



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Métodos Cuantitativos en Finanzas

Proyecto 1. VaR

P R E S E N T A :

NOMBRE DEL ALUMNO(S)

Mejía Nájera Ángel Josué

Ramírez Rubio Eduardo

PROFESOR(A)

Alma Rosa Bustamante García

PROF. ADJUNTOS

Sergio Martín Mtz.
José de Jesús Ojeda Glez
Frida Rojas



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

2022

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Riesgo de mercado	3
1.2 Medida de Riesgo Financiero	6
1.2.1 Ejemplos de medida de riesgo.....	6
1.2.2 Axiomas de una medida de riesgo coherente:.....	7
1.2.3 VaR.....	8
1.2.3.1 Ventajas y Desventajas	10
1.2.3.2 Importancia, utilidad, objetivo e interpretación	11
2. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS	14
2.1 Bolsa Mexicana de Valores.....	14
2.2 Emisoras elegidas	16
2.2.1 Gentera, S.A.B. de C.V. (GENTERA.MX)	16
2.2.2 Industrias Peñoles, S.A.B. de C.V. (PE&OLES.MX)	18
2.2.3 Promotora y Operadora de Infraestructura, S. A. B. de C. V. (PINFRA.MX)	19
2.2.4 Wal-Mart de México y Centroamérica, S.A.B. de C.V. (WALMEX.MX)	21
2.2.5 Grupo Rotoplas S.A.B. de C.V. (AGUA.MX).....	23
2.2.6 Índice de Precios y Cotizaciones (S&P/BMV IPC)	25
2.2.7 Fecha inicial	27
2.2.8 Rendimiento esperado, volatilidad y varianza. (TABLA)	28
3. Desarrollo.....	30
3.1 Análisis de correlación del portafolio y el IPC.....	30
3.2 Análisis de portafolios.....	35
3.2.1 Portafolio 1.....	36
3.2.2 Portafolio 2	36
3.3 Cálculo de VaR's	38
3.3.1 VaR Histórico	38
3.3.2 VaR Paramétrico (Distribución Normal)	41
3.3.3 VaR Montecarlo (Distribución normal estándar multivariada)	43
3.4 Comparación de los 3 tipos de VaR por portafolio	46
3.5 Comparación de Portafolios.....	47

3.6 Comparación de VaR's con valor del portafolio al 9 de mayo de 2022 ..	55
4. Preguntas adicionales	61
4.1 ¿Bajo qué método el VaR fue mayor?.....	61
4.2 ¿Está bien tomar como válido el resultado dado al calcular el VaR al 100% de confianza con el método Montecarlo?	62
5. Conclusiones	64
Referencias	67

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo evaluaremos un portafolio de inversión riesgoso desde el punto de vista financiero, de entre activos previamente elegidos en la Bolsa Mexicana de Valores (dichos activos se presentarán más adelante), ponderaremos de manera óptima la proporción de cada uno de ellos, basados en el modelo de Markowitz y con una distribución igual, para compararlos y estimar, principalmente, el riesgo de mercado al que está nuestro portafolio. Para lo cual conviene precisar los conceptos de *riesgo de mercado*, *medida de riesgo* y *VaR*.

1.1 Riesgo de mercado

Comencemos por notar que, las instituciones financieras, por naturaleza, son tomadoras de riesgo, es decir, en todo momento sus operaciones están expuestas a riesgos de índole financiera, o bien, eventos fortuitos e inciertos, que puedan producir una pérdida (o ganancia) financiera.

Otra forma de visualizar el riesgo en un contexto financiero es como aquella probabilidad de desviación que puede sufrir el rendimiento real de una cartera de activos con respecto al rendimiento esperado.

Una exposición al riesgo no es necesariamente mala, pues dentro de un contexto financiero y de mercado, mayores riesgos pueden otorgar mayores ganancias bajo una buena gestión del mismo riesgo. De aquí que sea necesario contar con un sistema que permita medir riesgos de forma cuantitativa, coherente y eficiente, tal que permita al tomador de riesgo gestionar las particularidades de su operación en pro de obtener mayores rendimientos.

Dentro de estos riesgos financieros está el *riesgo de mercado*, que lo podemos definir como la probabilidad de que se dé una fluctuación en el

precio de un activo financiero derivado del actuar de participantes directos del mercado, de un cambio en los llamados “factores de riesgo” (como tasas de interés, tipos de cambio, precio de commodities, etc.) y en general, de las variables macroeconómicas que determinan el precio de dicho activo.

Con mayor rigor, la 2ª disposición fracción V de la Circular 1423 del Comité de Basilea III define al riesgo de mercado como “La pérdida potencial por cambios en los factores de riesgo que inciden sobre la valuación de las posiciones por operaciones activas, pasivas o causantes de pasivo contingente, tales como tasas de interés, tipos de cambio, índices de precios, acciones, entre otros”.

Algunos ejemplos de los distintos riesgos de mercado que puede haber, son:

Riesgo de tasa de interés

Cambios en los precios de un activo derivado de un ajuste en la tasa *risk free* de referencia (En México es otorgada por BANXICO) para controlar la inflación, o bien, de cualquier otra tasa de interés bajo la cual se valúe el activo.

Un ejemplo sencillo sería un bono cupón cero con tasa fija al 5% cuyo precio a día de hoy sea de \$100, pero que, dado un descenso en la tasa de referencia del 4% al 2% provocaría que el bono se aprecie dado que su rendimiento es superior al ofrecido por la tasa de referencia.

De esta forma, una subida de los tipos de interés provoca una bajada del precio del bono y viceversa.

Riesgo de cambios en precio de acciones

Generado por especulaciones de mercado, es decir, es el riesgo derivado de un cambio en la cotización de ciertas acciones o índices representativos de mercado. Va de la mano con la volatilidad de las acciones (su desviación estándar de los precios históricos).

Un ejemplo de este riesgo está en lo recientemente sucedido con Netflix.

Riesgo de cambio de divisas

Dado los efectos de la globalización, es común observar que los precios de los activos dependen fuertemente de las variaciones en los precios de las divisas que pueden sufrir devaluaciones abruptas derivadas de cambios ocasionados en la política internacional y otros factores como crisis internacionales, etc.

Este tipo de riesgo también se ve más presente en las transacciones financieras dados en mercados que operan con distintas monedas. O bien, en la conversión del precio de un activo extranjera a moneda nacional.

Así, un aumento en el valor del dólar podría acarrear que el precio de los activos del sector tecnológico en México aumente de precio.

El tipo de cambio que más peso tiene en nuestro país es el Dólar-Peso.

Riesgo de cambios en precio de mercancías

El valor de un portafolio de activos puede ver modificado su valor en correspondencia a un efecto directo que tiene la variación de ciertos activos específicos (commodities es lo más usual) en el mercado, debido a la cadena de dependencia de nuestra sociedad.

Por ejemplo, la volatilidad de los precios del petróleo tiene un efecto generalizado en el valor de casi todos los activos del mercado nacional e

internacional, pues uno de sus efectos más importantes es en el de la cadena de suministros o que resulta como insumo principal de gran parte de los materiales y herramientas que se usan hoy día.

De los ejemplos anteriores surge la importancia de medir el riesgo al que estamos expuestos, en cuanto a su magnitud y probabilidad de manera correcta. Es por esto que se definen las *medidas de riesgo*.

1.2 Medida de Riesgo Financiero

Dada una variable aleatoria (que en general representa pérdidas, es decir, si es positiva implica una pérdida y si es negativa un beneficio), una medida de riesgo es una función que le asocia un número real que representa el nivel de riesgo al que estamos expuestos.

Su principal objetivo es cuantificar o medir la exposición a dicho riesgo para su posterior comparación, por ejemplo, en el ámbito financiero entre portafolios, así como para tomar decisiones de gestión.

1.2.1 Ejemplos de medida de riesgo

Volatilidad/Desviación estándar

Se define como la raíz cuadrada de la varianza, que a su vez se puede calcular como el segundo momento menos el primero al cuadrado.

Esta medida nos cuantifica el movimiento de los rendimientos con respecto a los rendimientos esperados en unidades monetarias originales.

VaR (Value at Risk)

Dada una variable aleatoria X que representa pérdidas/ganancias, el VaR a un nivel de confianza de α es el percentil α de X , es decir, el valor p tal que $F_X(p) = \alpha$ con F_X la función de distribución de X . En

términos sencillos, el $100 \cdot \alpha\%$ (95% por ejemplo) de las posibles pérdidas son menores al VaR.

CVaR (Conditional Value at Risk)

Está definido como la media de las pérdidas posibles, considerando que ya se ha superado el mencionado anteriormente VaR, o bien, habiendo superado el peor $i\%$ de los casos.

Por la su naturaleza de cálculo, esta medida es más sensible a las colas de la distribución de pérdida, es decir, detecta con mayor eficacia las máximas pérdidas probables catastróficas de una cartera u operación financiera.

Por la amplia diversidad de funciones que pueden fungir como medidas de riesgo, se define el concepto de *medida de riesgo coherente*, que considera precisamente un conjunto de axiomas de coherencia basados en el concepto de riesgo.

1.2.2 Axiomas de una medida de riesgo coherente:

Sea p una medida de riesgo, es además coherente si:

- Homogeneidad positiva ($p(kX) = kp(X)$, $k > 0$)

Si se tiene un portafolio proporcional a otro, entonces la medida de riesgo de uno es proporcional a otro. En la misma proporción.

- Monotonía ($X < Y \Rightarrow p(X) \geq p(Y)$)

Esto significa que a mayor rentabilidad (menor pérdida) debe corresponder mayor riesgo.

- Sub aditividad ($p(X+Y) \leq p(X) + p(Y)$)

Si se tiene un portafolio conformado por dos distintos activos, entonces el riesgo de este es menor que la suma de los riesgos individuales de cada uno de ellos. Esta característica está relacionada con la diversificación del riesgo.

- Transitividad Negativa (a número real, $p(X+a) = p(X) - a$)

Si se tiene un portafolio conformado por un activo riesgoso X y uno libre de riesgo (como puede ser capital en efectivo o invertir en activos risk free), el riesgo de este portafolio compuesto ($p(X+a)$) resulta ser menor al riesgo del activo X ($p(X)$) e igual al riesgo de dicho activo menos el valor del activo libre de riesgo (a).

En otras palabras, agregar un activo libre de riesgo al portafolio disminuye en la misma cantidad de su valor el riesgo de la variable X por sí sola, o aún más simple, agregar efectivo a la cartera disminuye su riesgo en la misma cantidad.

De entre las anteriormente mencionadas, la única medida coherente es el CVaR, ya que cumple con todos los axiomas.

1.2.3 VaR

El Valor en Riesgo o Value at Risk (VaR) es una medida de riesgo que vio sus orígenes a finales de los 80 en EE. UU. de la mano de J.P. Morgan. Cuyo objetivo en un principio era dar una medida apropiada que pudiese describir diariamente y de forma simple y concisa el riesgo de pérdida de la cartera/portafolio bajo un contexto histórico en el que se dieron grandes desastres financieros por la mala gestión del riesgo de las empresas.

Esto dio lugar al informe técnico de Risk-Metrics, que hoy día da nombre a la aplicación de la metodología desarrollada por esta entidad financiera para la medición de riesgos.

A pesar de no ser coherente, pues el VaR no cumple la sub-aditividad, sigue siendo la medida de riesgo más utilizada en el ámbito financiero internacional e incluso es oficialmente la medida por excelencia para cuantificar riesgos de mercado, usada por las principales instituciones bancarias del mundo bajo regulación estricta del Comité de Basilea con base en los acuerdos de Basilea III. Es por esto que profundizaremos más acerca de ella.

El VaR es la máxima pérdida esperada dentro de un horizonte de tiempo de “n” días con un nivel de confianza de $(1 - \alpha\%)$ (El nivel de confianza regularmente es 95%, 99%... a criterio del gestor de riesgo y/o la entidad reguladora).

Para su determinación, es necesario establecer 3 parámetros:

- El nivel de confianza $(1 - \alpha\%)$
Parámetro indicativo del número de veces, en unidades de tiempo predefinidas; en los cuales se espera la pérdida de la entidad, no sobrepase la pérdida máxima estimada.
- Número de observaciones históricas
Es necesario definir un buen intervalo de tiempo del cual se va a obtener los datos históricos de los precios.
Periodos cortos de tiempo (al menos un año) brindan mejores reacciones ante los movimientos del mercado.
Periodos largos dan mayor representatividad a los rendimientos esperados, pero no se adecuan al contexto del mercado.
- Horizonte de tiempo
Definido como el intervalo del tiempo entre la observación a “día de hoy” y la observación a futuro de la que queremos estimar la máxima pérdida probable.

Así, pueden darse horizontes de tiempo de un día, un mes e incluso un año; dependiendo de los factores de riesgo que afecten al portafolio y su misma composición.

La elección de dichos parámetros es intuitiva y dependerá de cómo se conforme el portafolio de inversión y sus características intrínsecas.

1.2.3.1 Ventajas y Desventajas

Ventajas

- Es la medida de riesgo más empleada en la práctica tanto por gestores de carteras como por instituciones financieras de gran renombre, dada su forma intuitiva y de fácil comprensión.
- Cuantifica el riesgo de mercado de un activo o portafolio en una sola medida estándar dada en unidades monetarias fácilmente.
- Entrega un resultado expresado en dinero perdido en un horizonte de tiempo dado.
- Es relativamente simple de calcular pues únicamente requiere de una estimación de la distribución de pérdidas y el cálculo del percentil.
- Permite comparar el riesgo de diversos portafolios.
- Puede ser empleada en diferentes contextos financieros, tanto para activos individuales simples como para carteras complejas con distintos tipos de activos de diferentes mercados.
- Su implementación deriva en la creación de un sistema riguroso de registro y valuación de las posiciones de un ente financiero que permita medir los diversos factores de riesgo que afecten a su cartera.

Desventajas

- No es una medida de riesgo coherente.
- No considera el peso de las colas, por lo que dos portafolios con el mismo VaR pueden representar una pérdida probable distinta.
- Trabaja bajo supuestos que no necesariamente se cumplen en la realidad, tales como que el mercado opera normalmente a lo largo del tiempo.
- Para activos financieros no comunes, la recolección de datos históricos puede ser un desafío.
- Puede ser malinterpretado como “el peor escenario” otorgando una falsa sensación de seguridad.
- No da una certeza sobre la pérdida esperada, sino que únicamente brinda una probabilidad de ocurrencia.
- Es difícil de optimizar como función a diferencia de la volatilidad, por ejemplo.
- Se puede calcular mediante distintas metodologías que pueden otorgar diversos resultados dependiendo la conformación de la cartera, lo que hace complicado elegir el mejor tipo de VaR para un portafolio específico.

1.2.3.2 Importancia, utilidad, objetivo e interpretación

La importancia del VaR, en primer lugar, como medida de riesgo, radica en que ofrece la posibilidad de cuantificar en términos monetarios y de forma precisa, el riesgo al que estamos expuestos; para tomar decisiones y acciones que ayuden a mitigarlo y/o controlarlo. Lo anterior es aplicable

no solamente en las finanzas, sino también en las aseguradoras, instituciones crediticias, bancarias, así como en muchas otras actividades.

Otro uso es que esta medida sirve para establecer los límites de una región factible de posibles valores para que el inversor pueda conformar un portafolio según su perfil de riesgo. Así, si observa valores muy altos en el VaR, quizá le resulte favorable alterar los pesos del portafolio de tal manera que disminuya la pérdida esperada (con un posible efecto negativo en los rendimientos, depende la constitución del portafolio).

Por poner un ejemplo, el VaR en la actualidad resulta una herramienta útil para los gestores de riesgo de mercado y supervisores de carteras dada su propiedad inherente de medir el riesgo, específicamente el de mercado. Con base a dicha medición, uno es capaz de estimar qué tan bien o mal trabaja una cartera y trabajar con base en ello, ya sea reestimando parámetros, reajustando la proporción de la cartera, limpiando datos, proponiendo otros supuestos, etc.

Por regulación, las entidades financieras están obligadas a medir su riesgo, y en tanto así sus pérdidas esperadas futuras, mediante una metodología aprobada por el ente regulador.

Es de esta manera, que el VaR ahora es un paradigma en la medición de los riesgos de mercado.

Ahora bien, el VaR, como medida de riesgo, trabaja bajo el supuesto de condiciones “normales en el mercado”, es decir, existe un flujo y actividad constante de las inversiones en el horizonte a valuar, o bien, no hay situaciones catastróficas que alteren el comportamiento usual del mercado, tales como crisis financieras, pandemias, etc. Por lo anterior, es importante complementarlo con el llamado *Stress Testing* o el *Back Testing*.

Una forma sencilla de darle interpretación a esta medida es mediante un ejemplo sencillo. Suponga que un inversionista posee un portafolio de \$1'000'000 pesos mexicanos, mediante una metodología específica elegida y por medio de un histórico de datos de cuando menos un año, logra determinar que el VaR a un día es de aproximadamente \$250 mil pesos dado un nivel de confianza del 95%, o, dicho de otra manera, bajo un nivel de significancia del 5%.

Lo anterior nos habla de que lo que el inversor espera perder como máximo en un día, son \$250 mil pesos en un estimado de 95 de cada 100 días valuados, mientras que, en los otros 5 días valuados, es posible que la pérdida pueda superar en mayor o menor medida a los \$250'000 estimados.

Dicho de otra manera, la probabilidad de que nuestro portafolio obtenga una pérdida mayor o igual a \$250'000 es cuando menos de un 5%. Lo anterior, siempre y cuando se den condiciones de mercado normales, bajo escenarios, digamos, catastróficos, la pérdida real puede exceder por mucho la esperada y con gran frecuencia.

Dado lo último comentado, es que hay muchos autores escépticos ante el uso de esta medida de riesgo como una medida adecuada al contexto real del mercado, pues subestima mucho las pérdidas más fuertes (que se suelen posicionar en las colas de la distribución de pérdidas) originadas de grandes crisis financieras.

Para concluir este apartado, es necesario destacar que el VaR posee una gran cantidad de maneras para ser calculado, de entre todas ellas, existen 3 metodologías que son las más utilizadas tanto por su simpleza como por la precisión de sus resultados.

Dichas metodologías son:

- VaR Histórico (Método no paramétrico)
- VaR Paramétrico (Método paramétrico)
- VaR Montecarlo (Método semiparamétrico)

2. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

2.1 Bolsa Mexicana de Valores

Importancia

Según Grupo BMV, “La Bolsa Mexicana de Valores, S.A.B. de C.V. es una entidad financiera, que opera por concesión de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, con apego a la Ley del Mercado de Valores”.

Así, siendo una institución financiera privada y al igual que en todo el mundo, su principal función como una bolsa de valores es fungir como vínculo entre los inversionistas, con un excedente de capital, y las empresas (gobierno) que lo requieren para su desarrollo, estableciendo los mecanismos, instalaciones y regulaciones necesarias para su negociación, así como proveyendo de información para la justa competencia.

Protege a los usuarios como institución, procurando su buen funcionamiento y estabilidad, pues de no ser el caso, la fiabilidad hacia la bolsa sería insuficiente como para que persistiesen sus operaciones; por ello es importante que, como institución representativa del mercado mexicano, haga un trabajo encomendado a la protección del usuario.

Además, es fundamental contar con una bolsa nacional para otorgar la oportunidad a las compañías que en el extranjero no tendrían, brindando

posibilidades de inversión en proyectos novedosos y productivos que ayudan a incrementar la riqueza de la nación y de sus ciudadanos.

Es crucial la existencia de una Bolsa para un país, pues funciona como un motor de la economía que canaliza el capital financiero y facilita su flujo a través del sistema financiero de una manera libre, eficiente, equitativa y competitiva que sirva para el desarrollo de empresas emergentes que den oportunidades de empleo y superación a la población del país en pos de una mejor calidad de vida.

Y no solo eso, sus esfuerzos en conjunto con las principales instituciones financieras del país han orientado a la población a tener una cultura de ahorro e inversión que mantenga y aumente el crecimiento de sus economías para garantizar el sano crecimiento y un desarrollo pleno.

Datos curiosos

- De las más de 5 millones de empresas registradas en México, menos de 500 cotizan en bolsa.
- Es considerada uno de los principales centros bursátiles de Latinoamérica.
- El mayor nivel que ha alcanzado el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) se registró en julio de 2017 alcanzando los 51,565 puntos.
- La primera 'bolsa de valores' en nuestro país, fue una pastelería. La calle de Plateros (hoy Madero) en el Centro Histórico de la Ciudad de México fue sede de las primeras operaciones entre inversionistas hacia mediados del siglo XIX.

Historia

En las calles de Plateros y Cadena, en el centro de la Ciudad de México, se coorganizaban los primeros corredores y empresarios del país, en 1894 se forma la llamada Bolsa Nacional, en 1975 se crea la actual BMV unificando las bolsas ya existentes, en 1994 incursionan bolsas de valores extranjeras en nuestro país, en 1998 nacen MexDer y Asigna así como otras instituciones como BursaTec para el correcto funcionamiento de la BMV, en 2003 se abre el mercado global, en 2006 MexDer abre operaciones a extranjeros, alianza con la CME para derivados en 2010, en 2012 es lanzado el índice IPC sustentable que da seguimiento a las empresas con mejores desempeños en materia de cuidado ambiental y responsabilidad social. En 2014, la BMV se une al Mercado Integrado Latinoamericano como parte de una bolsa unificada de la Alianza del Pacífico.

2.2 Emisoras elegidas

2.2.1 Gentera, S.A.B. de C.V. (GENTERA.MX)

¿Por qué eligió la emisora?

Nos parece un buen representante proveedor de servicios financieros a la población, además de que tiene una misión con gran impacto social, rendimientos estables y sobre todo aporta buena diversificación en el portafolio. Adicionalmente, fue importante en el cálculo del IPC durante cierto periodo, por lo que su posición como emisora es destacable con respecto a otras del mercado.

Historia y misión de la emisora.

Nace en 1990, inicia con el producto de seguros en 2005, se crea *Compartamos Banco* en 2006, cotiza por primera vez en bolsa en 2010,

nace Yastás en 2011, se forma *Aterna* en 2012, evolucionan a *Gentera* en 2013, *Finlab* inicia operaciones en 2016, invierten con *ConCrédito* en 2018.

Misión: “Impulsamos los sueños de nuestros clientes atendiendo sus necesidades financieras con sentido humano. Durante más de 30 años hemos llevado oportunidades que promuevan su desarrollo y el de sus comunidades.”

Sector de la economía a la que pertenece.

Servicios Financieros (Créditos, Seguros, Ahorro, Canales de pago)

Procedencia del capital: nacional, extranjero, mixto, etc.

Mixto, principalmente de México y Perú (Compartamos Financiera).

Factores de riesgo

Al ser una institución de servicios financieros, es afectada por la tasa de referencia nacional dada por BANXICO, el riesgo de crédito, de impago y de liquidez. Incluso el riesgo de precios de acciones y commodities puede afectarle a esta institución, pues indirectamente gran parte de su operación depende de la solvencia de sus clientes y si suben los precios de la canasta básica, gasolina, petróleo o de los activos que conformen sus portafolios de inversión (de tenerlos); todo esto hace susceptible que no sean capaces de pagar en tiempo y forma sus créditos solicitados.

De lo anterior, también se podría decir que la inflación afecta en su medida las operaciones de esta empresa y en general cualquier subtipo de riesgo mercado lo hace.

El riesgo por tipo de cambio también afecta en el valor de la empresa debido a que cotiza en la bolsa de otro país (Perú) y dada su condición de empresa financiera que maneja remesas y compra-venta de dólares.

2.2.2 Industrias Peñoles, S.A.B. de C.V. (PE&OLES.MX)

¿Por qué eligió la emisora?

Elegimos Peñoles por ser una industria sólida con años de experiencia y consolidada en el país, el mayor productor de plata a nivel mundial y el mayor representante del sector minero en el país, sector que consideramos muy relevante para tener una buena diversificación en cuanto a sectores económicos.

Cabe recalcar que tiene, dado su principal eje recto, esta compañía tiene una fuerte correlación positiva con los precios del oro y la plata. De igual manera conforma parte del IPC, lo que la hace muy valiosa para considerarla en un portafolio de inversión a pesar de las fuertes pérdidas que sufrió durante el periodo de pandemia.

Además, agrega muy poca correlación al portafolio con respecto a las demás emisoras.

Historia y misión de la emisora.

Peñoles nació en el México Independiente del siglo XIX (1887) y ha sido testigo de los sucesos contemporáneos más importantes del país; ha contribuido al desarrollo económico y social de nuestro país durante más de 13 décadas por medio de la inversión, generación de empleos bien remunerados en zonas remotas y desarrollo de infraestructura, y se ha consolidado como una de las empresas más importantes de su sector a nivel mundial.

Misión: "Generar valor a partir de los recursos naturales no renovables en forma sostenible"

Sector de la economía a la que pertenece.

Materiales primarios (Metales y Minería).

Procedencia del capital: nacional, extranjero, mixto, etc.

Mixta, cotiza en la BMV y su filial “Fresnillo” cotiza en la Bolsa de Londres (LSE).

Factores de riesgo

Al ser una compañía productora de metales, el precio de estos commodities (principalmente del oro y la plata) afectan absolutamente a las operaciones y valor de la empresa.

Otro factor de riesgo significativo es el sociopolítico y el mercado que van de la mano (tensiones internacionales motivan movimientos en el mercado orientados a obtener “refugios seguros” como el oro). La empresa declara en su informe de resultados del 1º trimestre de 2022, que el conflicto actual entre Rusia y Ucrania estimuló la demanda de oro y la baja en las tasas de interés reales que derivó en un aumento del precio del oro y la plata favorable para la operación de la empresa.

Otro factor de riesgo es del tipo de cambio dado su filial que cotiza en la Bolsa de Londres.

2.2.3 Promotora y Operadora de Infraestructura, S. A. B. de C. V. (PINFRA.MX)

¿Por qué eligió la emisora?

Es una sociedad cuyo principal sector de operaciones es la promoción y gestión de infraestructura, un sector vital en la economía de cualquier país y base del mismo. Esto hace de “PINFRA” una emisora representativa de su sector cuyo posicionamiento en el mercado es sólido y se sustenta en

la fuerza del sector privado mexicano, por lo que, a menos que al mercado le vaya realmente mal (como se evidencia en el precio de la acción en el periodo de pandemia), la empresa rendirá muy bien en el portafolio.

Notable es que la empresa conforma parte del IPC, lo cual da mayores garantías de su bursatilidad y satisface, a nuestro parecer, una necesidad del país, lo que la hace una opción viable.

Historia y misión de la emisora.

Se funda en 2003, Carretera México-Toluca (Marquesa a Lerma) en 2013, Jantetelco-El Higuerón (Xicatlacotla) en 2013, viaducto elevado zona metropolitana de Puebla en 2014, Tlaxcala-Puebla en 2015, levanta suspensión de cotización en BMV en 2015, Viaducto Elevado La Raza-Indios Verdes-Santa Clara en 2016, Fibra Vía en 2016, Monterrey-Nuevo Laredo en 2017, Estado de Aguascalientes en 2020.

Misión: "Eficiencia empresarial dentro de un contexto social, es el valor primordial del sector infraestructura".

Sector de la economía a la que pertenece.

Industrial (Ingeniería y construcción).

Procedencia del capital: nacional, extranjero, mixto, etc.

Nacional, cotiza en la Bolsa de Valores Mexicana.

Factores de riesgo

Dado su carácter como empresa manufacturera de infraestructura con productos derivados del petróleo, es claro que el precio de este mismo (Factor de riesgo en el precio de commodities) va a influir en su valor como empresa que cotiza en bolsa.

Por su parte, el área de administración de riesgos de la sociedad enlista los siguientes factores de riesgo:

- Riesgo de exposición a UDI, debido a que sus operaciones y deuda están denominadas en UDIS's.
- Riesgo de tasas de interés, debido a que algunas de sus emisiones de certificados bursátiles devengan intereses a tasas variables vinculadas a la TIIE.
- Riesgo de crédito en cuestiones de efectivo y equivalentes.

2.2.4 Wal-Mart de México y Centroamérica, S.A.B. de C.V. (WALMEX.MX)

¿Por qué eligió la emisora?

Elegimos esta emisora porque desde nuestro criterio es una de las empresas más sólidas en el mercado nacional e internacional, necesaria en el funcionamiento de nuestra sociedad y con presencia en todas nuestras actividades diarias. Después de todo, es la principal cadena minorista del país.

Adicionalmente, los rendimientos a largo plazo de WALMEX.MX mantienen un crecimiento sostenido con poca volatilidad en el corto plazo (Yahoo-Finance).

Principalmente, decidimos agregarla en el portafolio dada su gran representatividad del sector donde opera y que conforme parte esencial en el cálculo del IPC; además, de que agrega poca correlación al portafolio.

Historia y misión de la emisora.

Jerónimo Arango funda Central de Ropa (más tarde Aurrera) en México en 1958, Sam Walton funda Walmart Stores en Estados Unidos en 1962, abre la primera tienda Suburbia y la primera Bodega Aurrera en México en 1970, Walmart stores cotiza en la Bolsa de Valores de Nueva York en 1972, Aurrera cotiza en la Bolsa Mexicana de Valores en 1977, se crea agrupo Cifra S.A. de C.V. en México en 1986, alianza Cifra y Walmart en 1991, fusión Cifra y Walmart en 1997, 2000 Cifra se convierte en Walmart de México, Walmart Stores obtiene el 51% de las acciones y asume toda la administración en 2006, fusión Walmart México y Centroamérica en 2010.

Misión: "Consiste en contribuir a mejorar la calidad de vida de las familias en México y Centroamérica."

Sector de la economía a la que pertenece.

Comercio/Retail (Tiendas de descuento, Supermercados, Hipermercados, Clubes de precio con membresías) y recientemente incursionó en el sector financiero, principalmente como banca.

Procedencia del capital: nacional, extranjero, mixto, etc.

WALMEX como tal solo cotiza en la BMV con filiales en Centroamérica, sin embargo, WALMART.INC es una empresa internacional.

Factores de riesgo

Al manejar una inmensa variedad de productos, es afectado por muchos factores de riesgo; sin embargo, de destacar alguno, sería el riesgo en el precio de mercancías, específicamente del precio del petróleo y la gasolina, pues al ser una cadena minorista que ofrece gran variedad de productos derivados del petróleo y cuyo negocio depende de abastecer

cientos de tiendas mediante un complejo sistema de logística provoca que el precio de sus productos vayan muy de acordes al precio de esos dos commodities.

Entre más bajos sean los precios del petróleo y el gas, más ganancias en general obtendrá la cadena. Incluso, si lo vemos por parte del cliente, una disminución en el precio de la gasolina permitirá que más clientes puedan ir a las tiendas a comprar y gastar más.

Además, al tener un ramo en el sector financiero, es claro que riesgos de crédito, de liquidez, de tipo cambiario (dada su condición de operar con su empresa matriz Wal-Mart, Inc. Cuya operación se da en dólares) y en general cualquier tipo de riesgo de mercado; le afectan en menor o mayor medida.

2.2.5 Grupo Rotoplas S.A.B. de C.V. (AGUA.MX)

¿Por qué eligió la emisora?

Elegimos esta emisora por su posición en el mercado mexicano, como una empresa consolidada y presente en el hogar de millones de mexicanos a través de diversos tipos de productos, siendo la empresa más famosa en cuestión de distribución de productos para almacenaje, filtración y bombeo de agua.

Además, por motivos de correlación inversa con la mayoría de los demás componentes del portafolio y el índice representativo del mercado mexicano y que representa un sector tan elemental como lo es el del agua, funge como un buen contrapeso y diversifica aún más nuestro riesgo.

Historia y misión de la emisora.

Nace en 1978, incursiona en la producción de purificadores, bombas y filtros en 1999. Su gran popularidad entre la población mexicana llevó a la empresa a tener hasta el 90% de participación en el mercado a mediados de la década de los 90. Salida a la Bolsa Mexicana de Valores bajo la clave "AGUA.MX" en 2014. En 2015 incursionan en Estados Unidos con Plastic-Mark y The Tank Depot.

Misión: "En Rotoplas tenemos la visión de ofrecer soluciones descentralizadas y sustentables de agua con beneficios relevantes al cliente dentro del Estilo Rotoplas. Nuestra Misión es que la gente tenga Más y mejor agua."

Sector de la economía a la que pertenece.

Sector Industrial (Controles de Contaminación y Tratamiento).

Procedencia del capital: nacional, extranjero, mixto, etc.

Es de origen nacional y, además de cotizar en la bolsa mexicana, cotiza en estados unidos en el PNK.

Factores de riesgo

Dada que su principal mercado se concentra en la venta de soluciones de agua a gran parte de la población del país, es propio considerar que cualquier cambio significativo en el poder adquisitivo de la población derivado de crisis económicas, políticas y sociales pueden afectar en gran medida la valoración de la empresa pues su mercado vería reducida su capacidad de demanda y, por tanto, las ventas de la empresa bajarían.

Así mismo, otro tipo de factores de riesgo como las condiciones del clima pueden afectar las operaciones de esta compañía. Un ejemplo serían los

periodos prolongados de lluvia que motivarían a la gente a no comprar sistemas de almacenamiento de agua, bajando las ventas.

Y otro factor de riesgo más asociado al mercado, es el cambio en el precio de los commodities, principalmente el petróleo; pues es claro que al ser una compañía que ofrece productos manufacturados, cambios en los precios de su materia prima pueden conllevar en grandes pérdidas.

También, al ser una empresa de categoría internacional, se ve sujeta al riesgo de tipo de cambio.

2.2.6 Índice de Precios y Cotizaciones (S&P/BMV IPC)

¿Por qué eligió este índice?

Dado que las 5 emisoras que elegimos cotizan principalmente en la Bolsa Mexicana de Valores, es necesario tener un índice que represente al mercado mexicano en su totalidad, dicho índice es el IPC, cuyo cálculo es elaborado por la agencia de calificación Standard & Poor's en asociación con la BMV.

Según el Grupo BMV expresa en su página principal, el IPC “expresa el rendimiento del mercado accionario en función de las variaciones de precios de una muestra balanceada, ponderada y representativa del conjunto de Emisoras cotizadas en la Bolsa Mexicana de Valores, basado en las mejores prácticas internacionales”.

Historia y misión de la emisora.

En 1894 tiene lugar la apertura del centro de operaciones bursátiles BMV. En 1975 se aprueba la Ley del Mercado de Valores. El 1.º de noviembre de 1978 se comenzó a calcular el Índice de Precios y Cotizaciones, IPC, de la Bolsa Mexicana de Valores, para posteriormente ser publicado

oficialmente en septiembre de 1980. En ese entonces, la muestra se conformaba por las 42 empresas más bursátiles del mercado accionario. En el año 2000, el número de miembros del índice se redujo a 35 de las principales empresas del mercado accionario (blue chips) y la metodología para el cálculo del índice se estandarizó. En el 2012, la metodología se actualizó para que las acciones restringidas se excluyeran del cálculo. S&P Dow Jones Indices se hizo cargo de la gestión del índice en el 2017. El índice en la actualidad es administrado conjuntamente por la BMV y S&P Dow Jones.

Objetivo: “El Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) es el indicador oficial de la evolución del mercado accionario, ya que busca medir el rendimiento de las acciones de mayor tamaño y liquidez listadas en la Bolsa Mexicana de Valores”.

Sector de la economía a la que pertenece.

Mercado nacional.

Procedencia del capital: nacional, extranjero, mixto, etc.

Nacional, pues su cálculo deriva de las variaciones en los precios de una muestra representativa del mercado mexicano, es decir, de emisoras que coticen en la BMV.

Factores de riesgo

Al ser el índice representativo del mercado mexicano es intuitivo pensar que el valor del índice tiene una total exposición al riesgo del mercado y sus derivados, pues al representar al mercado representa a todos los sectores económicos del país, lo que hace que su valor dependa en mayor o menor medida de todo tipo de riesgo al que se pueda exponer el sistema financiero y económico del país. Por listar algunos ejemplos tenemos:

- Condiciones económicas globales.
- Fluctuaciones del peso frente al dólar (riesgo de tipo de cambio).
- Los controles de cambios de divisas.
- Fluctuaciones de las tasas de interés.
- Altas tasas de inflación.
- Las crisis económicas, sociales y políticas.
- La desaceleración económica en otros países.
- El comportamiento de los mercados financieros.
- La volatilidad en el mercado de valores.
- La devaluación del peso.
- La reducción o el aumento en los precios del crudo y la canasta básica.
- La tasa de desempleo.

Notemos que el IPC se constituye por una muestra representativa y diversificada de 35 empresas prominentes que coticen en la bolsa, por lo que, factores de riesgo que afecten a dichas empresas afectarán en menor (o mayor) proporción al índice.

Así mismo, el buen funcionamiento del mercado depende en gran medida de la estabilidad económica del país y de su población, por lo que ante momentos de alto crecimiento económico (afectado por infinidad de factores variables) se espera el índice crezca y viceversa.

2.2.7 Fecha inicial

Escogimos tomar datos desde 5 años atrás a la fecha de cierre del 6 de mayo del 2022 y con fecha de inicial al 6 de mayo de 2017. Esto, pues los datos más recientes son en general los que guardan información más factible y aterrizada de los rendimientos futuros; sin embargo, por la pandemia, un considerable periodo de ellos es atípico. Por lo cual, nos

pareció importante incluir también datos prepandémicos que ayuden como contrapeso de dichos valores atípicos.

A su vez, consideramos que 5 años de datos son suficientes para modelar fielmente la máxima pérdida esperada por cualquiera de los 3 métodos sin caer en supuestos no aplicables a la realidad de los datos.

También hay que tomar en cuenta que tomar más de 5 años de datos puede sesgar la previsión futura, pues dicha información acarrea consigo factores de riesgo que no necesariamente serán los mismos a la fecha de valuación del riesgo y claro, esta diferencia se vuelve más significativo conforme más atrás en el tiempo se obtengan los datos.

De aquí que concluyamos que usar 5 años de datos de los precios de las 5 emisoras que conforman el portafolio sea justo y suficiente, pues dado el contexto, los datos atrapan una etapa de estabilidad del mercado, una de recesión/ crisis y otra de recuperación y ponderar por igual estos 3 escenarios, consideramos, brinda una buena estimación de las máximas pérdidas posibles que podría tener nuestra posición a día de mañana.

2.2.8 Rendimiento esperado, volatilidad y varianza. (TABLA)

Activo	Mean	SD	Var
AGUA.MX	0.00002901	0.02425627	0.00058837
GENTERA.MX	-0.00055835	0.02768497	0.00076646
PE&OLES.MX	-0.00055091	0.02553836	0.00065221
PINFRA.MX	-0.00026073	0.01560597	0.00024355
WALMEX.MX	0.00038031	0.01620238	0.00026252
^MXX	0.00000058	0.01062023	0.00011279

Tabla 1. Representación de los rendimientos diarios continuos esperados, volatilidad/desviación estándar y varianza (columna de izquierda a derecha respectivamente) para cada una de las emisoras que conforman el portafolio. Al final se agregan los mismos datos para el IPC (^MXX).

De la tabla anterior, se puede observar que, dado el histórico de datos, las empresas de Grupo Rotoplas y Walmart México y Centroamérica son las únicas en las que se espera obtengamos rendimientos diarios continuos positivos. En cuanto a las otras 3 emisoras, esperamos rendimientos negativos significativos si los comparamos con la emisora que otorga mayores rendimientos (Walmart).

Para las 3 emisoras que presentan rendimientos esperados negativos, notamos que también se caracterizan por ser empresas cuyo valor en el precio de sus acciones cayó bruscamente en el periodo de pandemia y crisis en el precio del petróleo.

Resulta interesante observar que el IPC espera otorgar un rendimiento diario continuo positivo relativamente cercano a 0.

Ahora bien, analizando la volatilidad de cada emisora, notamos que cada emisora tiene una volatilidad más alta que la del índice representativo del mercado, y entre ellas, son PINFRA y WALMEX las que presentan la menor volatilidad/desviación estándar.

3. Desarrollo

3.1 Análisis de correlación del portafolio y el IPC

El coeficiente de correlación entre dos variables se da entre el rango de $[-1, 1]$ donde si la correlación es -1 , nos indica una correlación negativa perfecta, es decir, las variables se relacionan linealmente (misma proporción) con pendiente negativa. Dado nuestro contexto, para una correlación inversa, se puede entender que conforme suba el rendimiento de una acción, el rendimiento de la otra bajará en la misma proporción.

Esta medida se da en un margen histórico, por lo que un cambio en el periodo de valuación dará lugar a distintos coeficientes de correlación. Además, es importante notar que, ante periodos de inestabilidad, los activos tendrán mayores correlaciones (Edwards, 2021).

En el caso de que la correlación sea 1 , significará que existe una relación lineal perfecta con pendiente positiva entre las variables, lo que significa que si aumentar el rendimiento de una acción, el de la otra también aumentará. Si la correlación es 0 , significa que no existe correlación (relación lineal) entre los activos, por lo que (si suponemos un comportamiento normal en los rendimientos de los activos) podríamos decir que el rendimiento de un activo es independiente del otro con el que se compare.

Con estas bases, como personas racionales buscamos reducir riesgos potenciales de pérdidas futuras, específicamente buscamos reducir el riesgo de mercado dado por la volatilidad de los activos. Una forma para lograrlo es mediante un portafolio diversificado, donde intuitivamente manejar activos de distintos sectores ayudaría a que nuestro portafolio no se decante por una caída brusca en el caso de que caiga el valor de un sector específico.

Sin embargo, esto no es siempre cierto y puede ocurrir que aún en activos de distintos sectores mantengan muy alta correlación entre sí (debido al efecto de la globalización y las cadenas de producción), por ejemplo, es común ver que para la moneda de un país, sus rendimientos estén altamente correlacionados con los rendimientos que otorgue el sector de donde más dependa la economía de dicho país, pues ante la subida del activo/commodity es usual que los inversores quieran adquirir más moneda del país para poder comprar la misma cantidad del activo en dicho país, aumentando la demanda global de la divisa y, por tanto, su precio y rendimientos.

Es por ello que es importante analizar la correlación de los activos que conforme el portafolio, para no caer en sesgos de juicio y tener una certeza de cómo se relacionan entre sí los activos de nuestro portafolio. Para lograr una buena diversificación, buscamos que los activos no se correlacionen o al menos mantengan correlaciones negativas (esto daría lugar a una “cobertura”) para que, en caso de una caída en los rendimientos de un activo, dicha pérdida económica sea compensada por un aumento en los rendimientos de otros activos.

Correlación	AGUA.MX	GENTERA.MX	PE&OLES.MX	PINFRA.MX	WALMEX.MX	^MXX
AGUA.MX	1.0000	0.1780	0.1396	0.1392	0.1515	0.2881
GENTERA.MX	0.1780	1.0000	0.0811	0.2289	0.1299	0.4069
PE&OLES.MX	0.1396	0.0811	1.0000	0.1712	0.1521	0.3711
PINFRA.MX	0.1392	0.2289	0.1712	1.0000	0.1722	0.5024
WALMEX.MX	0.1515	0.1299	0.1521	0.1722	1.0000	0.5197
^MXX	0.2881	0.4069	0.3711	0.5024	0.5197	1.0000

Tabla 2. Matriz de correlaciones de los rendimientos diarios continuos entre las 5 emisoras que conforman el portafolio y el índice representativo del mercado mexicano.

Es así, que calculando la matriz de correlación por pares entre las 5 emisoras y el índice de representatividad del mercado mexicano (IPC); podemos observar que la correlación de nuestro portafolio es cercana a cero entre las distintas emisoras (el valor más alto es de 0.2289 y el más bajo es de 0.08), esto nos habla bien sobre la diversificación de nuestros

activos en el margen de 5 años que estamos valuando, pues no existe una relación lineal tan significativa como para considerar que si los rendimientos de “AGUA.MX” bajan, los de “GENTERA.MX” y otros bajarán; lo que sí podría pasar es que bajen en mucha menor medida (proporción) al largo plazo o incluso suban en el corto plazo.

Note que la mínima correlación que hay entre GENTERA y PE&OLES puede deberse a la gran diferenciación que existe entre sus sectores representativos. El primero orienta su negocio en las finanzas y otorgamiento de créditos, seguros, ahorros al largo plazo y demás; mientras que, la segunda, tiene sus operaciones puestas en el campo de la explotación minera de plata, oro, zinc, plomo y otros metales.

Por lo que resulta complicado establecer una relación directa entre el comportamiento de los precios de estas 2 emisoras.

Con respecto a la correlación más alta dada entre PINFRA y GENTERA, la primera sustenta su operación en la construcción, operación y mantenimiento de infraestructura; ambas empresas tienen una fuerte codependencia con la situación del mercado mexicano y sus participantes, por lo que es de esperar que cuando la economía va mal, también lo hagan estas dos emisoras solo que en diferentes proporciones y viceversa. Esto último también es una buena razón para justificar su significativa correlación con el IPC, el índice representativo del mercado mexicano.

En cuanto a las correlaciones del portafolio con el índice representativo de la B.M.V., el IPC (\wedge MXX en la tabla); primero podemos notar que PINFRA, GENTERA, WALMEX y PEÑALES forman parte de las 35 empresas usadas para el cálculo del IPC, por lo que es de esperar que exista una alta correlación (o al menos significativa) entre este índice y dichos activos.

Así, para este grupo de 4 emisoras, las correlaciones con el IPC son significativamente mayores a que si obtenemos las correlaciones entre las 5 emisoras. Se puede observar que, de estas 4, la menor correlación viene dada entre Peñoles y el IPC y esto se debe a la gran diferencia de comportamiento que tiene la compañía de Peñoles con respecto al de otras empresas del IPC, bien se puede observar como ejemplo la matriz de correlaciones presentada. Así, mientras el IPC presentaba un crecimiento sostenido durante los años afectados por la pandemia, Peñoles sufrió un decrecimiento muy significativo en el precio de sus acciones (Yahoo-Finance).

Otro caso destacable es el de Walmart de México y Centroamérica, 3º compañía más importante de nuestro país por volumen de ventas (CNN, 2012) y una de las 3 emisoras con mayor peso en el cálculo del IPC, por lo que es esperable que su correlación con el índice IPC sea bastante alta. En este caso, llegando a ser la más alta de la matriz con un total de 0.51, que podría decirse que es una correlación moderada tirando a fuerte.

El mismo caso se presenta para las otras 2 emisoras que conforman una parte del IPC, siendo que GENTERA cuenta con una correlación de 0.4 y PINFRA, de 0.5. Estas 2 tienen menor peso en el cálculo del IPC, pero no por ello mantienen menor correlación con los movimientos del índice representativo de mercado. Aun así, es de destacar que ninguna de las correlaciones entre emisoras e índices es lo suficientemente fuerte como para preocuparse por un problema de no diversificación.

Es importante observar que GENTERA dejó de formar parte de la muestra semestral correspondiente al año 2021 (S&P DJI, 2021), por lo que resulta que gran parte de la muestra de datos obtenidos para GENTERA corresponden a un periodo en el que no tuvo influencias en la obtención

del índice de precios y cotizaciones, de ahí que su correlación con el IPC sea relativamente baja.

Finalmente, notemos que Grupo Rotoplas/AGUA.MX no forma parte del IPC, por lo que hace sentido que su correlación con dicho índice sea baja. De un análisis gráfico de sus precios históricos (Yahoo-Finance), podemos observar que cuando el IPC tiene una ligera tendencia a la baja, Grupo Rotoplas también la tenía, pero con mucha mayor fuerza y volatilidad, lo mismo para el otro caso donde, cuando el índice mostró una tendencia creciente, los precios de AGUA.MX presentaron grandes incrementos desproporcionados a los del índice. Solo ha sido este año 2022 donde el comportamiento de esta emisora y el índice se han mantenido similares.

Dicha correlación tiene una gran ventaja que se puede convertir en una gran desventaja y es que, es conocido que el IPC tiende a crecer a largo plazo dado su condición de estar constituido por las 35 empresas más bursátiles del país, de distintos sectores (más de 2 años consideramos es suficiente para tomar en cuenta este hecho de crecimiento a la larga), pero al ser un índice representativo pueden existir caídas bruscas dado ciertos eventos catastróficos como lo fueron la crisis del 2008 o la del COVID-19 que ocasionen una caída brusca en el índice que representaría una caída del valor del mercado mexicano y dada la correlación casi lineal de nuestro portafolio con dicho índice, mientras no exista otro evento catastrófico al corto plazo, nuestro portafolio tenderá a crecer al largo plazo y se diversifica un poco gracias a la poca correlación que tiene AGUA.MX (Grupo Rotoplas). En resumen, nuestro portafolio casi sigue la tendencia del mercado de forma proporcional positiva con los datos históricos de 5 años en un horizonte de tiempo de 1 día.

Note que, en el corto plazo o bien, un periodo de un día; esto ya no se puede considerar dado que el índice es muy volátil diariamente, lo que

ocasiona que no podamos asegurar qué pasará al día siguiente a partir del día valuado.

Como un agregado extra, se calcularon las Betas de cada acción fijando al IPC como índice de referencia y con ello se calculó la Beta del portafolio (usando pesos iguales). Los resultados fueron los siguientes:

Activo	Beta (IPC)
AGUA.MX	0.6581
GENTERA.MX	1.0606
PE&OLES.MX	0.8924
PINFRA.MX	0.7382
WALMEX.MX	0.7929
Beta (Portafolio)	0.8285

Tabla 3. Betas por emisora y por el portafolio en su totalidad.

De manera resumida, podemos decir que, si la Beta es igual a 1, entonces nuestra acción tiene la misma volatilidad que la del mercado; si es menor a 1, la volatilidad es menor y si es mayor a 1, será mayor.

En nuestro caso, podemos apreciar que casi todas las betas son menores a 1 por lo que podemos decir que nuestro portafolio es menos volátil que el mercado, por lo que está menos expuesto al riesgo de mercado y bajo nuestro perfil de riesgo moderado, nos favorece bastante.

3.2 Análisis de portafolios

Se consideraron para análisis 2 portafolios, uno con el supuesto de pesos iguales para cada una de las 5 emisoras y el otro con pesos óptimos dado nuestro perfil moderado de riesgo. Suponemos inversión inicial de \$1'000'000 de pesos mexicanos para el cálculo de las posiciones de los 2 portafolios.

3.2.1 Portafolio 1

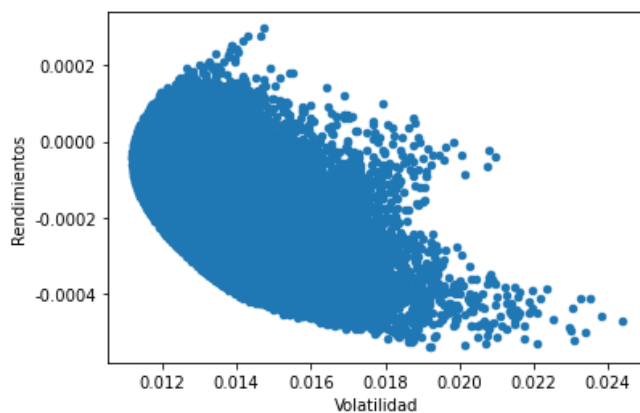
Portafolio con el supuesto de pesos iguales entre las 5 emisoras, lo que equivale a que nuestra posición por cada empresa represente el 20% del total del portafolio.

Portafolio 1 - Pesos iguales Precios al cierre de 06/05/2022	Inversión inicial	\$1,000,000.00		
	W / Pesos	Nº Acciones	Precio del activo	Posición
AGUA.MX	20%	7,791	\$25.67	\$199,994.97
GENTERA.MX	20%	12,820	\$15.60	\$199,992.00
PE&OLES.MX	20%	984	\$203.10	\$199,850.41
PINFRA.MX	20%	1,386	\$144.26	\$199,944.35
WALMEX.MX	20%	2,871	\$69.64	\$199,936.44
Valor del portafolio				\$999,718.17

Tabla 4. Representación del portafolio 1 con pesos iguales.

3.2.2 Portafolio 2

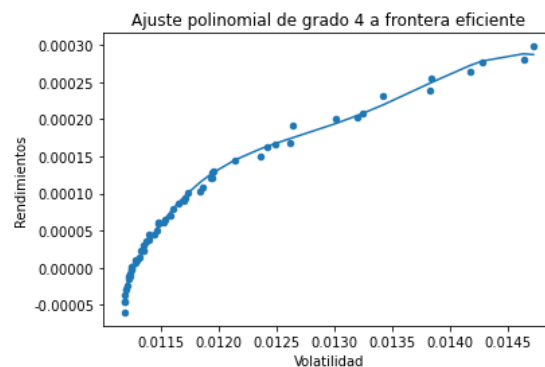
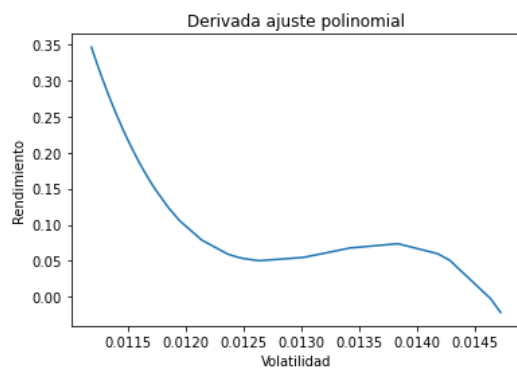
Para este portafolio se optó por seguir la metodología propuesta por Markowitz, de tal forma que se ejecutaron 100,000 simulaciones de portafolios con pesos individuales distribuidos uniformemente y luego se prorratean de tal forma que la suma de las entradas del vector de pesos sea 1.



Se calculan rendimientos esperados y volatilidades por portafolio; y se calcula el portafolio que de mayores rendimientos y menor varianza (portafolio óptimo). Sin embargo, como se puede observar en la parte de

la frontera eficiente, el portafolio con mayores rendimientos presenta un aumento del 31.62% del riesgo expuesto con respecto al portafolio de mínima varianza y nos otorga solo un aumento del 0.035% en cuanto al rendimiento esperado diario. Dado el aumento considerable de riesgo por un pequeño aumento en el porcentaje de rendimientos, optamos por seguir un enfoque que consiste en analizar dónde se obtienen los puntos de cambios más bruscos en una función ajustada a la frontera eficiente.

De esta manera, se obtuvo la frontera eficiente y se ajustó un polinomio de grado 4 mediante la función de scipy: 'optimize.curve_fit' que nos brinda un buen estimado del comportamiento de los datos. Posteriormente, se decidió derivar la función ajustada de tal forma que se pudiese observar el comportamiento del crecimiento instantáneo de la función ajustada.



De la derivada se puede observar que, cuando la volatilidad es aproximadamente 0.0125, hay un cambio en el comportamiento del crecimiento de la función ajustada, de tal forma que casi se estabiliza el crecimiento de la función ajustada y para volatilidades grande, el crecimiento es casi nulo por parte de la frontera eficiente. De esta forma concluimos que el punto óptimo de volatilidad sería aquel que, de nuestras simulaciones, se aproxime al 0.0125, pues es el punto a partir del cual la frontera deja de crecer de manera significativa, por lo que no vale

la pena ir a por más riesgo a costa de un minúsculo aumento en los rendimientos esperados.

Con las anteriores consideraciones, elegimos el portafolio óptimo tal que su volatilidad se aproxime a 0.0125. Dicho portafolio nos otorga un aumento del 11.663% de volatilidad y un aumento del 0.022% en los rendimientos esperados diarios continuos con respecto al portafolio de mínima varianza. Por lo que concluimos que, bajo un perfil de riesgo moderado, el portafolio con los siguientes pesos es un portafolio óptimo:

Portafolio 2 - Pesos óptimos				
Precios al cierre de 06/05/2022	Inversión inicial	\$1,000,000.00		
	W / Pesos	Nº Acciones	Precio del activo	Posición
AGUA.MX	15.85%	6,172	\$25.67	\$158,435.24
GENTERA.MX	0.38%	245	\$15.60	\$3,822.00
PE&OLES.MX	5.95%	293	\$203.10	\$59,508.30
PINFRA.MX	15.43%	1,069	\$144.26	\$154,213.93
WALMEX.MX	62.39%	8,959	\$69.64	\$623,904.75
	100%		Valor del portafolio	\$999,884.23

Tabla 5. Representación del portafolio 2 con pesos óptimos.

3.3 Cálculo de VaR's

Se determinó el VaR a un x% de confianza con $85\% < x < 99.5\%$ a un horizonte de un día y considerando tres metodologías distintas: VaR Histórico, VaR paramétrico bajo supuesto de que la variable aleatoria de pérdidas se distribuye normal y VaR Montecarlo.

Para el cálculo de los distintos VaR's, se generaron escenarios a través de los precios diarios de cierre de, aproximadamente, los últimos 5 años con fecha final al 06 de mayo de 2022.

3.3.1 VaR Histórico

Para la determinación de este VaR se generaron 1257 escenarios con los datos de los precios históricos de los últimos 5 años y bajo el supuesto de rendimientos continuos diarios.

Posteriormente, se calculó la pérdida o ganancia inmediata posterior al día de valuación de la cartera (6 de mayo de 2022) por cada uno de los escenarios generados para así determinar la distribución de la variable aleatoria de pérdidas cuyos valores positivos representan una pérdida para nuestra posición y los valores negativos, una ganancia.

Note que el rendimiento se obtuvo con respecto al valor del portafolio a día de hoy (6 de mayo de 2022).

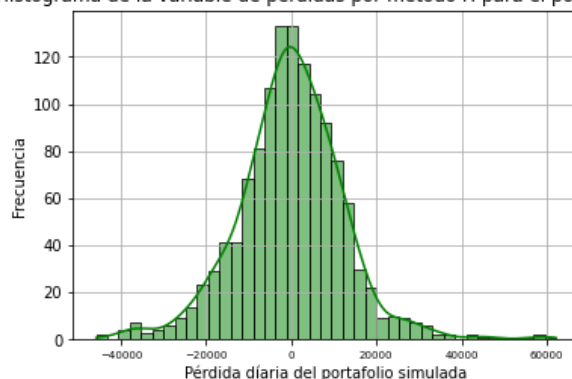
Los resultados fueron los siguientes:

PORTAFOLIO 1			PORTAFOLIO 2		
VaR Histórico	Valor Nominal	Rendimiento (Negativo)	VaR Histórico	Valor Nominal	Rendimiento (Negativo)
VaR_H_85%	\$10,955.34	1.10%	VaR_H_85%	\$11,472.78	1.15%
VaR_H_86%	\$11,577.75	1.16%	VaR_H_86%	\$11,932.12	1.19%
VaR_H_87%	\$12,042.95	1.20%	VaR_H_87%	\$12,365.97	1.24%
VaR_H_88%	\$12,570.16	1.26%	VaR_H_88%	\$12,885.88	1.29%
VaR_H_89%	\$13,105.58	1.31%	VaR_H_89%	\$13,455.55	1.35%
VaR_H_90%	\$13,641.19	1.36%	VaR_H_90%	\$14,120.24	1.41%
VaR_H_91%	\$14,378.08	1.44%	VaR_H_91%	\$15,172.64	1.52%
VaR_H_92%	\$15,090.16	1.51%	VaR_H_92%	\$15,961.01	1.60%
VaR_H_93%	\$15,930.27	1.59%	VaR_H_93%	\$16,953.95	1.70%
VaR_H_94%	\$17,185.40	1.72%	VaR_H_94%	\$18,500.40	1.85%
VaR_H_95%	\$18,229.23	1.82%	VaR_H_95%	\$19,726.74	1.97%
VaR_H_96%	\$20,246.76	2.03%	VaR_H_96%	\$21,445.88	2.14%
VaR_H_97%	\$24,464.72	2.45%	VaR_H_97%	\$24,025.06	2.40%
VaR_H_98%	\$27,638.18	2.76%	VaR_H_98%	\$26,308.72	2.63%
VaR_H_99%	\$32,996.22	3.30%	VaR_H_99%	\$30,761.82	3.08%
VaR_H_99.5%	\$43,260.49	4.33%	VaR_H_99.5%	\$34,087.31	3.41%

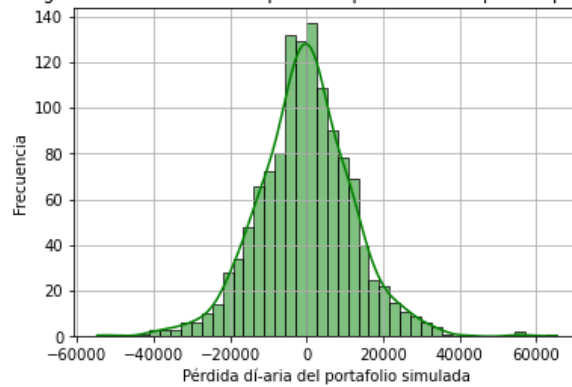
Tabla 5. Tablas que representan el valor de la máxima pérdida esperada a un día para ciertos niveles de confianza para los 2 portafolios con el método Histórico. Se presentan valores nominales y rendimientos con respecto al valor del portafolio a día de hoy (06/05/2022). Valores positivos representan pérdidas para el portafolio.

Histogramas de la variable aleatoria de pérdidas esperadas para el día siguiente por método VaR histórico para ambos portafolios:

Histograma de la variable de pérdidas por método H para el portafolio 1

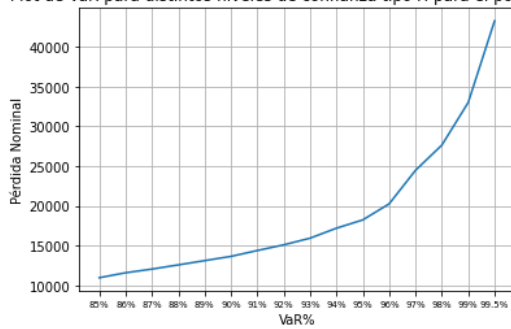


Histograma de la variable de pérdidas por método H para el portafolio 2

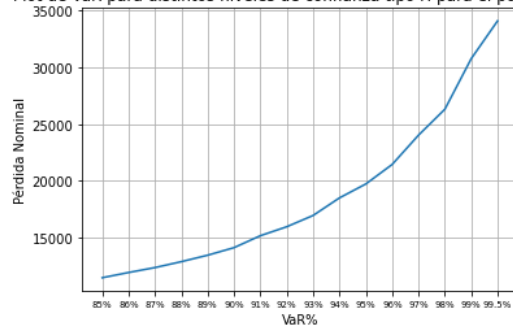


Gráficas que visualizan el cambio del VaR histórico para los distintos niveles de confianza por portafolio tanto en valor nominal (pesos mexicanos) como porcentual (con respecto al valor del portafolio 1 o 2):

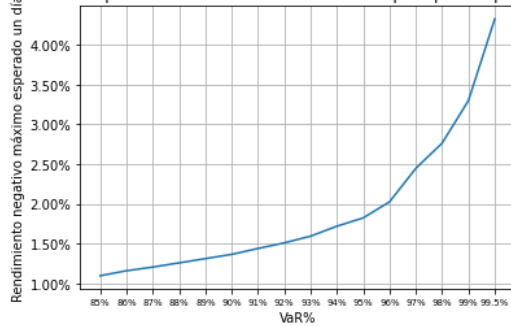
Plot de VaR para distintos niveles de confianza tipo H para el portafolio 1



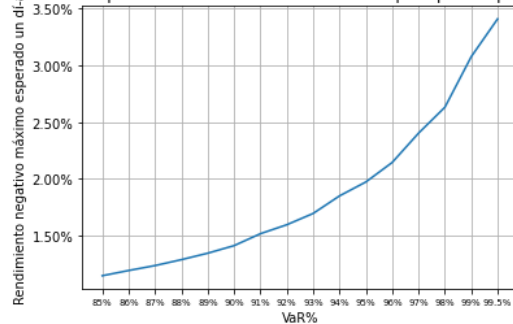
Plot de VaR para distintos niveles de confianza tipo H para el portafolio 2



Plot de VaR para distintos niveles de confianza tipo H para el portafolio 1



Plot de VaR para distintos niveles de confianza tipo H para el portafolio 2



3.3.2 VaR Paramétrico (Distribución Normal)

Para la determinación de este VaR se generaron 1257 escenarios con los datos de los precios históricos de los últimos 5 años y bajo el supuesto de rendimientos continuos diarios y que la variable aleatoria de pérdidas (a un día) se distribuye como una combinación lineal de una variable aleatoria que se distribuye normal estándar, se calculó la media y desviación estándar de los escenarios de pérdida al día siguiente generados y con estos dos datos y bajo el lema de la transformación, se determinó la distribución de la variable aleatoria de pérdidas mediante la simulación de 1257 datos distribuidos normales estándar multiplicados por la desviación estándar del vector de pérdidas simuladas sumadas con la media del vector de pérdidas simuladas.

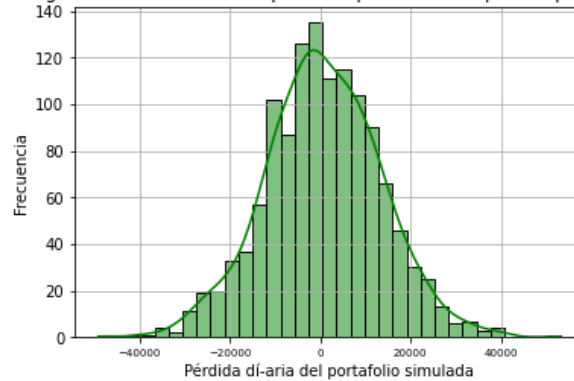
Los resultados fueron los siguientes:

PORTAFOLIO 1			PORTAFOLIO 2		
VaR Paramétrico	Valor Nominal	Rendimiento (Negativo)	VaR Paramétrico	Valor Nominal	Rendimiento (Negativo)
VaR_P_85%	\$12,910.99	1.29%	VaR_P_85%	\$12,585.29	1.26%
VaR_P_86%	\$13,460.60	1.35%	VaR_P_86%	\$13,132.78	1.31%
VaR_P_87%	\$14,037.59	1.40%	VaR_P_87%	\$13,707.54	1.37%
VaR_P_88%	\$14,646.19	1.47%	VaR_P_88%	\$14,313.79	1.43%
VaR_P_89%	\$15,291.68	1.53%	VaR_P_89%	\$14,956.79	1.50%
VaR_P_90%	\$15,980.78	1.60%	VaR_P_90%	\$15,643.22	1.56%
VaR_P_91%	\$16,722.23	1.67%	VaR_P_91%	\$16,381.81	1.64%
VaR_P_92%	\$17,527.71	1.75%	VaR_P_92%	\$17,184.18	1.72%
VaR_P_93%	\$18,413.38	1.84%	VaR_P_93%	\$18,066.43	1.81%
VaR_P_94%	\$19,402.54	1.94%	VaR_P_94%	\$19,051.77	1.91%
VaR_P_95%	\$20,530.68	2.05%	VaR_P_95%	\$20,175.55	2.02%
VaR_P_96%	\$21,856.10	2.19%	VaR_P_96%	\$21,495.85	2.15%
VaR_P_97%	\$23,485.53	2.35%	VaR_P_97%	\$23,118.98	2.31%
VaR_P_98%	\$25,651.57	2.57%	VaR_P_98%	\$25,276.66	2.53%
VaR_P_99%	\$29,065.53	2.91%	VaR_P_99%	\$28,677.43	2.87%
VaR_P_99.5%	\$32,189.97	3.22%	VaR_P_99.5%	\$31,789.80	3.18%

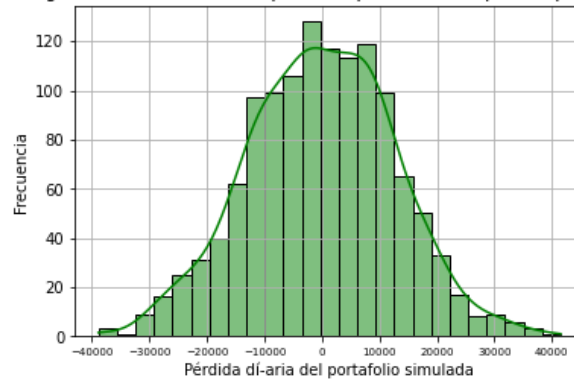
Tabla 6. Tablas que representan el valor de la máxima pérdida esperada a un día para ciertos niveles de confianza para los 2 portafolios con el método Paramétrico. Se presentan valores nominales y rendimientos con respecto al valor del portafolio a día de hoy (06/05/2022). Valores positivos representan pérdidas para el portafolio.

Histogramas de la variable aleatoria de pérdidas esperadas para el día siguiente por método VaR Paramétrico para ambos portafolios:

Histograma de la variable de pérdidas por método P para el portafolio 1



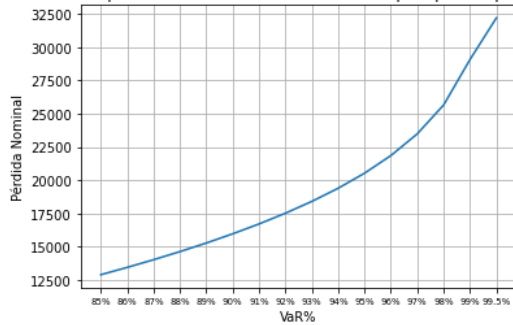
Histograma de la variable de pérdidas por método P para el portafolio 2



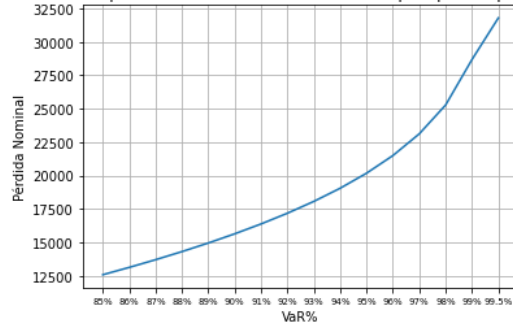
Note que a pesar de tener la misma forma dado que los datos provienen de una normal estándar transformada, la media de la distribución para el portafolio 1 es de -\$69.02 y la media para el portafolio 2 es de -\$344.58 (lo esperado bajo un número grande de simulaciones es tener rendimientos a favor nuestro al día siguiente, ya que recordemos números negativos representan una ganancia) mientras que las volatilidades respectivamente son \$12'523.73 y \$12'475.35.

Gráficas que visualizan el cambio del VaR paramétrico para los distintos niveles de confianza por portafolio tanto en valor nominal (pesos mexicanos) como porcentual (con respecto al valor del portafolio 1 o 2):

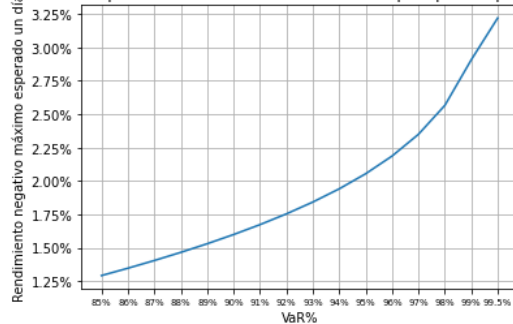
Plot de VaR para distintos niveles de confianza tipo P para el portafolio 1



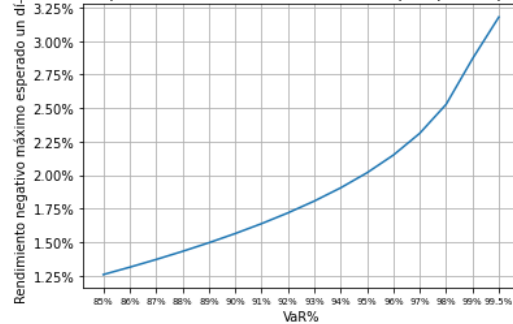
Plot de VaR para distintos niveles de confianza tipo P para el portafolio 2



Plot de VaR para distintos niveles de confianza tipo P para el portafolio 1



Plot de VaR para distintos niveles de confianza tipo P para el portafolio 2



3.3.3 VaR Montecarlo (Distribución normal estándar multivariada)

Para la determinación de este VaR se generaron 1257 escenarios con los datos de los precios históricos de los últimos 5 años y bajo el supuesto de rendimientos continuos diarios y que la tasa de cambio del precio de los 5 activos al tiempo t es igual a la media de los rendimientos simulados para cada una de las emisoras por el precio al tiempo t por el diferencial del tiempo más la desviación estándar de los rendimientos simulados para las 5 emisoras en conjunto por el precio actual por una variable aleatoria normal estándar multivariada. Resolviendo la ecuación diferencial se obtiene que el precio de las emisoras al día de mañana se puede obtener como el precio al día de hoy por la exponencial de la suma del vector de medias de los rendimientos continuos menos la matriz de varianzas y covarianzas entre 2 más la matriz triangular inferior derivada de una

descomposición de Cholesky de la matriz de varianzas y covarianzas por un vector normal multivariado estándar.

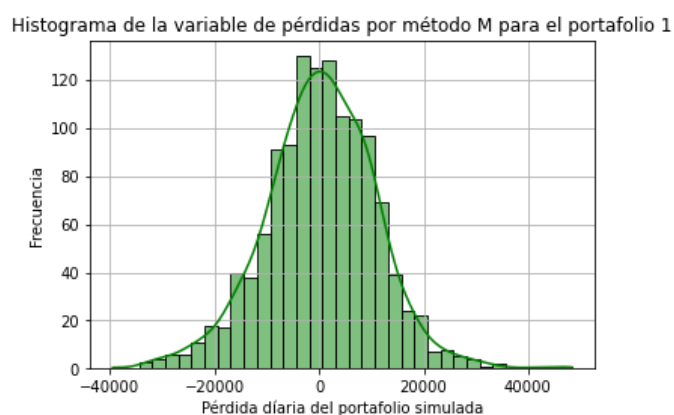
Dados estos precios simulados del día de mañana, se obtiene el valor estimado del portafolio al día de mañana y por tal se puede determinar una serie de 1257 simulaciones de pérdidas del portafolio, restando el valor estimado del portafolio al día de mañana menos la posición a día de hoy.

Los resultados fueron los siguientes:

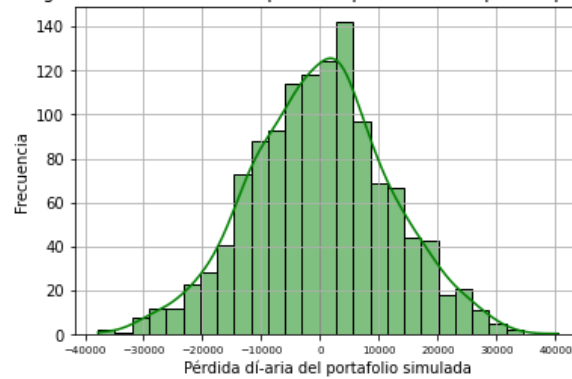
PORTAFOLIO 1			PORTAFOLIO 2		
VaR MonteCarlo	Valor Nominal	Rendimiento (Negativo)	VaR MonteCarlo	Valor Nominal	Rendimiento (Negativo)
VaR_M_85%	\$10,284.31	1.03%	VaR_M_85%	\$12,380.46	1.24%
VaR_M_86%	\$10,807.05	1.08%	VaR_M_86%	\$13,003.81	1.30%
VaR_M_87%	\$11,093.71	1.11%	VaR_M_87%	\$13,443.18	1.34%
VaR_M_88%	\$11,645.95	1.16%	VaR_M_88%	\$14,061.59	1.41%
VaR_M_89%	\$12,075.60	1.21%	VaR_M_89%	\$14,568.42	1.46%
VaR_M_90%	\$12,359.80	1.24%	VaR_M_90%	\$15,511.11	1.55%
VaR_M_91%	\$13,290.00	1.33%	VaR_M_91%	\$16,312.04	1.63%
VaR_M_92%	\$13,998.81	1.40%	VaR_M_92%	\$17,171.23	1.72%
VaR_M_93%	\$14,837.80	1.48%	VaR_M_93%	\$18,278.29	1.83%
VaR_M_94%	\$15,580.68	1.56%	VaR_M_94%	\$18,841.77	1.88%
VaR_M_95%	\$16,390.43	1.64%	VaR_M_95%	\$19,581.71	1.96%
VaR_M_96%	\$18,329.42	1.83%	VaR_M_96%	\$21,029.16	2.10%
VaR_M_97%	\$19,092.83	1.91%	VaR_M_97%	\$23,082.50	2.31%
VaR_M_98%	\$22,537.22	2.25%	VaR_M_98%	\$24,601.55	2.46%
VaR_M_99%	\$26,805.08	2.68%	VaR_M_99%	\$27,287.01	2.73%
VaR_M_99.5%	\$30,512.07	3.05%	VaR_M_99.5%	\$29,335.90	2.93%

Tabla 7. Tablas que representan el valor de la máxima pérdida esperada a un día para ciertos niveles de confianza para los 2 portafolios con el método Montecarlo. Se presentan valores nominales y rendimientos con respecto al valor del portafolio a día de hoy (06/05/2022). Valores positivos representan pérdidas para el portafolio.

Histogramas de la variable aleatoria de pérdidas esperadas para el día siguiente por método VaR Montecarlo para ambos portafolios:

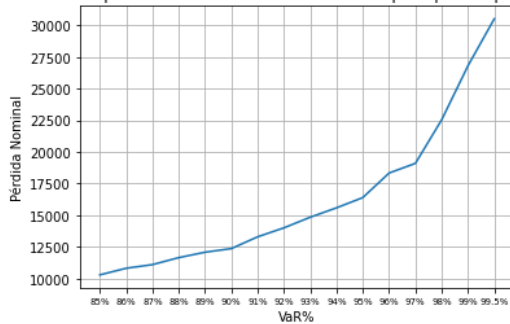


Histograma de la variable de pérdidas por método M para el portafolio 2

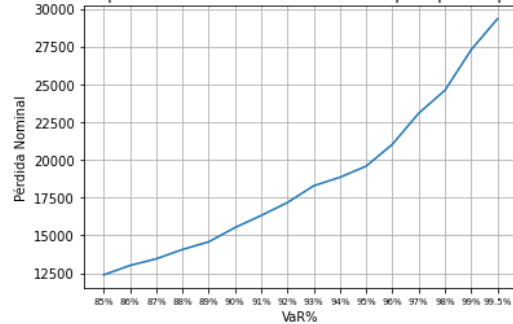


Gráficas que visualizan el cambio del VaR Montecarlo para los distintos niveles de confianza por portafolio tanto en valor nominal (pesos mexicanos) como porcentual (con respecto al valor del portafolio 1 o 2):

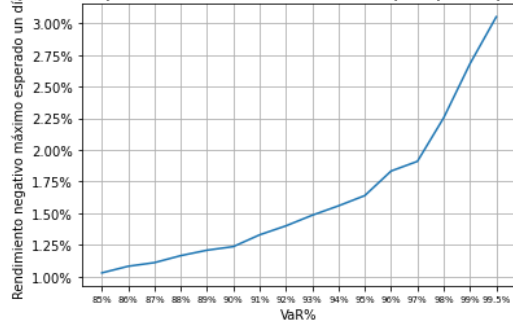
Plot de VaR para distintos niveles de confianza tipo M para el portafolio 1



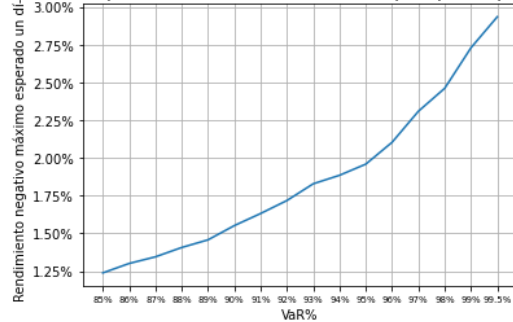
Plot de VaR para distintos niveles de confianza tipo M para el portafolio 2



Plot de VaR para distintos niveles de confianza tipo M para el portafolio 1



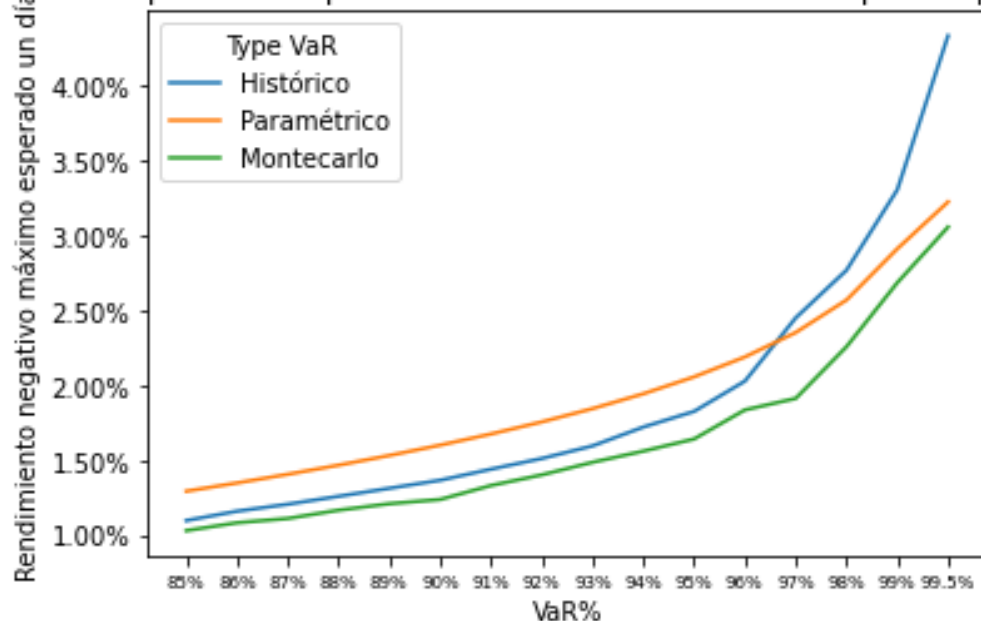
Plot de VaR para distintos niveles de confianza tipo M para el portafolio 2



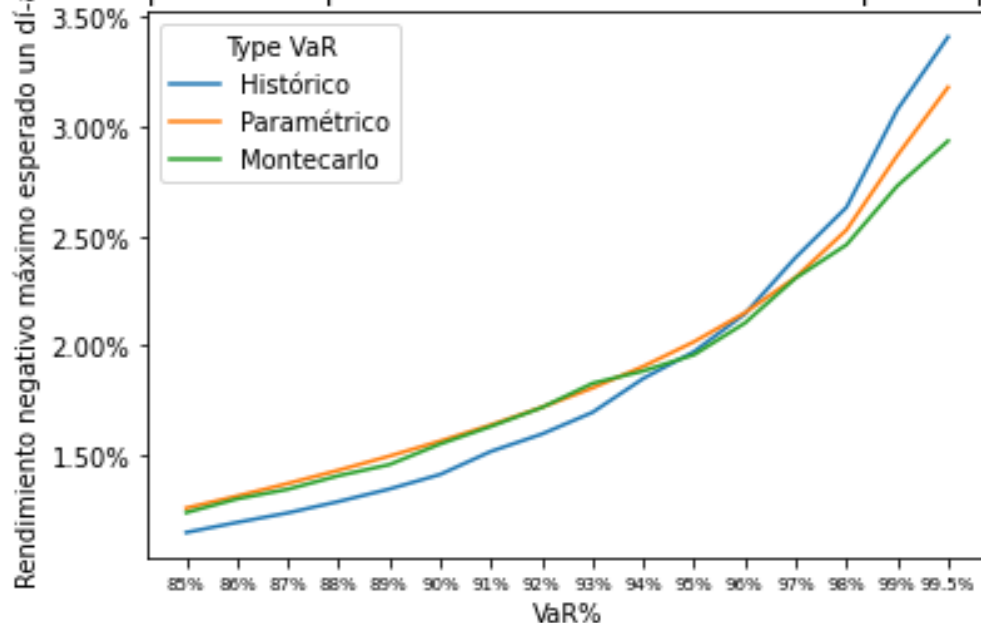
3.4 Comparación de los 3 tipos de VaR por portafolio

A continuación, se muestran 2 gráficos donde se observa el cambio porcentual (con respecto al valor del portafolio i al día 6 de mayo de 2020) de los 3 tipos de VaR calculados.

Plot de 3 tipos de VaR para distintos niveles de confianza para el portafolio 1



Plot de 3 tipos de VaR para distintos niveles de confianza para el portafolio 2



3.5 Comparación de Portafolios

Primeramente, es necesario hacer la observación de que, dado la cantidad de 5 años históricos contados a partir de mayo de 2022, dentro de los cuales 2 años corresponden al periodo más crítico económicamente, hablando con la crisis en los precios del petróleo y la emergencia sanitaria. Consideramos que el total de estos datos es suficiente para dar un buen modelado de lo que realmente puede ocurrir a futuro en los mercados, siendo los otros 3 años de “no crisis” un buen contrapeso para que las estimaciones no se sesguen hacía solo tener pérdidas.

En dicho periodo histórico los precios de los activos vivieron todo tipo de eventos que fácilmente pueden volver a ocurrir en el futuro cercano, lo que nos da una garantía de que los datos obtenidos tienen un buen grado de fiabilidad.

Observamos que, para las 3 metodologías de VaR en conjunto, resulta difuso definir un resultado general, pues dependiendo el método y el nivel de confianza, tanto en valor nominal como en rendimiento (con respecto al valor del portafolio correspondiente) hay veces que el VaR de un portafolio resulta mayor que el otro y viceversa.

Sin embargo, observamos algo interesante y es que, para altos niveles de confianza, cuando menos del 97% (observar la tabla posterior a este párrafo), la tendencia general es que el VaR (indistinta la metodología) es menor para el portafolio 2 que para el 1. En otras palabras, las máximas pérdidas esperadas a altos niveles de confianza son menores para el portafolio 2 que para el 1 y tiene sentido bajo el supuesto de que el portafolio 2 se creó para obtener mejores rendimientos (positivos) por menor volatilidad en dichos rendimientos que para efectos generales implica una menor volatilidad en el movimiento de los rendimientos (ya sean positivos o negativos).

Dicha volatilidad se ve representada, para los histogramas, en los pesos de las colas; a menor volatilidad o desviación estándar de las pérdidas simuladas del portafolio, es de esperar que la distribución sea más “compacta” sobre la media y que grandes pérdidas tengan menores probabilidades de ocurrencia. Visualmente, se vería como que la distribución de pérdidas no tiene las colas tan “largas”.

Observando más a detalle los resultados dados por cada VaR. En cuanto al histórico, dicha metodología es conocida por ser aplicable a mayor cantidad de contextos, dado que no tiene que asumir que los datos se distribuyen de una forma específica. Sin embargo, dado que su cálculo deriva de una simulación con “pesos iguales”, la aparición de eventos extremos como lo fue el COVID o la crisis de los precios del petróleo pueden alterar fuertemente los resultados esperados de este método.

Otro punto criticable de esta metodología es que el pasado representa el futuro inmediato, situación no necesariamente cierta dado que el mercado es un conjunto de factores de riesgo que varían con el tiempo, haciendo casi imposible el evento de que el pasado se repite en el futuro, exactamente.

Notemos que a pesar de haber obtenido 5 años de datos históricos, observamos que las colas de la distribución de pérdidas para ambos portafolios son excesivamente grandes, llegando a haber pérdidas posibles del 6% de la posición en un solo día.

Si analizamos detenidamente el comportamiento del VaR conforme aumenta el nivel de confianza, para niveles mayores al 99%, la pérdida máxima esperada da un salto brusco, más para el portafolio 1. Esto tiene su debida explicación en la volatilidad que vivió el mercado a principio del año 2020, lo que condicionó a que el VaR histórico se viese influenciado con pérdidas máximas esperadas más grandes de lo que usualmente

tiene el mercado. Sin embargo, para el momento en el que se encuentra el portafolio hay cierta incertidumbre con lo que pueda ocurrir al mercado ante el reciente brote de “viruela del mono” cuyos efectos, de darse el contagio masivo, podrían ser muy similares a los vividos a comienzos del COVID-19 por lo que este VaR no estaría dando una mala estimación del futuro.

Lo interesante es que, para niveles menores al 97% de confianza, el portafolio 2 presenta mayores pérdidas máximas esperadas y lo anterior puede deberse al efecto de que, al presentar menor volatilidad el portafolio 2; se espera su distribución de pérdidas esté más condensada sobre la media.

Igualmente, podemos observar de los histogramas de pérdidas que, para el portafolio 2, existen pérdidas negativas grandes más probables que en el portafolio 1.

Para el paramétrico se observa que en todos los niveles de confianza evaluados, el VaR del portafolio 1 fue mayor al del portafolio 2, esto se corresponde con el hecho de que la rentabilidad esperada y la volatilidad del portafolio 2 fue optimizada en comparación al portafolio 1, es decir, bajo el supuesto de que las pérdidas se distribuyen normal en ambos portafolios, la única diferencia entre sus distribuciones viene dada por la media de las pérdidas simuladas y la volatilidad de las mismas pérdidas altamente correlacionadas con el valor del rendimiento esperado y la volatilidad histórica del portafolio.

Entonces, dado que el segundo portafolio fue construido con el objetivo de maximizar rendimientos con el menor riesgo posible dado un perfil de riesgo predefinido (moderado en nuestro caso). Es claro que el rendimiento esperado del portafolio 2 sea mayor al del portafolio 1 y que la volatilidad del portafolio 2, sea menor al del 1 (esto último más bien

depende del perfil de riesgo del inversionista y la volatilidad que elija tener; en nuestro caso resultó ser cierto).

Esto es fácilmente comprobable dado que el promedio de los rendimientos diarios continuos históricos para el portafolio 1 es de -\$0.00019; el del portafolio 2, \$0.000167 (el primero es un valor negativo en contra nuestra y el segundo es uno positivo a favor nuestra). Las volatilidades respectivamente son 0.0125 y 0.0124. Es decir, por casi el mismo riesgo, tenemos una gran diferencia en los rendimientos esperados diarios (pasan de ser negativos a positivos). Se ve inmediato el efecto que tuvo aplicar la teoría de portafolios para obtener la cartera óptima.

Así, con estos resultados a la mano es de esperarse que la media de la distribución de pérdidas sea más negativa por parte del portafolio 2 que con respecto a la media del portafolio 1, pues en promedio se espera tener rendimientos diarios continuos mayores en el portafolio 2 lo que implicaría menores pérdidas e incluso pérdidas negativas.

En el análisis realizado, se obtuvo que -\$69.02 es la media de la variable aleatoria de pérdida del portafolio 1 y la media para el portafolio 2 es de -\$344.58, mientras que las volatilidades respectivamente son \$12'523.73 y \$12'475.35. Todo lo anterior rectifica las aseveraciones anteriormente realizadas sobre el comportamiento de los portafolios bajo supuesto de normalidad.

Ahora bien, es importante destacar que el supuesto de normalidad no es habitual que se cumpla en la práctica, puesto que la mayoría de los activos no siguen dichos comportamientos más bien se aproximan a él (y entre mayor el histórico de datos, mejor será la aproximación justificada en la ley de los grandes números). Sin embargo, dado que el portafolio se conforma en su totalidad de activos lineales ("Un instrumento financiero es no lineal

si sus precios cambian des proporcionalmente con relación a los movimientos de los precios subyacentes” (López Ortiz, s. f.)) y se obtuvieron 5 años de datos históricos, el VaR paramétrico resulta una opción viable a considerar en estos portafolios.

Note que, al asumir una distribución normal, va implícita una subestimación de los valores atípicos en las pérdidas y de su representatividad en el total de la distribución, es decir, no toma en cuenta las colas anchas, fenómeno muy habitual en la práctica.

Finalmente, para el VaR Montecarlo, característico por proponer un modelo matemático del comportamiento de los precios que, al asumir un comportamiento estocástico de los mismos y tomar en cuenta las covarianzas entre activos, provoca que esta metodología sea capaz de capturar más propiedades del mercado (y sus riesgos subyacentes); tenemos resultados inesperados donde el VaR con una confianza menor al 99.5% resulta menor en el portafolio 1 que en el 2 (signos negativos en la tabla adyacente).

Notemos que la distribución de pérdidas para el portafolio 1 (por método Montecarlo) tiene un mayor grado de curtosis que la distribución de pérdidas del portafolio 2. Esto se puede interpretar como que las pérdidas esperadas se concentran en torno a la media que esta, a su vez, es cercana a 0.

Note que esto último no necesariamente es bueno pues se puede dar una subestimación de la máxima pérdida probable, aspecto que el portafolio 2 logra mitigar con efectividad al tener una distribución de pérdidas más “distribuida” en el soporte de la variable.

A manera de resumen, podemos observar que la distribución de pérdidas del portafolio 2 tiene menor curtosis que la del portafolio 1 (para las 3 metodologías) y esto se corresponde con los resultados de signos de la

tabla adyacente a este apartado donde, para niveles bajos de confianza, la máxima pérdida esperada del portafolio 2 era mayor; y para niveles altos, menor.

Dado que no disponemos de argumentos de peso (pruebas como back testing o stress testing) para definir cuál de los 3 VaR's y 2 portafolios otorgó mejores resultados; bajo el análisis de curtosis elaborado y dada las características del periodo que capta el VaR histórico (*cuyo valores a altos niveles de confianza nos dan una buena aproximación de cuán grande podría ser la máxima pérdida en escenarios de estrés, como el COVID-19 y la crisis de los precios del petróleo cuyo efectos en el mercado fueron similares a los vividos en la crisis del 2008*), el valor de esta metodología se podrían tomar como una buena cota superior de las máximas pérdidas esperadas en situaciones de alto estrés para ciertos niveles de confianza.

Además, dado que el VaR Montecarlo atrapa en su estimación varios factores de riesgo y que, como inversores con un perfil de riesgo moderado, nos interesa conocer la máxima pérdida esperada a, al menos, niveles de confianza superiores al 95% de confianza y tomando en cuenta que el VaR paramétrico presenta, para ambos portafolios, valores que se encuentran entre las otras dos metodologías a altos niveles de confianza y que 5 años de datos históricos son suficientes para dar un comportamiento normal dada la ley de los grandes números.

Consideramos, bajo un escenario no tan conservador de la pérdida, que el VaR paramétrico brinda una buena estimación de la posible pérdida máxima que podría conllevar el portafolio para el día siguiente al día de evaluación, en este caso, 6 de mayo de 2022.

Otra observación a tomar en cuenta, es que los valores de los VaR a cierto nivel de confianza para el portafolio 1 divergen tanto en comportamiento como en valores donde solo a altos niveles de confianza parece que el VaR

paramétrico y el Montecarlo convergerán al corto plazo. Mientras que, en el portafolio 2 (el portafolio óptimo) observamos que el comportamiento de los 3 VaR's son muy similares llegando casi a converger a un nivel de confianza del 95% lo que nos dice que la distribución de pérdidas real de este portafolio se aproxima al comportamiento de una normal, salvo el comportamiento de las colas en el caso de la distribución de pérdidas obtenida mediante el VaR histórico. Esto es bueno pues significaría que, bajo condiciones normales de mercado, la distribución de pérdidas se comporta aproximadamente normal para el portafolio 2 (bajo cierto nivel de significancia a determinarse por medio de pruebas de hipótesis) lo que nos daría la certeza suficiente para decir que se cumplen los supuestos usados en el cálculo de los VaR's.

Cabe destacar del previo análisis de correlación y del análisis de portafolios óptimos, de donde obtuvimos los rendimientos esperados y volatilidades de ambos portafolios; es más que evidente que el portafolio 2, donde se aplicó la teoría de portafolios con la metodología propuesta por Markowitz para obtener un portafolio eficiente dado cierto perfil de riesgo (moderado en nuestro caso), es el portafolio con mejores escenarios futuros a favor de nuestra posición, con mejores rendimientos esperados y con menor volatilidad histórica.

Por tanto, y con base en el análisis anteriormente realizado, consideramos que el portafolio 2 (el portafolio óptimo) es **mejor** portafolio que el 1, pues su distribución de pérdidas se asemeja más a una normal (o una distribución de colas ligeras) lo que se puede interpretar como que habrá menos posibilidades de pérdidas “catastróficas”, existen mayores probabilidades de obtener grandes ganancias a favor de nuestra posición (Observando la distribución de pérdidas obtenida del VaR histórico) bajo el supuesto de que el pasado se volverá a repetir, mayor rentabilidad esperada y menor volatilidad.

Note que, si observamos detenidamente la distribución de pesos del portafolio 2, gran parte del portafolio (aproximadamente un 62%) se concentra sobre la empresa Walmart México, donde si observamos su histórico de precios de los últimos 5 años, notamos un crecimiento sostenido con la más baja volatilidad y los mejores rendimientos positivos (observando la tabla del apartado 2.2.7) y para no errar con la diversificación el otro 38% del portafolio fue distribuido entre las otras 4 emisoras que, como ya se explicó, son empresas representativas de sus respectivos sectores e incluso algunas de ellas llegan a formar parte del IPC.

Por estas razones no existe un factor determinante para elegir al portafolio 1 (de pesos iguales) como un portafolio viable económica y financieramente.

Signo de la diferencia: VaR ₁ - VaR ₂			
VaR %	VaR Histórico	VaR Paramétrico	VaR MonteCarlo
VaR_M_85%	-	+	-
VaR_M_86%	-	+	-
VaR_M_87%	-	+	-
VaR_M_88%	-	+	-
VaR_M_89%	-	+	-
VaR_M_90%	-	+	-
VaR_M_91%	-	+	-
VaR_M_92%	-	+	-
VaR_M_93%	-	+	-
VaR_M_94%	-	+	-
VaR_M_95%	-	+	-
VaR_M_96%	-	+	-
VaR_M_97%	+	+	-
VaR_M_98%	+	+	-
VaR_M_99%	+	+	-
VaR_M_99.5%	+	+	+

Tabla 8 Representación de la diferencia entre el VaR del portafolio 1 (VaR₁) y el VaR del portafolio 2. Para la diferencia se tomaron los valores porcentuales (rendimientos) para tener un mejor punto de comparación entre ambos portafolios.

3.6 Comparación de VaR's con valor del portafolio al 9 de mayo de 2022

Se obtienen los precios que corresponden al “día siguiente” de la fecha en la que situamos nuestra evaluación (6 de mayo de 2022). Dichos precios son los siguientes:

Fecha	AGUA.MX	GENTERA.MX	PE&OLES.MX	PINFRA.MX	WALMEX.MX
09/05/2022	\$24.87	\$15.00	\$201.43	\$143.39	\$69.48

Tabla 9. Tabla que presenta el valor de las acciones para las 5 emisoras que constituyen el portafolio de inversión al 9 de mayo de 2022

Calculando el valor del portafolio al día de 9 de mayo de 2022 y luego restándole el valor al 6 de mayo de 2022 obtenemos la pérdida real a un horizonte de un día. Con este dato y comparando con las máximas pérdidas esperadas a distintos niveles de confianza para los 3 tipos de VaR's y los 2 portafolios, se obtuvo lo siguiente:

PORTAFOLIO 1						
VaR %	Histórico	Diferencia valor real con máximo esperado (Histórico)	Paramétrico	Diferencia valor real con máximo esperado (Paramétrico)	Montecarlo	Diferencia valor real con máximo esperado (Montecarlo)
VaR 85%	\$10,955.34	-6,277.91	\$12,910.99	-4,322.27	\$10,284.31	-6,948.94
VaR 86%	\$11,577.75	-5,655.50	\$13,460.60	-3,772.65	\$10,807.05	-6,426.20
VaR 87%	\$12,042.95	-5,190.31	\$14,037.59	-3,195.66	\$11,093.71	-6,139.54
VaR 88%	\$12,570.16	-4,663.10	\$14,646.19	-2,587.06	\$11,645.95	-5,587.30
VaR 89%	\$13,105.58	-4,127.68	\$15,291.68	-1,941.57	\$12,075.60	-5,157.66
VaR 90%	\$13,641.19	-3,592.07	\$15,980.78	-1,252.47	\$12,359.80	-4,873.45
VaR 91%	\$14,378.08	-2,855.17	\$16,722.23	-511.02	\$13,290.00	-3,943.25
VaR 92%	\$15,090.16	-2,143.09	\$17,527.71	294.46	\$13,998.81	-3,234.45
VaR 93%	\$15,930.27	-1,302.98	\$18,413.38	1,180.13	\$14,837.80	-2,395.46
VaR 94%	\$17,185.40	-47.86	\$19,402.54	2,169.29	\$15,580.68	-1,652.58
VaR 95%	\$18,229.23	995.97	\$20,530.68	3,297.42	\$16,390.43	-842.83
VaR 96%	\$20,246.76	3,013.51	\$21,856.10	4,622.84	\$18,329.42	1,096.17
VaR 97%	\$24,464.72	7,231.47	\$23,485.53	6,252.27	\$19,092.83	1,859.57
VaR 98%	\$27,638.18	10,404.93	\$25,651.57	8,418.32	\$22,537.22	5,303.96
VaR 99%	\$32,996.22	15,762.97	\$29,065.53	11,832.28	\$26,805.08	9,571.83
VaR 99.5%	\$43,260.49	26,027.24	\$32,189.97	14,956.71	\$30,512.07	13,278.81
Pérdida al 09/05/2022	\$17,233.25					

Tabla 10. Tabla que presenta el valor de la diferencia entre el máximo valor probable de pérdida al día siguiente de valuada la posición y el valor real de pérdida al 9 de mayo de 2022 (corresponde al día siguiente) para el portafolio 1. Se compara la diferencia entre las tres metodologías usadas para el cálculo del VaR a distintos niveles de confianza. Valores negativos representan que la máxima pérdida probable fue menor a la real.

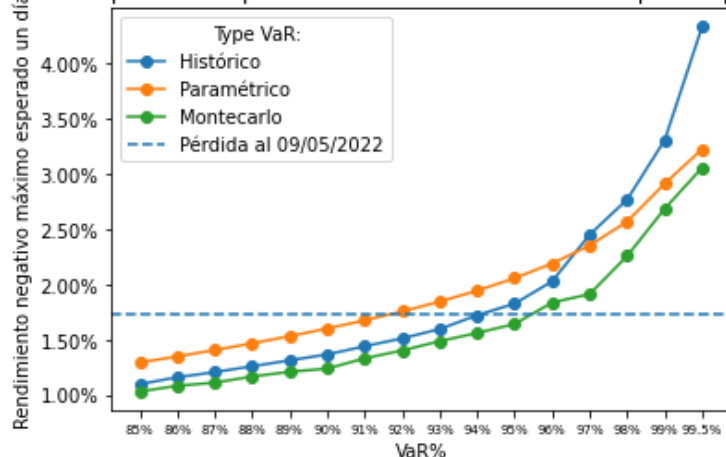
PORTAFOLIO 2						
VaR %	Histórico	Diferencia valor real con máximo esperado (Histórico)	Paramétrico	Diferencia valor real con máximo esperado (Paramétrico)	Montecarlo	Diferencia valor real con máximo esperado (Montecarlo)
VaR 85%	\$11,472.78	3,535.44	\$12,585.29	4,647.95	\$12,380.46	4,443.12
VaR 86%	\$11,932.12	3,994.78	\$13,132.78	5,195.44	\$13,003.81	5,066.48
VaR 87%	\$12,365.97	4,428.63	\$13,707.54	5,770.20	\$13,443.18	5,505.84
VaR 88%	\$12,885.88	4,948.54	\$14,313.79	6,376.45	\$14,061.59	6,124.25
VaR 89%	\$13,455.55	5,518.21	\$14,956.79	7,019.45	\$14,568.42	6,631.08
VaR 90%	\$14,120.24	6,182.90	\$15,643.22	7,705.89	\$15,511.11	7,573.77
VaR 91%	\$15,172.64	7,235.30	\$16,381.81	8,444.47	\$16,312.04	8,374.71
VaR 92%	\$15,961.01	8,023.67	\$17,184.18	9,246.84	\$17,171.23	9,233.89
VaR 93%	\$16,953.95	9,016.61	\$18,066.43	10,129.09	\$18,278.29	10,340.95
VaR 94%	\$18,500.40	10,563.06	\$19,051.77	11,114.43	\$18,841.77	10,904.43
VaR 95%	\$19,726.74	11,789.41	\$20,175.55	12,238.21	\$19,581.71	11,644.37
VaR 96%	\$21,445.88	13,508.54	\$21,495.85	13,558.51	\$21,029.16	13,091.83
VaR 97%	\$24,025.06	16,087.72	\$23,118.98	15,181.64	\$23,082.50	15,145.16
VaR 98%	\$26,308.72	18,371.38	\$25,276.66	17,339.32	\$24,601.55	16,664.21
VaR 99%	\$30,761.82	22,824.48	\$28,677.43	20,740.09	\$27,287.01	19,349.67
VaR 99.5%	\$34,087.31	26,149.97	\$31,789.80	23,852.46	\$29,335.90	21,398.56
Pérdida al 09/05/2022	\$7,937.34					

Tabla 11. Tabla que presenta el valor de la diferencia entre el máximo valor probable de pérdida al día siguiente de valuada la posición y el valor real de pérdida al 9 de mayo de 2022 (corresponde al día siguiente) para el portafolio 2. Se compara la diferencia entre las tres metodologías usadas para el cálculo del VaR a distintos niveles de confianza. Valores negativos representan que la máxima pérdida probable fue menor a la real.

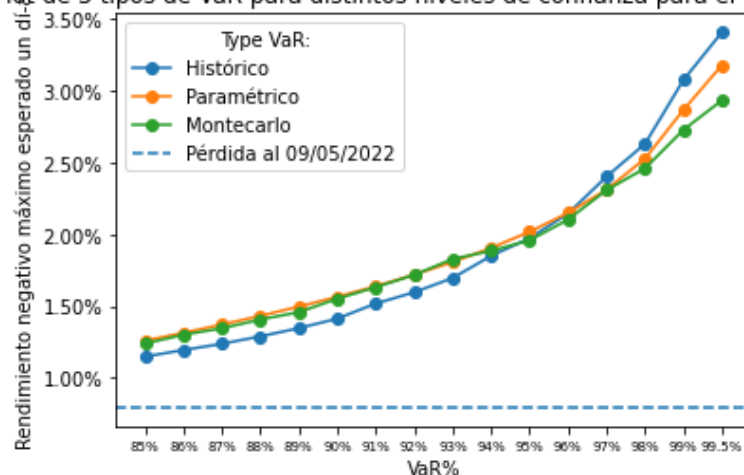
Note que el valor de la pérdida real varía entre los portafolios debido a que la composición de cada portafolio es diferente en cuestión de pesos.

A continuación, se presenta dos gráficos que visualizan si la pérdida real excedió o no la máxima pérdida esperada mediante valores porcentuales de rendimientos, recordando que valores positivos significan una pérdida en contra del poseedor del portafolio.

Plot de 3 tipos de VaR para distintos niveles de confianza para el portafolio 1



Plot de 3 tipos de VaR para distintos niveles de confianza para el portafolio 2



Lo que se pretende con este comparativo es determinar qué tan bien funcionó el cálculo del VaR con respecto a la realidad. Dado que el VaR determina cuánto es el máximo que se espera perder al día siguiente en el que se valúa (6 de mayo en este caso) dado un cierto nivel de confianza, una vez observada la pérdida (o ganancia) correspondiente al día que el VaR pretende estimar, se pueden hacer comparaciones que evalúen la efectividad de nuestro método, recordando que niveles de confianza pequeños son menos “estrictos” en cuanto a la pérdida esperada pues a menor confianza hay más margen, en un periodo dado de días, de que nuestra previsión falle, por lo que siempre es recomendable trabajar con altos niveles de confianza que garanticen una cobertura idónea de las pérdidas posibles del portafolio la mayor cantidad de tiempo posible.

Así, una confianza del 99.5% garantiza que, de 100 días valuados, 99 y medio días obtendrán como máximo la pérdida dada por el VaR o menos, pero no más. Pero, para el otro medio restante, existe la posibilidad de exceder dicha pérdida y siendo redundante, si se quiere dar mayor cobertura, es decir, obtener mayor confianza en nuestro método; inevitablemente las pérdidas esperadas deberán ser mayores.

Visto en un sentido matemático, la distribución de pérdidas tiene soporte en todos los reales y es bien sabido que, para alcanzar a cubrir todas las

posibilidades, hay que integrar sobre todo el soporte; en este caso, sobre la recta real. A la hora de determinar el VaR como un percentil, digamos se cubre una parte de la recta real (la negativa), pero falta por cubrir la otra parte (positiva), donde resta una infinidad de valores, y entre más grande sea el percentil o el valor de la recta, más probabilidad se acumulará siendo el límite al infinito, el valor donde se acumula toda la probabilidad. En nuestro preciso contexto, esto quiere decir que si queremos aumentar la probabilidad acumulada (la confianza), será necesario extender nuestro valor representativo de la pérdida al infinito.

Como se comentó anteriormente y como usuarios racionales, buscamos que la pérdida real esté por debajo de lo esperado, de tal forma que podamos validar la confianza de nuestro método y de nuestro portafolio.

Para el caso del primer portafolio, observamos algo ciertamente inquietante, esto es, la pérdida real excedió la esperada para niveles de confianza que van del 85% al 94% para el VaR histórico, del 85% al 95% para el Montecarlo y del 85% al 91% para el VaR paramétrico. Además, para niveles altos de confianza, digamos del 97% al 99.5% de confianza, los VaR calculados por la metodología paramétrica e histórica sobrestiman en gran medida la pérdida esperada, siendo el VaR histórico el que mayor sobreestimación da sobre dicha pérdida a un nivel de confianza del 99.5%

Destacamos de lo anterior que el VaR paramétrico salió mejor parado con respecto a los otros dos métodos, pues dado un menor nivel de confianza fue capaz de “cubrir” la pérdida real y esto tiene sentido al tomar en cuenta que, como suponemos en el VaR paramétrico que las pérdidas se distribuyen normal, se tiende a acumular mayor probabilidad en torno a la media y muy poca probabilidad en las colas (En contra de los otros dos métodos que tienden a obtener distribuciones más dispersas y/o de colas

pesadas), por lo que se espera el VaR paramétrico marque mayores pérdidas esperadas en niveles “bajos” de confianza.

Hay que tomar en cuenta que la pérdida en este caso no fue tan severa, pero, para pérdidas muy grandes, quizá los otros dos métodos hubiesen obtenido mejores previsiones a niveles altos de confianza.

También, hay que tomar en cuenta que para una gestión adecuada de nuestro portafolio/cartera, hay que elegir aquel VaR tal que no sobrestime ni subestime en gran medida las pérdidas futuras. Una forma de evaluar este rendimiento es mediante un backtesting, se observan las pérdidas esperadas de 100 días (100 días es intervalo arbitrario que otorga mayor interpretabilidad al resultado) y se compara el VaR con respecto a la pérdida y se miden la frecuencia con la que la estimación del VaR falló o, mejor dicho, las veces en que la pérdida real superó nuestra máxima pérdida esperada dado un nivel de confianza. Normalmente, se espera que dicha frecuencia de fallas tiene que ser equivalente al nivel de confianza elegido, de ser mayor o menor implicaría un fallo en la metodología elegida y será necesaria una reevaluación de los parámetros y supuestos.

Así pues, comparando con solamente un día es complicado definir cuál metodología de VaR resulta más adecuada para los dos portafolios propuestos.

En resumen, podemos concluir que con un nivel de confianza mayor al 95% los 3 métodos para calcular VaR “cubren” perfectamente la pérdida real obtenida. A bajos niveles de confianza funcionó mejor el VaR paramétrico, pero para altos niveles de confianza, rindió mejor el VaR Montecarlo. Y dado que lo común es optar por altos niveles de confianza (varios autores están de acuerdo con que niveles de confianza del 99% y/o 95% son rangos válidos, destacando el 99% de confianza según la

normativa propuesta en los acuerdos de Basilea III), justificándose en que es necesario analizar con mayor rigor el “riesgo de colas”, es decir, centrarse en las pérdidas más catastróficas posibles y dado la menor sobreestimación dada por la metodología Montecarlo, consideramos es prudente decir que el VaR Montecarlo es un método más eficiente para el portafolio 1.

En cuanto al portafolio 2, cuyas virtudes es tener un mejor manejo en la distribución de las posiciones para obtener una mayor diversificación que brinde una disminución potencial en el riesgo de mercado y en las volatilidades; notamos lo esperado, se obtuvo una menor pérdida real para el “día siguiente”.

Entonces, dado los distintos niveles de confianza y las 3 metodologías de VaR, es claro que las pérdidas máximas esperadas quedaron por arriba de la pérdida real para todos los niveles de confianza considerados, lo cual nos habla bien de que nuestra metodología propuesta para el cálculo de los pesos del portafolio funcionó adecuadamente. Entonces, bajo este escenario, el VaR óptimo será aquel que no sobrestime las pérdidas esperadas a un día (que no sea conservador).

Para niveles bajos de confianza (menores a 94%), el VaR histórico resulta más favorable como medida de riesgo al no sobrestimar tanto la máxima pérdida como los otros dos métodos; para un 94% de confianza, las 3 metodologías resultan adecuadas pues estiman casi el mismo valor y para niveles de confianza superiores, el VaR Montecarlo es el modelo menos conservador, pero que no falla con respecto prever a la pérdida real obtenida.

Con los resultados de ambos portafolios y sin poseer el rigor necesario dado por un backtesting o un stress testing, es poco certero concluir que el VaR Montecarlo otorgó una mejor estimación de la máxima pérdida

esperada para altos niveles de confianza (superiores al 95% de confianza) que es lo que, como usuarios con perfil de riesgo moderado, buscamos estimar, por lo cual es preferible usarlo en este contexto donde ya conocemos donde se situó al menos una pérdida real del “día siguiente”.

4. Preguntas adicionales

4.1 ¿Bajo qué método el VaR fue mayor?

Resumiendo, en consistencia con las tablas de los sub apartados del tema 3.3 y el análisis realizado en el anterior apartado que justifica la respuesta a esta pregunta, tenemos lo siguiente:

Para el portafolio 1, el VaR paramétrico en los niveles de confianza en el rango [85%, 96%] es mayor a los otros 2 VaR's, y para niveles superiores de confianza, el VaR histórico resulta mayor a los otros 2. Recordemos que este se debe a que el VaR histórico atrapó el comportamiento de la crisis de principios del 2020, por lo que es de esperar que sus colas sean más pesadas y que sea necesario extender más el valor de la pérdida para poder acumular un $i\%$ de probabilidad.

Para el portafolio 2, la situación es incluso más difusa, para el rango de confianza de [85%, 92%], el VaR paramétrico resultó ser mayor; para una confianza del 93% el VaR Montecarlo se posiciona sobre los otros, luego para el rango [94%, 96%] el VaR paramétrico vuelve a ser mayor y finalmente, para valores superiores de confianza, el VaR histórico resulta ser el mayor en correspondencia con su propiedad de captar las colas pesadas (en caso de movimientos fuertes en los precios de los activos a lo largo de la historia de recolección de datos).

Este comportamiento difuso y que, se puede observar en los gráficos de comparación de los 3 métodos, corresponde enorme parecido en los

valores de los 3 VaR's, más aún entre el VaR paramétrico y Montecarlo que, suponemos, se debe a una distribución aproximadamente normal de las pérdidas del portafolio en un horizonte de un día.

Una conclusión aproximada al comportamiento de ambos portafolios con respecto al VaR es que, para bajos niveles de confianza (digamos menores al 96%) el VaR paramétrico

4.2 ¿Está bien tomar como válido el resultado dado al calcular el VaR al 100% de confianza con el método Montecarlo?

Primeramente, tanto para el portafolio 1 como el 2 tenemos respectivamente:

$$\text{VaR}(100\%)_1 = \$48'246.919$$

$$\text{VaR}(100\%)_2 = \$40'285.408$$

Dicho VaR es con horizonte a un día; ahora bien, claramente este resultado no es válido, pues consideremos que, si analizamos al VaR como una función de distribución de la variable aleatoria de pérdida "L" (supongamos distribución continua para asimilar el resultado con la realidad) tal que:

$$F(\pi_{100\%}) = (L \leq \pi_{100\%}) = \alpha\% = 1$$

Esto es equivalente a:

$$S(\pi_{100\%}) = (L > \pi_{100\%}) = 1 - \alpha\% = 1 - 1 = 0$$

Donde $\pi_{100\%}$ representa el percentil al 100% de la distribución.

Notemos que, por definición de la función de distribución acumulativa de una variable aleatoria

$$\lim_{x \rightarrow \infty} (F(x)) = 1$$

Pero como el soporte de la variable aleatoria de pérdida, rigurosamente, va de menos infinito a infinito positivo, entonces:

$$F(x) = 1 \Leftrightarrow \lim_{x \rightarrow \infty} (F(x)) = 1$$

Es decir, requeriría una pérdida infinita, o digamos, no cuantificable para asegurar que en el 100% de los casos, nuestra variable aleatoria de pérdida será menor a dicha máxima pérdida esperada.

En otras palabras, garantizar que nuestra pérdida máxima esperada va a ser sobrepasada un total de 0 días de 100 es virtualmente decir que dicha máxima pérdida es una cantidad infinita.

Por qué Python nos devuelve un valor es porque estamos trabajando con datos finitos; entonces, para el método Montecarlo, tenemos al menos 1257 escenarios de pérdida para nuestra posición al día siguiente de ser valuado, que son los datos que conforman el total de la distribución de pérdidas simulada más no necesariamente la real.

Así, si buscamos obtener el percentil al 100% de la distribución de pérdida, nos encontraremos con que el programa nos devuelve el máximo valor de pérdida de entre los 1257 escenarios simulados, pero claramente esto no representa en su totalidad al mercado, pues estamos intentando modelar una variable aleatoria continua con un modelo discreto de la pérdida.

Ahora bien, tampoco es como que existan pérdidas “infinitas” en la realidad, pero no hay una cota fija de cuánto es lo más que se puede perder en el mercado accionario o financiero, es decir, la pérdida es indefinida, por lo que, garantizar con un 100% que mis pérdidas no excederán cierto valor es prácticamente imposible. Por lo que conviene suponer que la probabilidad de cualquier valor de pérdida posible es >0 .

Si específicamente valuamos un portafolio de acciones, el peor evento posible sería que toda mi posición valga 0 de un momento para otro, así

que podríamos estimar que la máxima pérdida esperada con un 100% de confianza es del valor del portafolio (cosa bastante alejada del valor obtenido por medio de las simulaciones).

5. Conclusiones

Realizar el trabajo anterior, nos permitió en primer lugar, reconocer la importancia y utilidad de la estimación correcta del riesgo de mercado y subyacentes para evaluar las acciones que se toman en el mercado, estableciendo los límites máximos de riesgo a los que estamos expuestos con el mejor grado de incertidumbre según la situación específica, evitando que la aleatoriedad de las fluctuaciones de los factores de riesgo nos tome desprevenidos y podamos tomar acciones correspondientes para mitigar esa máxima posible pérdida ya sea modificando las ponderaciones del portafolio o incluso optar por otras emisoras que nos brinden una menor pérdida esperada.

En segundo lugar, aprendimos acerca de la relevancia del VaR en la medición de riesgos de nuestro contexto financiero. Hoy día es bien sabido que su implementación es una herramienta vital entre ejecutivos, supervisores, directivos y gestores de carteras, así como cualquier otro ente cuya posición esté expuesta al riesgo, para una efectiva presentación del nivel de riesgo y en consecuencia, posible pérdida económica de la cual podría ser objeto una cartera de inversión.

Así, el VaR destaca por su simpleza, en cuanto a resumir el riesgo de mercado de nuestra posición en un solo número; popularidad, al ser usado ampliamente por las mayores instituciones bancarias y entes financieros que estén expuestos al riesgo de mercado, y eficiencia en conjunto con la buena repercusión que conlleva una interpretación adecuada del mismo y la implementación de prácticas apropiadas en su cálculo.

Sin embargo, hay que ser cuidadosos al optar por esta gran herramienta, pues al simplificar sobremanera algo tan complejo como lo es el riesgo y la probabilidad, hay una clara tendencia a subestimar los resultados dados por esta medida. Y es que hay que recordar que el VaR no es una medida coherente porque no necesariamente cumple el supuesto de que mayor diversificación implica menor riesgo (la sub-aditividad) propiedad altamente deseable cuando la distribución de pérdidas posee colas pesadas y que puede conllevar a tomar decisiones de inversión que no necesariamente reflejen la realidad del riesgo; un ejemplo sería diversificar un portafolio y que la medida de riesgo sea mayor al portafolio no diversificado, lo que conllevaría a que la institución tome la decisión de no diversificar, cosa errónea.

Entonces, el problema viene de un exceso de confianza al usar esta medida de riesgo y una forma de solucionar es optar por otro tipo de medidas que sí sean coherente, tales como el “tail VaR / Expected Shortfall”, medida que si visualiza la influencia de las colas en la distribución de pérdidas y que por tal cumple la sub-aditividad propia de una medida coherente de riesgo. También, una manera de verificar la precisión de nuestros resultados es mediante pruebas estadísticas como lo son el back testing o el stress testing.

Un tercer punto es considerar que no hay una elección óptima de metodología para el cálculo del VaR, de tal manera que su elección dependerá de las características del portafolio y de los supuestos que quiera asumir el gestor de riesgo. Si tuviésemos que decantarnos por alguna, nuestra elección sería el VaR Montecarlo en concordancia con los resultados exhibidos en el presente trabajo, pues en su modelación se captan distintos factores de riesgo del mercado y detalles de los componentes de la cartera (como la covarianza entre activos) que no necesariamente son representados por las otras metodologías.

Como cuarto y último punto, es propio destacar las virtudes que tiene la diversificación y la teoría de optimización de portafolios pues, como se visualiza en los resultados, el portafolio óptimo elegido cuya volatilidad fue casi idéntica al del portafolio con pesos iguales pero que, en cuanto a rendimientos esperados, el óptimo fue mejor; destaca por tener, a altos niveles de confianza, una menor pérdida máxima posible debido a que se mitigó el efecto de las colas pesadas.

Así, es importante observar que haber tomado activos cuyas correlaciones fueron relativamente bajas y propias de diversos sectores económicos, ayudó a en gran medida que la máxima pérdida posible a muy altos niveles de confianza, en un día, represente menos de un 4% de nuestra posición, aun con el sesgo que pudo haber acarreado utilizar datos en periodo de pandemia y crisis por los precios del petróleo.

Concluimos que, la aplicación de la teoría matemática para conformar un portafolio de inversión juega un papel crucial, pero el complementarla con el contexto social e histórico de las empresas y del propio mercado, así como con la experiencia, influye positivamente para predecir mejor el movimiento de valor que nos interesa y estar mejor preparados en medida de lo estudiado.

Además de la teoría de medida de riesgos financieros, el añadir un análisis estadístico y probabilístico de los datos y resultados obtenidos ayuda por ejemplo a hallar las causas y factores de riesgo que provocaron eventos significativos en cuanto al cambio posible en las métricas obtenidas.

Finalmente, reconocemos lo vital que es reducir la incertidumbre en búsqueda del máximo control y aún más lo inalcanzable que es este objetivo en su totalidad, pero si lo suficiente para no perder más de lo que podemos tolerar.

Referencias

- Abad, P., Benito, S., & López, C. (2014). A comprehensive review of Value at Risk methodologies. *The Spanish Review of Financial Economics*, 12(1), 15–32.
<https://doi.org/10.1016/j.srfe.2013.06.001>
- Antonio Rivera, J. (2021, 8 marzo). *Regional entra al S&P/BMV IPC; salen Gentera y Controladora Nemark*. El Economista.
<https://www.eleconomista.com.mx/mercados/Regional-entra-al-SPBMV-IPC-salen-Gentera-y-Controladora-Nemark-20210305-0066.html>
- Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J. M., & Heath, D. (1999). Coherent Measures of Risk. *Mathematical Finance*, 9(3), 203–228. <https://doi.org/10.1111/1467-9965.00068>
- Balzarotti, V., del Canto, A., & Delfiner, M. (2021, octubre). *Backtesting: Funcionamiento de los requisitos de capital por riesgo de mercado del BCRA*. Banco Central de la República Argentina.
<http://www.bcr.gov.ar/Pdfs/Publicaciones/Backtest%20RM.pdf>
- BIS. (2017, 7 diciembre). *Basel III: international regulatory framework for banks*.
<https://www.bis.org/bcbs/basel3.htm>
- Bloomberg. (2015, 15 diciembre). *Si, Wal-Mart también gana con la caída del precio del crudo*. El Financiero. <https://www.elfinanciero.com.mx/empresas/si-wal-mart-tambien-gana-con-la-caida-del-precio-del-crudo/>
- CISS. (2021, julio). *Riesgo de mercado*. LA LEY.
https://guiasjuridicas.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAA AAAAEAMtMSbF1jTAAASMzA0tTtbLUouLM_DxbIwMDS0NDIwOQQGZap Ut-ckhlQaptWmJOcSoAEknbZjUAAAA=WKE

- Claro, E., F., Contador, A., S., & Quiroga, P., C. (2006, 26 octubre). *Teoría del Valor Extremo: Aplicación de la teoría al Índice NASDAQ*. Universidad de Chile.
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/141728/Extreme%20Value%20Theory.pdf?sequence=1>
- Contreras Mercado, A., & Sánchez Martínez, A. Y. (2016). *CONSTRUCCIÓN DE UN PORTAFOLIO DE INVERSIÓN QUE MINIMICE EL RIESGO DE LA INVERSIÓN Y MAXIMICE EL RENDIMIENTO HACIENDO COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS MARKOWITZ Y MONTECARLO*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Cruz Martínez, C. A. (2015). FACTORES DE RIESGO EN MÉXICO: ANÁLISIS DE LOS REPORTES ANUALES DE LAS EMPRESAS PERTENECIENTES AL ÍNDICE DE PRECIOS Y COTIZACIONES. *VinculaTégica*, 1(1).
- Edwards, J. (2021, 11 octubre). *Why Market Correlation Matters*. Investopedia.
<https://www.investopedia.com/articles/financial-advisors/022516/4-reasons-why-market-correlation-matters.asp>
- Enrique Villaizán C., J. P. (2001). *VAR: COMPARACIÓN DE TRES METODOLOGÍAS PARA LA MEDICIÓN DEL RIESGO DE MERCADO DE POSICIONES DE CAMBIO*. Universidad del Pacífico: Escuela de Postgrado.
- Expansión. (2022, 11 enero). *Estas son las acciones de la Bolsa mexicana más atractivas para 2022*. <https://expansion.mx/mercados/2022/01/11/acciones-bolsa-mexicana-atractivas-2022>
- Gentera. (2022). Gentera. Gentera.Com. <https://www.gentera.com.mx/gentera/>
- Industrias Peñoles. (2022). Penoles. Penoles.Com. <https://www.penoles.com.mx>

Investopedia. (2020, 15 julio). *What's the difference between a confidence level and a confidence interval in Value at Risk (VaR)?*

<https://www.investopedia.com/ask/answers/041615/whats-difference-between-confidence-level-and-confidence-interval-value-risk-var.asp#:~:text=Although%20a%20risk%20manager%20can,%25%20or%2099%25%20confidence%20level.>

J.P. Morgan. (1996, 17 diciembre). *RiskMetrics™—Technical Document*. MSCI.

<https://www.msci.com/documents/10199/5915b101-4206-4ba0-ae2-3449d5c7e95a>

Kierkegaard, K. (2006, diciembre). *Practical Application of Modern Portfolio Theory*.

Jönköping University. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:4384/FULLTEXT01.pdf>

Lopez, A. (2005, 4 septiembre). *Una medida para el riesgo*. El País-s.

https://elpais.com/diario/2005/09/04/negocio/1125839667_850215.html#:~:text=La%20metodolog%C3%ADa%20para%20obtener%20la,del%20activo%20medida%20como%20rentabilidad%20%3D

López Ortiz, B. (s. f.). *Administración de Riesgos*. UNAM. Facultad de Economía.

<http://www.economia.unam.mx/profesores/blopez/Riesgo-Pres5.pdf>

López, V., & Antonio Rivera, J. (2021, 8 diciembre). *Industrias Peñoles en crisis este 2021*.

El Economista. <https://www.eleconomista.com.mx/mercados/Industrias-Penoles-en-crisis-este-2021-20211207-0099.html>

Martínez, F. (2021, 9 agosto). *Las diferentes metodologías para medir el VaR: qué es y cómo utilizarlo*. FundsPeople España. <https://fundspeople.com/es/glosario/las-diferentes-metodologias-para-medir-el-var-y-como-utilizar-esta-herramienta-de-cuantificacion-del-riesgo/>

- Martinez, O. R. L. (2021, 10 abril). *Bolsa Mexicana de Valores: su historia, funciones e importancia*. gestiopolis. <https://www.gestiopolis.com/bolsa-mexicana-de-valores-su-historia-funciones-e-importancia/#:%7E:text=Para%20finalizar%20sintetizamos%20que%20la,a%20obtener%20riquezas%20y%20empleos>.
- MONEX. (2021, 30 noviembre). *Relación entre el IPC y las acciones bursátiles*. blog.MONEX. <https://blog.monex.com.mx/escuela-de-finanzas/relacion-ipc-las-acciones-bursatiles>
- Perez, A. (2020, 15 octubre). *Esade ya compara la crisis del Covid-19 con la última recesión de 2008*. Directivos y Empresas. <https://www.directivosyempresas.com/esade/esade-crisis-covid-19-crisis-economica-2008/>
- Pinfra || *Administración de riesgos*. (2021). Pinfra. <https://www.pinfra.com.mx/es/administracion-riesgos>
- Rotoplas, S.A. de C.V. (2020). Rotoplas. Rotoplas.Com.Mx <https://rotoplas.com.mx>
- Salinas Ávila, J. J. (2009). *Metodologías de medición del riesgo de mercado*. Innovar. Universidad Nacional de Colombia. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/innovar/article/view/21641>
- Sharma, M. (2012). Evaluation of Basel III revision of quantitative standards for implementation of internal models for market risk. *IIMB Management Review*, 24(4), 234–244. <https://doi.org/10.1016/j.iimb.2012.09.001>
- Soley Sanz, J. (2006, agosto). *Métodos Clave para Calcular el Valor en Riesgo* (N.º 230). IESE. <http://pdfs.wke.es/6/8/8/7/pd0000016887.pdf>

Ucha, A. P. (2021, 30 julio). *Beta de un activo financiero*. Economipedia.

<https://economipedia.com/definiciones/beta-de-un-activo-financiero.html#:~:text=La%20Beta%20de%20un%20activo,los%20mercados%20de%20renta%20variable.>

Venegas Martínez, F. (n.d.). Administración Coherente de Riesgos con Futuros del

MexDer. Wwww.Bmv.Com.Mx. Retrieved May 2022, from

https://www.bmv.com.mx/wb3/wb/MEX/MEX_Repositorio/_vtp/MEX/1cf6_2005/_rid/21/_mto/3/Administracion_Coherente_de_Riesgos_con_Futuros_del_MexDer.pdf

Villarelo, E. (2022, 14 marzo). *Mejores sectores para invertir en México en 2022*.

WORTEV CAPITAL. <https://worteve.capital/venture-capital/mejores-sectores-para-invertir-2022/>

Walmart México y Centroamérica. (2022). <https://www.walmex.mx>

Xtb. (s. f.). *Correlación entre mercados*. XTB Broker Online.

<https://www.xtb.com/es/educacion/correlacion-entre-mercados#:~:text=La%20correlaci%C3%B3n%20es%20una%20de,de%20%2D1%20a%20%2B1.>