UNIVERSIDAD DEL CEMA

Posgrado en

Finanzas Cuantitativas

Año 2020

Trabajo Final

Tema: Aplicación de VaR y Optimización de Portafolio

Integrantes:

- Calcagnino, Julio Roque
- Sánchez, Rodrigo Javier
- Zubillaga, Julián Agustín

Índice

Introducción

Maximizar beneficios (rendimientos), al menor costo posible (riesgos) es el objetivo final de cualquier Portfolio Manager. Algunos obrarán de manera más conservadora, buscando en todo momento minimizar riesgos, y otros, en el otro extremo, se centrarán en aumentar los rendimientos de la cartera a cualquier costo. Sea cual sea el perfil del PM, está claro que la relación Riesgo/Rendimiento está presente para la toma de cualquier decisión financiera dentro de la administración de porfolios.

Un primer paso para ir en busca de ese objetivo, consiste en poder determinar los riesgos que ese PM está asumiendo a la hora de conformar una cartera de activos financieros. Una medida muy utilizada por la comunidad financiera para poder cuantificar el riesgo asumido, es el **Value at Risk**. A grandes rasgos, el VaR es una técnica estadística que establece la pérdida máxima que puede experimentar una cartera de inversión, para un horizonte de tiempo y un nivel de confianza dados. Existen tres principales maneras de calcular el VaR: Paramétrico, Histórico y por Monte Carlo. El presente trabajo se centra en el cálculo de un VaR histórico, un VaR paramétrico lineal y otro ajustado por EWMA, para una cartera de equities dada.

En segundo lugar, siguiendo en línea con el objetivo de maximizar beneficios al menor costo posible, un PM que actúe de manera correcta, buscaría en todo momento tomar decisiones de **optimización**. Esto consiste asignar ponderaciones a los activos dentro de una cartera de manera tal de obtener la mejor combinación de estos, según los criterios y restricciones tomados por el analista. Existen varias maneras y modelos de optimización de portafolios, entre ellos el modelo de Harry Markowits, de gran éxito a nivel teórico, o el modelo de Black-Litterman como alternativa metodológica que permite corregir algunas cuestiones prácticas del modelo de Markowits. El optimizador utilizado a los fines del trabajo es la maximización del Sharpe Ratio.

En resumen, el trabajo consiste en tomar una cartera de equities recomendada, calcular sus respectivos VaR y optimizar a través de Sharpe, utilizando código Python.

Objetivos

- Seleccionar una cartera de equities recomendada por actores del mercado a un momento determinado.
- Obtener un VaR histórico, un VaR paramétrico, y un VaR paramétrico ajustado por EWMA para un horizonte temporal de un día, con un nivel de confianza del 99%.
- Optimizar el porfolio utilizando ratio Sharpe.

Marco Teórico

Value at Risk

Se trata de una medida que intenta resumir en una sola cifra el riesgo total, entendido como la incertidumbre acerca del posible valor, de un determinado portafolio de títulos valores bajo condiciones normales de mercado. Su utilización permitiría, en función de ciertos supuestos, efectuar una afirmación del tipo:

"Con un X por ciento de seguridad podemos decir que no habrá una pérdida en la cartera mayor a V dólares en los próximos N días".

Dónde:

- L: monto de la pérdida
- V: VaR del portafolio
- N: horizonte temporal en días
- X: nivel de confianza.

Tomando los siguientes supuestos:

- Asumiendo una determinada cantidad nominal invertida en determinados activos financieros (cartera estática).
- Que conozco o puede conocer la distribución aleatoria de precios y/o retornos para, invirtiendo la misma, poder encontrar los percentiles de interés.

De esta manera, "… el VaR es el nivel de pérdida durante N días, cuya probabilidad de ser excedido es de sólo (100 – X) por ciento".

$$P(L > V) = 1 - X$$

Así, uno de los inputs clave es la distribución de probabilidad, ya sea de los precios o de los retornos, de los activos sujetos al análisis. A partir de la misma, entra a jugar un rol clave el concepto de percentil. Esta es una medida de posición que revela, una vez ordenados las observaciones de menor a mayor, el valor de la variable de interés (retornos o precios) que debajo del cual se encuentra un porcentaje dado de observaciones en un grupo o serie histórica.

Simulación histórica

Consiste en la utilización de realizaciones de precios y retornos pasados de los activos financieros como una indicación de lo que podría suceder en el futuro con ellos (distribución empírica) y así determinar el importe del VaR. A través de esta metodología, en base a la cantidad de días o frecuencia con la cual se obtienen datos de las variables que afectan el valor de mercado de la cartera se generan distintos escenarios alternativos de lo que podría ocurrir.

Ventajas	Desventajas
Simple de implementar dado que se evita la construcción de matriz de varianzas y covarianzas	La escasez de datos históricos o su baja confiabilidad llevan a cálculos inexactos.
Tiene en cuenta las posibles no linealidades en la valuación de ciertos activos.	Se puede realizar un único juego de escenarios alternativos en función de la muestra obtenida.
No precisa supuestos sobre la distribución de probabilidad de precios y/o retornos.	Misma ponderación a todos los escenarios de precio (o métrica alternativa) obtenida, produciendo lo que se conoce como "ghost features".
Al utilizarse la distribución empírica obtenida de los datos históricos puede capturarse el fenómeno de "colas pesadas" y "leptocurtosis" que presentan las distribuciones de los retornos.	Supone que todas las realizaciones posibles de retornos ya se han observado anteriormente en el pasado.
Los retornos pueden calcularse con la misma frecuencia que el horizonte temporal del VaR, no siendo necesario aplicar ninguna transformación para la agregación temporal de las volatilidades.	

Método paramétrico

En el mismo, suele suponerse que la distribución de los retornos de los activos sigue una distribución normal multivariada y que la cartera de activos a analizar es una función lineal de los distintos factores de riesgo. En el caso concreto del análisis de cartera de acciones, no existen modelos precisos de valuación de las mismas que permitan hacer un cálculo de sensibilidades a través de derivadas parciales. Es por ello que se toman directamente los precios de mercado observados y a través de los mismos se obtienen las métricas de retornos esperados y de volatilidad (entendida generalmente como el desvío estándar de los mismos). El método lleva el nombre de paramétrico, pues requiere solamente la estimación de ciertos parámetros de los precios y retornos, tal y como, su valor esperado y su desvío estándar.

Generalmente, suele considerarse que los retornos se distribuyen normalmente y los precios, lognormalmente. Si bien esta es una práctica comúnmente aceptada, es preciso resaltar algunos hechos estilizados sobre los retornos de los activos financieros para entender el alcance de este supuesto:

- Los retornos no son independientes, no están idénticamente distribuidos (en particular los retornos diarios).
- La volatilidad no es constante a lo largo del tiempo y suele presentarse un fenómeno conocido como "clustering".
- Los retornos al cuadrado están altamente correlacionados en el tiempo.
- Los eventos extremos son mucho más frecuentes que lo que sugeriría una distribución normal (colas pesadas, mayores observaciones en los extremos).
- Existe una mayor masa de probabilidad a la izquierda de la distribución.

Cuando se asume una distribución normal, el VaR se obtiene directamente a través de la desviación estándar de los activos o portafolios sujetos al análisis y un factor multiplicativo que se deriva de la inversa de la función de distribución. Concretamente, el VaR puede calcularse de dos maneras distintas: en relación al retorno esperado o promedio de los retornos de la muestra ("relative VaR") o, en relación a cero o sin referencia a un determinado retorno o precio esperado ("absolute VaR" o "trading VaR"). Generalmente, la bibliografía de referencia considera que ambos suelen arrojar resultados similares para horizontes de tiempo pequeños.

$$VaR\ (sobre\ retornos\ esperados) = -W_0 * (R^* - \mu) = W_0 \alpha\sigma\sqrt{\Delta t}$$

$$VaR\ (sobre\ cero) = -W_0 * R^* = W_0(\alpha\sigma\sqrt{\Delta t} - \mu\sqrt{\Delta t})$$

Donde:

$$R^* = -\alpha\sigma + \mu$$

EWMA

Una de las principales desventajas de la aplicación directa del VaR paramétrico, es que se asume que dentro del conjunto de datos recolectados la varianza de los retornos es constante. Sin embargo, esto se contradice con la evidencia empírica sobre los rendimientos de activos financieros que verifica la existencia de "clusters" de volatilidad. Esto significa que, se alternan períodos de alta y baja volatilidad a lo largo del tiempo, y que los períodos de alta volatilidad en el tiempo generalmente se siguen de períodos de alta volatilidad y viceversa.

Concretamente, la diferencia entre uno y otro enfoque es la siguiente:

$$\sigma\ (Equally\ Weighted) = \sqrt{\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}(r_t - \bar{r})^2}$$

En dónde, si asumimos que la media de los retornos tiende a cero la ecuación anterior resulta:

$$\sigma\ (Equally\ Weighted) = \sqrt{\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}(r_t)^2}$$

El principal supuesto de la ecuación anterior es que se asigna una misma ponderación a cada una de las observaciones de los cuadrados de los retornos. No obstante, teniendo en cuenta que existe cierta persistencia en la volatilidad, conviene dar mayor peso a las observaciones más recientes y trabajar con el enfoque de la ecuación que sigue:

$$\sigma_t^2 = \lambda\sigma_{t-1}^2 + (1-\lambda)(r_{t-1})^2$$

Tomando esta ecuación y volviendo hacia atrás de manera recursiva obtenemos:

$$\sigma\ (\text{Exponentially weighted}) = \sqrt{(1-\lambda)\sum_{t=1}^{T}\lambda^{t-1}(r_{t-1})^2 + \lambda^t\sigma_{T-t}^2}$$

Un parámetro a elegir en la aplicación del modelo EWMA, es el "decay factor" o factor de decaimientoλ. Generalmente, un valor alto del factor de decaimiento implica una respuesta relativamente lenta a las nuevas observaciones de volatilidad que se generan diariamente a través de los retornos al cuadrado, mientras que un factor de decaimiento bajo implica que la nueva información se incorpora más rápidamente.

A la hora de estimar el VaR con un horizonte de un día, los estudios empíricos en los cuales de apoya la metodología de RiskMetrics (JP Morgan) indican que un nivel apropiado para el factor de decaimiento es 0,94.

Sharpe Ratio

El ratio Sharpe, nombrado así por su creador William Sharpe, es una métrica que muestra la rentabilidad adicional de un activo o cartera de activos, por encima del rendimiento considerado libre de riesgo, por unidad de riesgo asumida (volatilidad).

Expresado en fórmulas:

$$Sharpe\ Ratio = \frac{R_P - R_f}{\sigma_P}$$

Donde:

$$R_P = retorno\ esperado\ del\ portafolio$$
$$R_f = retorno\ libre\ de\ riesgo$$
$$\sigma_P = desvío\ estándar\ del\ portafolio$$

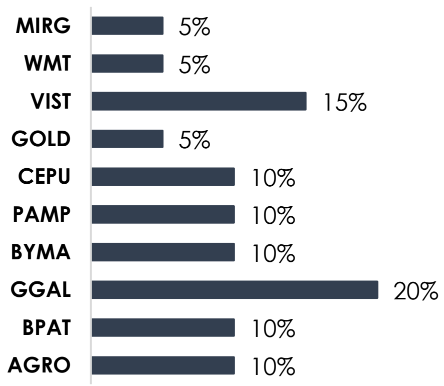
Cuanto mayor sea el Sharpe Ratio del portafolio, mejor será el rendimiento ajustado al riesgo del mismo. Es por esto que a la hora de realizar una optimización de portafolio, lo que se busca es la mejor combinación de activos dentro de la cartera de manera tal que maximice el retorno esperado en base al riesgo asumido. Las ponderaciones que arrojen el mayor ratio de Sharpe, será la cartera seleccionada en base a este criterio.

Desarrollo del trabajo

Cartera Seleccionada

Para aplicar el cálculo del VaR, se procedió a seleccionar una cartera de equities recomendada por el agente Bull Markets a noviembre 2020. La misma se compone tanto de acciones locales del panel líder y el panel general, como de Cedears:

Empresa	Panel	W
Mirgor	Panel Líder	5%
Walmart	Cedears	5%
Vista Oil	Cedears	15%
Barrick Gold	Cedears	5%
Central Puerto	Panel Líder	10%
Pampa Energía	Panel Líder	10%
Byma	Panel Líder	10%
Galicia	Panel Líder	20%
Banco Patagonia	Panel General	10%
Agrometal	Panel General	10%



La cartera total bajo análisis es de $ 1.000.000 (PESOS UN MILLÓN). Para el cálculo de la cantidad nominal de cada acción, se tomaron los precios de cierre ajustados al 26 de noviembre del 2020.

Aspectos a considerar

Previo al desarrollo del análisis, vale resaltar algunas aclaraciones en cuánto al armado de la cartera, cálculos de los retornos y data histórica considerada.

Dolarización de la cartera

Considerando la fuerte volatilidad en el tipo de cambio que altera los retornos en pesos de los activos seleccionados, se procedió a dolarizar la cartera a tipo de cambio CCL.

$$Cartera\ Total\ = \frac{\$\ 1.000.000}{149{,}27} = U\$S\ 6.699{,}27$$

Dolarización de los retornos

Los precios de las acciones y sus retornos diarios están expresados en dólares estadounidenses. Para esto se tomaron los precios de cierre de cada rueda de las acciones locales y se convirtieron a tipo de cambio Contado Con Liquidación del mismo día. El objetivo de este procedimiento es eliminar el sesgo que presentan los retornos en pesos, producto de las fuertes variaciones en el tipo de cambio. En el caso de las acciones del exterior, se tomaron directamente los precios originales en moneda dura.

Data histórica

Para el cálculo del VaR se tomaron datos históricos diarios correspondientes a las últimas 252 ruedas, extraídos de Yahoo Finance. El tipo de cambio CCL se obtiene de InvertirOnline.

Otras cuestiones

Se trabaja con un "holding period" de un día por tratarse de una cartera de trading de equities, y no una cartera de banco donde se trabajan con VaR a 10 días según normativa de Basilea. Además, se opta por utilizar un intervalo de confianza del 99%

Explicación del Código

El objetivo principal del código es obtener un cálculo automático y autónomo del VaR en su método histórico y paramétrico, además de realizar una optimización de portafolio sobre la cartera seleccionada. El mismo consta de dos partes: la primera se utiliza para el cálculo del VaR de la cartera, y la segunda se encarga de comparar el portafolio analizado, contrastado del portafolio óptimo obtenido mediante un análisis de Sharpe.

Para la primer parte, se importa un archivo Excel, que incluye los tickers con el formato utilizado por Yahoo Finance, y las cantidades porcentuales de esos activos en la cartera a analizar. Otro input que se realiza consta de importar una serie de precios del tipo de cambio a utilizar (se toma el Contado con Liquidación de IOL). Una vez obtenidos estos datos, y definida la fecha a analizar dentro del código, se proceden a bajar los precios de los tickers de Yahoo Finance (yfinance) y se toman los últimos 252 datos. Los precios de cierre de las acciones locales en pesos, se convierten a USD a la cotización del CCL del mismo día. Luego de haber obtenido los precios dolarizados, se calcula el valor de la cartera en USD a hoy (un millón de pesos convertidos a CCL del día 26/11/2020). Esto se lo divide por los precios dolarizados de cada acción y se lo multiplica por sus respectivos weights en la cartera, para obtener los nominales de cada título. El último paso es calcular los retornos diarios de los activos individuales y multiplicarlos por las ponderaciones correspondientes para obtener el rendimiento diario del portfolio. Con estos retornos, y definiendo el nivel de confianza a utilizar, se calcula el VaR Histórico. Para el VaR Paramétrico se calcula el desvío estándar del portafolio que determina el riesgo de la cartera (σ), se calcula la inversa de la distribución normal estándar para un nivel de confianza del 99% y se obtiene el VaR Paramétrico a 1 día. Luego se procede a hacer el ajuste de volatilidad por EWMA y obtener un nuevo VaR Paramétrico.

La segunda parte, consta de un análisis de Sharpe, sobre la cartera recomendada por Bull Market. El primer paso es el seteo de los parámetros a utilizar (portafolios simulados, ruedas, tickers, fecha de inicio, fecha de corte). Una vez definidos estos parámetros, se descargan los precios de los tickers y su posterior dolarización (para hacer comparables los distintos análisis), y se proceden a normalizar las n series temporales. El siguiente paso consiste en calcular los retornos logarítmicos de cada activo, para poder construir una matriz de varianzas y covarianzas. Posteriormente se simulan n portafolios para los cuales se calcula su Retorno Anual, su Volatilidad Esperada Anual y su Ratio de Sharpe. Por último, se busca identificar el portafolio que maximice el Sharpe Ratio y minimice el Riesgo, explicitando su composición de cartera.

Conclusiones

VaR Histórico

Arroja un valor relativo de 11,24% de pérdida sobre el portfolio. Este modelo intenta explicar que la máxima perdida diaria que podría sufrir la cartera, con un 99% de seguridad, es de US$ 752,76. Lo equivalente a AR$ 112.364,5 a tipo de cambio CCL del 26 de noviembre (149,27).

Como se explicó en el marco teórico, este método se basa en la evidencia empírica. Por lo tanto el modelo toma el rendimiento de corte para una probabilidad acumulada del 1% en la distribución real de los datos. Como la fórmula "percentil" trabaja con el nivel de significancia asignado de manera exacta, el retorno de corte en este caso no es un valor observado, sino que el mismo se encuentra entre dos valores.

VaR Paramétrico

Arroja un valor relativo de 7,96% de pérdida sobre el portfolio. Este modelo intenta explicar que la máxima perdida diaria que podría sufrir la cartera, con un 99% de seguridad, es de US$ 364,33. Lo equivalente a AR$ 79.628 a tipo de cambio CCL del 26 de noviembre (149,27).

VaR Paramétrico ajustado por EWMA

Arroja un valor relativo de 5,44% de pérdida sobre el portfolio. Este modelo intenta explicar que la máxima perdida diaria que podría sufrir la cartera, con un 99% de seguridad, es de US$ 533,45. Lo equivalente a AR$ 54.383 a tipo de cambio CCL del 26 de noviembre (149,27).

El VaR ajustado por EWMA brinda mayor ponderación a los datos observados más actuales por sobre los más antiguos. La baja en el resultado obtenido de pérdida máxima con respecto al método lineal, se explica a través de la menor importancia que el modelo le da al escenario de alta volatilidad sufrido en Marzo/Abril. Por lo tanto resulta lógica la diferencia entre uno y otro.

Optimización de portafolio

La optimización por Sharpe, arroja la siguiente composición de cartera:

- GOLD: 22.74%
- MIRG.BA: 19.72%
- WMT: 57.54%

Métricas:

- Retorno: 27.98% anual
- Volatilidad: 26.53% anual

El resultado del modelo es algo lógico, explicado por el escenario negativo y de alta volatilidad en el último año en los papeles argentinos. Como salvedad, se observa el caso de Mirgor que mostró mejor performance que el resto de las acciones locales.