", "JNJ", "LLY", "MDT","MRK","MYL","TFX","UNH")

#Mix Industry
ticker_list<-c("WMB", "APA", "PG", "AAPL", "KO","HSY","LUV","PFE","GE")

#tickers <-sample(ticker_list,4)

tickers <-c("APA","HSY","LUV","PG")

tickers
fromdate<-"1985-01-01"
todate<-"1995-12-31"

fromdateEVA<-"1996-01-01"
todateEVA<-"2015-12-31"

#Data Download
n<-length(tickers)

portfolioPrices <- NULL

for(t in tickers){

  portfolioPrices <-cbind(portfolioPrices, getSymbols(t,from=fromdate,to=todate,periodicity="monthly", auto.assign = FALSE)[,4])
```

```

}

colnames(portfolioPrices)<-tickers

Portafolio<-ROC(portfolioPrices, type="discrete")[-1,]
head(Portafolio)

#Covariance Matrix calculations

covmatrix=matrix(c(cov(Portafolio)),nrow=n,ncol=n)
dimnames(covmatrix) = list(tickers, tickers)
covmatrix

#Correlation Matrix
corrmatrix<-cov2cor(covmatrix)
corrmatrix

chart.Correlation(Portafolio)

#Variables for PK

d=sqrt(diag(covmatrix))
D=diag(d,nrow=ncol(covmatrix),ncol=ncol(covmatrix))
Dinv<-solve(D)

#Dinv<-diag(1,nrow(D))
# for(i in 1:nrow(D)){
#   Dinv[i,i]<-1/D[i,i]
# }

PCA=eigen(covmatrix)
Lambda=sqrt(diag(PCA$values))
P=PCA$vectors

USV=svd(Lambda%*%t(P)%*%D)
USV
U=USV$u
S=diag(USV$d)
V=USV$v

#Function ENB for the weight Wk of the stocks in the portfolio

ENB<-function(w){

Ainvw<-Dinv%*%V%*%t(U)%*%Lambda%*%t(P)%*%w
WEW<-as.numeric(w%*%covmatrix%*%w)

```

```

Pk<-rep(1,n)
for(i in 1:n){

  Pk[i]<-(covmatrix[i,i]*Ainvw[i]^2)/WEW

}

lnpk<-log(Pk)
pklnpk<-as.numeric(Pk%*%lnpk)
efnb<-exp(-1*pklnpk)

return(efnb)

}

#Optimization Model

sem<-rep(1/n,n)

Rest_i<-diag(rep(1,n+1),n+1)
Rest_i[1,]<-rep(1,n+1)
Rest_i<-Rest_i[, -1]
Rest_d

Rest_d<-c(1, rep(0,n))
Rest_d<-matrix(Rest_d,ncol=1)

Rest_v<-c("==",rep(">=",n))
Rest_v<-matrix(Rest_v,ncol=1)

constraints<-L_constraint(Rest_i,Rest_v,rhs=Rest_d)
Objective<-F_objective(ENB,n)
ProbOpt<-OP(Objective,constraints,maximum=TRUE)
Solve<-ROI_solve(ProbOpt,control=list(start=sem))
W_ENB<-solution(Solve)

format(W_ENB,scientific = F)

W_ENB<-round(W_ENB,5)
names(W_ENB) <- tickers

#Markowitz and NAIV

opt<- portfolio.optim(as.matrix(Portafolio))
W_mkwtz<-opt$pw
names(W_mkwtz) <- tickers

```

```

W_NAIV<-rep(1/n,n)
names(W_NAIV) <- tickers

#Weights Summary

weights<-cbind(as.data.frame(W_ENB),as.data.frame(W_mkwitz),as.data.frame(W_NAIV))
weights<-cbind(Stocks=rownames(weights),weights)
rownames(weights)<-1:nrow(weights)

wp<-gather(weights,"method","weight",2:4)

ggplot(wp,aes(Stocks, weight, color=method))+
  geom_point(size=5,alpha=0.7) +
  labs(title="Peso por Metodología",x="Acciones",y="Pesos",color="Metodología")+
  scale_color_tableau(labels = c("ENB", "Markowitz", "NAIV"))+
  ylim(0,NA)+
  theme_gdocs()

#Data Evaluation

portfolioPricesEVA <- NULL

for(t in tickers){

  portfolioPricesEVA <-cbind(portfolioPricesEVA, getSymbols(t,from=fromdateEVA,to=todateEVA,periodicity="monthly",
auto.assign = FALSE)[,4])

}

colnames(portfolioPricesEVA)<-tickers

PortafolioEVA<-ROC(portfolioPricesEVA, type="discrete")[-1,]
head(portfolioPricesEVA)
head(PortafolioEVA)

ENB<-Return.portfolio(PortafolioEVA, weights=W_ENB,rebalance_on="years")
names(ENB)<-"ENB"
MKWTZ<-Return.portfolio(PortafolioEVA, weights=W_mkwitz,rebalance_on="years")
names(MKWTZ)<-"MKWTZ"
NAIV<-Return.portfolio(PortafolioEVA, weights=W_NAIV,rebalance_on="years")
names(NAIV)<-"NAIV"

# Returns

Methods<-cbind(ENB,MKWTZ,NAIV)

```

```

Methods_df<-as.data.frame(Methods)
Methods_df<-cbind(Fecha=rownames(Methods_df),Methods_df)
rownames(Methods_df)<-1:nrow(Methods_df)
head(Methods_df)

Methods_df$Fecha<-as.Date(Methods_df$Fecha)

Methods_plot<-gather(Methods_df,"Method","Return",2:4)
Methods_plot<-Methods_plot %>% mutate(Periodos=case_when(Fecha<"2001-12-31" ~ "Periodo 1996-2001",
                                                           Fecha >="2001-12-31" & Fecha<"2009-12-31"~ "Periodo 2002-2009",
                                                           Fecha >="2009-12-31"~ "Periodo 2010-2015"))

glimpse(Methods_plot)

#Plot of Returns distribution per methodology
ggplot(Methods_plot,aes(Method,Return, color=Method))+
  geom_hline(yintercept=0,color="black")+
  geom_jitter(alpha=0.4)+
  geom_boxplot(alpha=0.2)+
  facet_grid(~Periodos)+
  labs(x="", y="Retornos Mensuales", title = "Distribución de retornos")+
  theme_gdocs()+
  scale_color_tableau(name="Metodología")

#Wealth Returns

wealth_ENB<-Return.portfolio(PortafolioEVA, weights=W_ENB,rebalance_on="years",wealth.index = TRUE)
names(wealth_ENB)<-"ENB"
wealth_MKWTZ<-Return.portfolio(PortafolioEVA, weights=W_mkwtz,rebalance_on="years",wealth.index = TRUE)
names(wealth_MKWTZ)<-"MKWTZ"
wealth_NAIV<-Return.portfolio(PortafolioEVA, weights=W_NAIV,rebalance_on="years",wealth.index = TRUE)
names(wealth_NAIV)<-"NAIV"

wealth_Methods<-cbind(wealth_ENB,wealth_MKWTZ,wealth_NAIV)

wealth_Methods_df<-as.data.frame(wealth_Methods)
wealth_Methods_df<-cbind(Fecha=rownames(wealth_Methods_df),wealth_Methods_df)
rownames(wealth_Methods_df)<-1:nrow(wealth_Methods_df)
head(wealth_Methods_df)

wealth_Methods_df$Fecha<-as.Date(wealth_Methods_df$Fecha)
wealth_Methods_plot<-gather(wealth_Methods_df,"Method","Wealth",2:4)
glimpse(wealth_Methods_plot)

#Plot of Wealth per methodology
ggplot(wealth_Methods_plot,aes(Fecha,Wealth,color=Method))+
  geom_line(size=1,alpha=0.7)+
  labs(title = "Inversión en el tiempo de 1$ por metodología")+
  theme_gdocs()+

```

```

scale_color_tableau(name="Metodología")

#SharpeRatio

head(Methods_df)

Methods_sharpe<-Methods_df %>% group_by(Year=year(Fecha)) %>%
  summarise(SharpeRatio_ENB=mean(ENB)/sd(ENB),
            SharpeRatio_MKWTZ=mean(MKWTZ)/sd(MKWTZ),
            SharpeRatio_NAIV=mean(NAIV)/sd(NAIV))

Methods_sharpe<-Methods_sharpe %>% mutate(Winner= case_when(SharpeRatio_ENB>SharpeRatio_MKWTZ &
SharpeRatio_ENB> SharpeRatio_NAIV~"ENB",
            SharpeRatio_MKWTZ>SharpeRatio_ENB & SharpeRatio_MKWTZ>SharpeRatio_NAIV~"MKWTZ",
            TRUE~"NAIV"
            ))

table(Methods_sharpe$Winner)

#Sharpie Ratio Plot

Methods_sharpe_plot<-gather(Methods_sharpe,"Method","Sharpe_Ratio",2:4)

tail(Methods_sharpe_plot)

ggplot(Methods_sharpe_plot,aes(as.factor(Year),Sharpe_Ratio,fill=Winner))+
  geom_col(alpha=0.3,size=4,position="dodge")+
  geom_point(aes(color=Method),size=2)+
  geom_hline(yintercept=0,color="black")+
  scale_fill_tableau(name="Ganador")+
  scale_color_tableau(name="Metodología", labels=c("ENB","MKWTZ","NAIV"))+
  labs(x="", y="Sharpie Ratio", title="Desempeño y ganador según Sharpie Ratio")+
  theme_gdocs()

#Standard Deviation

Methods_sd<-Methods_df %>% group_by(Year=year(Fecha)) %>%
  summarise(sd_ENB=sd(ENB),
            sd_MKWTZ=sd(MKWTZ),
            sd_NAIV=sd(NAIV))

Methods_sd<-Methods_sd %>% mutate(Winner= case_when(sd_ENB<sd_MKWTZ & sd_ENB< sd_NAIV~"ENB",
            sd_MKWTZ<sd_ENB & sd_MKWTZ<sd_NAIV~"MKWTZ",
            TRUE~"NAIV"))

table(Methods_sd$Winner)

```

```

#Standar Deviation Plot

Methods_sd_plot<-gather(Methods_sd,"Method","sd",2:4)

ggplot(Methods_sd_plot, aes(x=as.factor(Year),y=sd,fill=Winner))+
  geom_col(alpha=0.3,size=4,position="dodge")+
  geom_point(aes(color=Method),size=2)+
  scale_fill_tableau(name="Ganador")+
  scale_color_tableau(name="Metodología", labels=c("ENB","MKWTZ","NAIV"))+
  labs(x="", y="Desviación Estandar", title="Desempeño y ganador según Desviación Estandar")+
  theme_gdocs()

#Turnover

#ENB turnover

ENB_TO<-Return.portfolio(PortafolioEVA,rebalance_on="years", weights=W_ENB,verbose=TRUE)

beginWeights <- ENB_TO$BOP.Weight
endWeights <- ENB_TO$EOP.Weight
txns <- beginWeights - lag.xts(endWeights)
monthlyTO_ENB <- xts(rowSums(abs(txns[,1:4])), order.by=index(txns))

#MKWTZ turnover

MKWTZ_TO<-Return.portfolio(PortafolioEVA, weights=W_mkwtz,rebalance_on="years",verbose=TRUE)

beginWeights2 <- MKWTZ_TO$BOP.Weight
endWeights2 <- MKWTZ_TO$EOP.Weight
txns2 <- beginWeights2 - lag.xts(endWeights2)
monthlyTO_MKWTZ <- xts(rowSums(abs(txns2[,1:4])), order.by=index(txns2))

#NAIV turnover

NAIV_TO<-Return.portfolio(PortafolioEVA, weights=W_NAIV,rebalance_on="years",verbose=TRUE)

beginWeights3 <- NAIV_TO$BOP.Weight
endWeights3 <- NAIV_TO$EOP.Weight
txns3 <- beginWeights3 - lag.xts(endWeights3)
monthlyTO_NAIV <- xts(rowSums(abs(txns3[,1:4])), order.by=index(txns3))

#Turnover plot

Methods_turnover<-cbind(monthlyTO_ENB,monthlyTO_MKWTZ,monthlyTO_NAIV)
Methods_TO_df<-as.data.frame(Methods_turnover)
Methods_TO_df<-cbind(Fecha=rownames(Methods_TO_df),Methods_TO_df)
rownames(Methods_TO_df)<-1:nrow(Methods_TO_df)

Methods_TO_df$Fecha<-as.Date(Methods_df$Fecha)

```

```

Methods_TO_df<-Methods_TO_df %>% mutate(Winner= case_when(monthlyTO_ENB<monthlyTO_MKWTZ &
monthlyTO_ENB< monthlyTO_NAIV~"ENB",
                                monthlyTO_MKWTZ<monthlyTO_ENB & monthlyTO_MKWTZ<monthlyTO_NAIV~"MKWTZ",
                                monthlyTO_NAIV<monthlyTO_ENB & monthlyTO_NAIV<monthlyTO_MKWTZ~"NAIV",
                                TRUE~"NA"))

#Turnover Plot

Methods_TO_plot<-gather(Methods_TO_df,"Method","Turnover",2:4)
head(Methods_TO_plot,2)

Methods_TO_plot<-Methods_TO_plot %>%
  group_by(as.factor(year(Fecha)),Method,Winner) %>%
  summarize(sum(Turnover)) %>%
  filter(Winner != "NA")

head(Methods_TO_plot,2)
colnames(Methods_TO_plot)<-c("year","Method","Winner","Turnover")
Methods_TO_plot<-as.data.frame(Methods_TO_plot)

table(Methods_TO_plot$Winner)/3

ggplot(Methods_TO_plot, aes(x=year,y=Turnover,fill=Winner))+
  geom_col(alpha=0.3,size=4,position="dodge")+
  geom_point(aes(color=Method),alpha=0.6,size=2)+
  scale_fill_tableau(name="Ganador")+
  scale_color_tableau(name="Metodología", labels=c("ENB","MKWTZ","NAIV"))+
  labs(x="",y="Turnover", title="Desempeño y ganador según Turnover")+
  theme_gdocs()

# Resumen de Tablas

#Sharpie Ratio
table(Methods_sharpe$Winner)

#SD
table(Methods_sd$Winner)

#Turnover
table(Methods_TO_plot$Winner)/3

```