UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS
**CURSO ICN 256 - Gestión de Inversiones**

Profesor Werner Kristjanpoller
Ayudantes Roberto Zegers - Matias Zepeda

# Caso 1: Valorización Bonos y Acciones

**Realizado por:**

Gabriel Vergara Schifferli
Rol: 201510519-7
Nicolás Bravo Vargas
Rol:201660092-2
Rodrigo Vera Hott
Rol: 201623002-5

**VALPARAÍSO, 19 DE JUNIO DE 2021**

# Resumen Ejecutivo

El presente documento contiene el desarrollo de un problema de optimización de cartera, aplicando cinco estrategias distintas y posteriormente el modelo de Black-Litterman. En particular, se analizan 5 acciones componentes del SP IPSA de variadas industrias y se analizan 27 configuraciones de portafolio desde el de mínima varianza hasta el de máximo retorno, curva conocida como Frontera Eficiente de Markowitz. Finalmente, se aplica el modelo de Black-Litterman para el caso base y cuatro portafolios distintos, determinando los nuevos retornos esperados y nuevos pesos relativos de los portafolios, obteniendo mejores retornos para el caso base y peores retornos para los otros cuatro portafolios. Adicionalmente, se realiza un análisis sensibilidad de las variables $\delta$ y $\tau$ de forma univariada para el portafolio base, del cual se concluye que cuando $\delta$ aumenta, los retornos mejoran debido a que se asigna mayor peso al activo A, el cual posee mejores retornos, mientras que al aumentar $\tau$ el retorno disminuye, debido a la mayor asignación en el activo E, que posee peores retornos.

# Presentación del Problema

Se consideran 5 acciones pertenecientes al índice IPSA, *CONCHATORO*, *COPEC*, *CHILE*, *PARAUCO* y *CCU* con el objetivo de considerar acciones de industrias distintas para poder realizar un portafolio diversificado, de las cuales se obtienen los precios de cierre ajustados de los últimos 10 años.

Con esta historia se realiza el análisis de sus retornos y se conforman 5 portafolios con estrategias distintas. La primera es utilizar el portafolio de mercado para una tasa libre de riesgo del 3 % anual obteniendo la CML, luego se realiza otro portafolio considerando que ningún activo puede superar el 35 % del total de la cartera, después un criterio en que si se elige incluir un activo este debe tener una presencia a lo menos del 10 % del total, luego se considera otro portafolio bajo el criterio de que los dos activos con mejor rentabilidad promedio deben conformar a lo menos un 40 % y finalmente se estructura un portafolio el cual debe tener un coeficiente beta respecto al IPSA mayor que el mercado.

Para conformar estos portafolios se utilizan los primeros 8 años de la muestra y luego se realiza una evaluación de su rendimiento a los siguientes 2 años de muestra adicional.

Adicionalmente a la conformación de estos portafolios se implementa el modelo de Black Litterman el cual tiene como objetivo añadir información adicional sobre el comportamiento esperado de las acciones de forma que las carteras estructuradas se modifiquen en función de estas nuevas perspectivas. Una vez incorporadas estas nuevas perspectivas sobre las expectativas de las acciones se evalúan utilizando los últimos 2 años de muestra para realizar una comparación a los portafolios sin estas modificaciones.

Finalmente, se analiza el efecto de la variación de los coeficientes $\delta$ y $\tau$ del modelo de Black Litterman para ver sus efectos sobre el portafolio.

# 1. Optimización de Cartera - Black Litterman

## 1.1. Calcule la rentabilidad y riesgo promedio mensual de cada serie

Las empresas componentes del SP IPSA pertenencen a variadas industrias, considerando el objetivo de reducir el riesgo no sistemático, la estrategia de diversificación propone incluir activos poco relacionados y, en lo posible, con una correlación negativa, en este sentido, seleccionar acciones de industrias distintas y poco relacionadas aporta a la diversificación y disminución del riesgo no sistemático.

Por tanto, se seleccionan las siguientes acciones del SP IPSA y se obtiene su rentabilidad esperada y riesgo entre según la información histórica entre 2011 y 2019 (8 años).

| Acciones | Industria | Letra | Rentabilidad promedio mensual 2011-2019 | Riesgo promedio mensual 2011-2019 |
|---|---|---|---|---|
| CONCHATORO | Vinicola | A | 0,152 % | 4,993 % |
| COPEC | Industria petrolera | B | 0,002 % | 5,820 % |
| CHILE | Banco | C | 0,148 % | 4,108 % |
| PARAUCO | Centros comerciales e inmobiliaria | D | 0,160 % | 7,897 % |
| CCU | Bebidas alcohólicas | E | 0,288 % | 5,727 % |

Cuadro 1: Rentabilidades y riesgos esperados entre 2011 y 2019

## 1.2. Encuentre los portafolios de mínima varianza, máximo retorno y al menos 25 portafolios intermedios con un paso equidistante en retorno entre estos. Grafique la frontera eficiente de Markowitz

Con las rentabilidades promedio y los riesgos asociados a cada acción, se obtiene la matriz de riesgos asociada al portafolio considerando la correlación entre los activos:

| *Correlaciones* | *r_A* | *r_B* | *r_C* | *r_D* | *r_E* |
|---|---|---|---|---|---|
| r_A | 1 | 0,31809444 | 0,26805109 | -0,01329541 | 0,16651758 |
| r_B | 0,318094441 | 1 | 0,59425924 | 0,05432483 | 0,29846419 |
| r_C | 0,268051093 | 0,59425924 | 1 | -0,04252554 | 0,33356754 |
| r_D | -0,01329541 | 0,05432483 | -0,0425255 | 1 | 0,02545001 |
| r_E | 0,166517578 | 0,29846419 | 0,33356754 | 0,02545001 | 1 |

Cuadro 2: Correlación entre los activos estudiados.

Luego, se obtiene la esperanza de retorno del portafolio al ponderar los retornos promedios de cada activo con el peso de la inversión en el mismo. Finalmente, el riesgo del portafolio se obtiene mediante:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \omega_j \omega_i \sigma_{ij} \tag{1}$$

Así, para obtener el portafolio de mínima varianza se debe generar un modelo de optimización que considere:

$$\begin{aligned}
&Minimizar: && \sigma_p \\
&Variando: && \omega \\
&Restricción: && \sum_{i=1}^{k} \omega_i = 1 \\
&Restricción: && \omega_l \geq 0 \ \forall \ l \in [A, B, C, D, E]
\end{aligned}$$

Donde $\omega$ corresponde a la matriz de pesos.

Equivalentemente, para obtener el portafolio de máximo retorno.

$$\begin{aligned}
&Maximizar: && E[R_p]\\
&Variando: && \omega\\
&Restricción: && \sum_{i=1}^{k}\omega_i = 1\\
&Restricción: && \omega_l \geq 0\ \forall\ l \in [A,B,C,D,E]
\end{aligned}$$

Luego, el step para determinar los 25 portafolios intermedios se define como:

$$Step = \frac{E[R_{PMR}] - E[R_{PMV}]}{26}$$

Y los 25 portafolios intermedios se obtienen mediante:

$$\begin{aligned}
&Minimizar: && \sigma_{pu} \forall u \in [1,25]\\
&Variando: && \omega\\
&Restricción: && \sum_{i=1}^{k}\omega_i = 1\\
&Restricción: && \omega_l \geq 0\ \forall\ l \in [A,B,C,D,E]\\
&Restricción: && E[R_{pu}] = E[R_{pu-1}] + step
\end{aligned}$$

Finalmente, los resultados obtenidos son:

| Portafolio | E[Rp] | Riesgo p | w_A | w_B | w_C | w_D | w_E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PMV** | **0,171 %** | **3,094 %** | 27 % | 0 % | 43 % | 16 % | 15 % |
| P1 | 0,176 % | 3,099 % | 26 % | 0 % | 40 % | 16 % | 18 % |
| P2 | 0,180 % | 3,115 % | 25 % | 0 % | 38 % | 16 % | 21 % |
| P3 | 0,185 % | 3,141 % | 25 % | 0 % | 36 % | 15 % | 24 % |
| P4 | 0,189 % | 3,177 % | 24 % | 0 % | 33 % | 15 % | 28 % |
| P5 | 0,194 % | 3,223 % | 23 % | 0 % | 31 % | 15 % | 31 % |
| P6 | 0,198 % | 3,278 % | 22 % | 0 % | 29 % | 15 % | 34 % |
| P7 | 0,203 % | 3,342 % | 22 % | 0 % | 26 % | 14 % | 37 % |
| P8 | 0,207 % | 3,415 % | 21 % | 0 % | 24 % | 14 % | 41 % |
| P9 | 0,212 % | 3,495 % | 20 % | 0 % | 22 % | 14 % | 44 % |
| P10 | 0,216 % | 3,583 % | 20 % | 0 % | 20 % | 14 % | 47 % |
| P11 | 0,221 % | 3,677 % | 19 % | 0 % | 17 % | 13 % | 50 % |
| P12 | 0,225 % | 3,777 % | 18 % | 0 % | 15 % | 13 % | 54 % |
| P13 | 0,230 % | 3,884 % | 18 % | 0 % | 13 % | 13 % | 57 % |
| P14 | 0,234 % | 3,996 % | 17 % | 0 % | 10 % | 13 % | 60 % |
| P15 | 0,239 % | 4,112 % | 16 % | 0 % | 8 % | 12 % | 63 % |
| P16 | 0,243 % | 4,233 % | 16 % | 0 % | 6 % | 12 % | 67 % |
| P17 | 0,248 % | 4,359 % | 15 % | 0 % | 3 % | 12 % | 70 % |
| P18 | 0,252 % | 4,488 % | 14 % | 0 % | 1 % | 12 % | 73 % |
| P19 | 0,257 % | 4,621 % | 13 % | 0 % | 0 % | 11 % | 76 % |
| P20 | 0,261 % | 4,76 % | 10 % | 0 % | 0 % | 10 % | 80 % |
| P21 | 0,266 % | 4,904 % | 7 % | 0 % | 0 % | 10 % | 83 % |
| P22 | 0,270 % | 5,054 % | 5 % | 0 % | 0 % | 9 % | 86 % |
| P23 | 0,275 % | 5,209 % | 2 % | 0 % | 0 % | 8 % | 90 % |
| P24 | 0,279 % | 5,369 % | 0 % | 0 % | 0 % | 7 % | 93 % |
| P25 | 0,284 % | 5,541 % | 0 % | 0 % | 0 % | 3 % | 97 % |
| **PMR** | **0,288 %** | **5,727 %** | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 100 % |

Cuadro 3: Portafolios Frontera Eficiente de Markowitz

Considerando un step de:

$$Step = \frac{E[R_{PMR}] - E[R_{PMV}]}{26} = 0,004493\,\%$$

La frontera eficiente de Markowitz queda definida graficando en eje x los riesgos y en eje y los retornos esperados para los 27 portafolios (PMR, PMV y 25 intermedios).

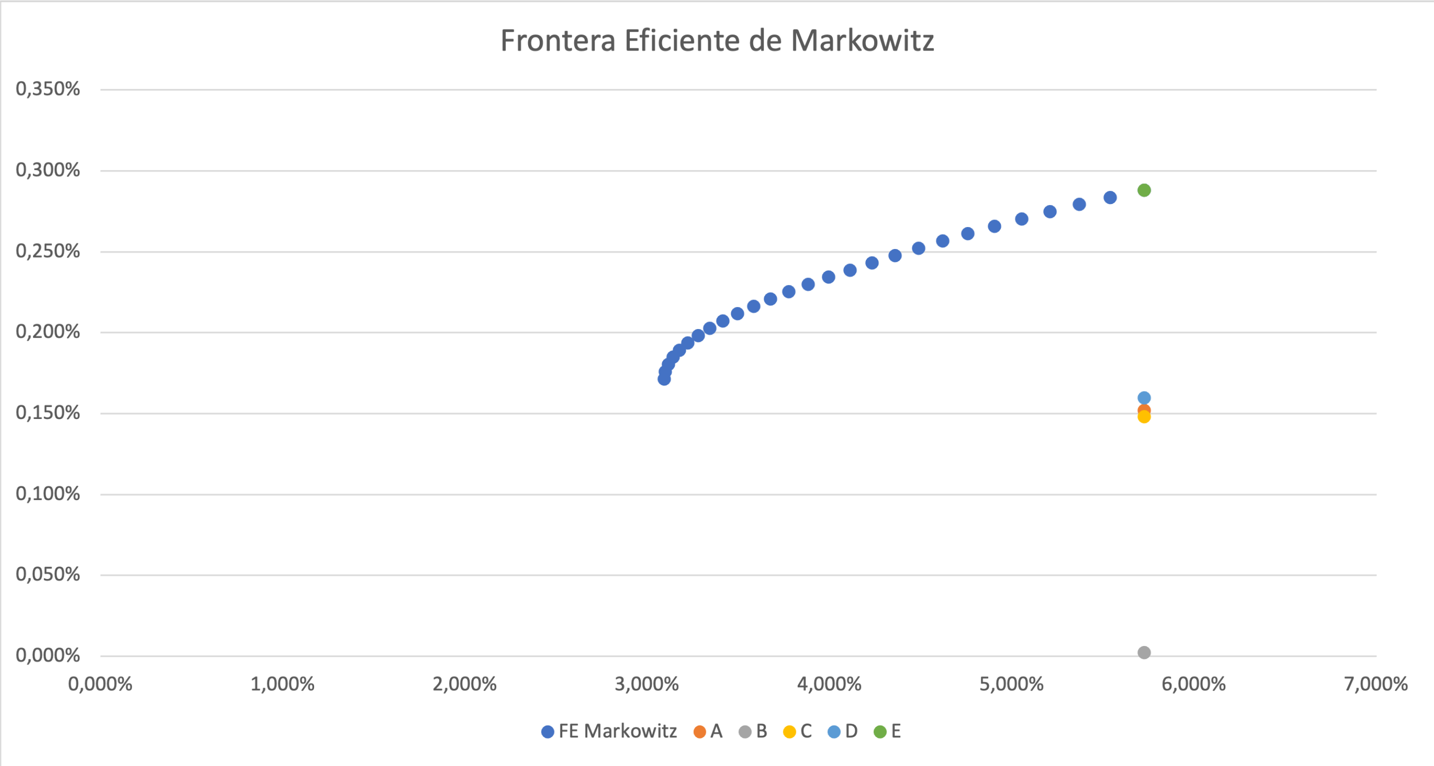


Figura 1: Frontera Eficiente de Markowitz

## 1.3. Optimice la asignación de pesos según Markowitz para el máximo índice de Sharpe, y obtenga el portafolio de Mercado. Agregue la CML en el gráfico anterior (Considere rf=3 %)

El índice de Sharpe indica el exceso de rentabilidad total (descontando la tasa libre de riesgo) por unidad de riesgo.

Para optimizar la asignación de pesos mediante este índice, el primer paso consiste en la equivalencia temporal, por tanto, se cambia la tasa libre de riesgo anual a una mensual mediante:

$$\begin{aligned} rf_{mensual} =& (1 + rf_{anual})^{\frac{1}{12}} - 1 \\ rf_{mensual} =& (1 + 3\,\%)^{\frac{1}{12}} - 1 \\ rf_{mensual} =& 0,2466\,\% \end{aligned}$$

Luego, el índice de Sharpe se obtiene mediante:

$$I_{Sharpe} = \frac{E[R_p] - r_f}{\sigma_p}$$

Por tanto, los pesos optimizados al maximizar el índice se obtienen mediante:

$$\begin{aligned} &Maximizar: && I_{Sharpe} \\ &Variando: && \omega \\ &\textit{Restricción}: && \sum_{i=1}^{k} \omega_i = 1 \\ &\textit{Restricción}: && \omega_l \geq 0 \forall l \in [A, B, C, D, E] \end{aligned}$$

Luego, los resultados de optimización de pesos $\omega$ al maximizar el índice de Sharpe son:

| | |
|---|---|
| w_A | 0 % |
| w_B | 0 % |
| w_C | 0 % |
| w_D | 0 % |
| w_E | 100 % |
| rf anual | 3 % |
| rf mensual | 0,2466 % |
| E[Rp] | 0,288 % |
| Riesgo p | 5,727 % |
| I Sharpe | -0,028912679 |

Cuadro 4: Optimización mediante índice de Sharpe

La Capital Market Line (CML) se obtiene considerando los siguientes puntos:

| Retorno | Riesgo |
|---|---|
| 0,247 % | 0,000 % |
| 0,288 % | 5,727 % |
| 0,330 % | 11,454 % |

Cuadro 5: Puntos pertenecientes a CML

Y al agregarla a la frontera eficiente de Markowitz se obtiene:

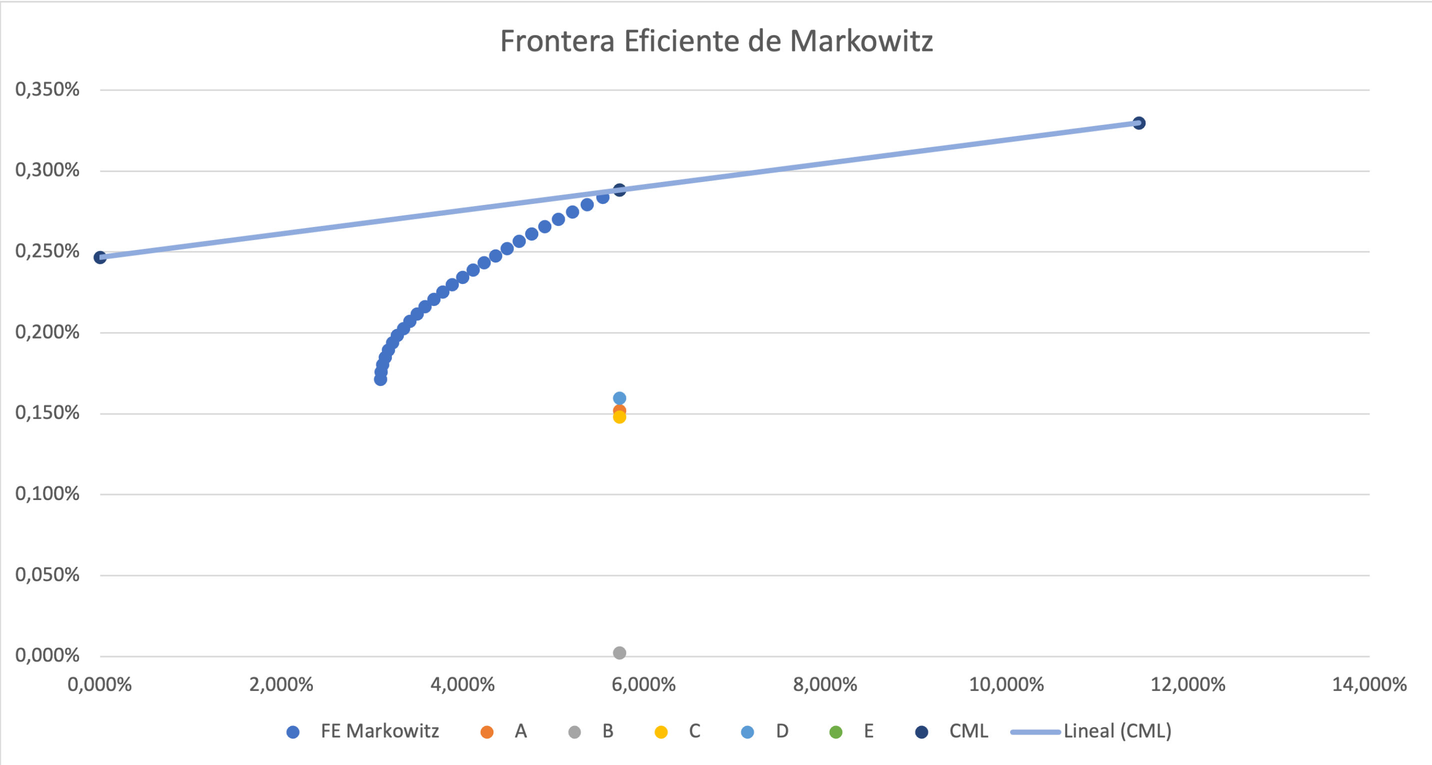


Figura 2: Intersección Frontera Eficiente de Markowitz con Capital Market Line

## 1.4. Obtenga los pesos adecuados, tomando en cuenta si se aplican las siguientes restricciones (por separado). Comente sus resultados.

a) La máxima asignación de peso que se le puede otorgar a una acción es de 35 %.

| Acción | Peso |
|---|---|
| A | 29,76 % |
| B | 0,83 % |
| C | 35,00 % |
| D | 16,96 % |
| E | 17,44 % |
| Peso máximo | 35 % |
| E[Rp] | 0,17 % |
| Riesgo p | 3,10 % |

Cuadro 6: Límite superior de asignación de 35 %

El portafolio se obtiene agregando al modelo de minimización de riesgo la restricción: $\omega_l \leq 0{,}35\ \forall\ l\ \in \{A, B, C, D, E\}$. Se observa que con esta restricción, el portafolio obtenido es dominado por el PMV y todos los demás portafolios de la frontera eficiente.

b) Si se decide invertir en una acción, se debe realizar con un mínimo de 10 %.

Este portafolio se obtiene observando la frontera eficiente de Markowitz, ya que no obliga a utilizar todos los activos y, si un activo no se selecciona, tiene peso 0 %. Así, el portafolio que minimiza el riesgo aumentando el retorno y cumpliendo la restricción señalada corresponde al PMR.

| Acción | Peso |
|---|---|
| A | 26.56 % |
| B | 0 % |
| C | 42.63 % |
| D | 16.25 % |
| E | 14.56 % |
| Peso mínimo si es que se toma el activo | 10 % |
| E[Rp] | 0,171 % |
| Riesgo p | 3.08 % |

Cuadro 7: Límite inferior si es seleccionado 10 %

c) Se debe invertir al menos un 40 % en conjunto entre las 2 acciones con mayor rentabilidad promedio, si es que se decide invertir en alguna de ellas.

Las acciones con mayor rentabilidad promedio corresponden a D y E, por tanto, se agrega al modelo de minimización de riesgo del portafolio la restricción: $\omega_D + \omega_E \geq 0{,}4$ obteniendo:

| Acción | Peso |
|---|---|
| A | 23,79 % |
| B | 0,00 % |
| C | 36,21 % |
| **D** | 18,58 % |
| **E** | 21,42 % |
| Suma D + E | 40,00 % |
| E[Rp] | 0,18 % |
| Riesgo p | 3,11 % |

Cuadro 8: Inversión mínima de 40 % en activos con mayor rendimiento promedio.

d) Obtenga los betas de cada acción en base al IPSA. Formule un portafolio óptimo de modo que su beta esté por sobre el del mercado.

Los $\beta$ de cada acción se obtienen mediante:

$$\beta_i = \frac{Cov(i, m)}{Var(m)}$$

| Covarianzas | *r_A* | *r_B* | *r_C* | *r_D* | *r_E* | *r_IPSA* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| r_IPSA | $8,02251 * 10^-05$ | $-1,3046410^-05$ | $1,37053 * 10^-05$ | $5,05153 * 10^-05$ | $3,13659 * 10^-05$ | $8,03998 * 10^-05$ |

Cuadro 9: Covarianza activos respecto IPSA.

Luego, las covarianzas entre los 5 activos y el mercado definido por el indicador SP IPSA son:

El $\beta$ de un mercado por definición es 1. Por tanto, se agrega al modelo de minimización de riesgo las restricciones respecto al $beta_p$:

$$\begin{aligned} &Minimizar: && \sigma_p \\ &Variando: && \omega \\ &Restricción: && \sum_{i=1}^{k} \omega_i = 1 \\ &Restricción: && \omega_l \geq 0 \forall l \in [A, B, C, D, E] \\ &Restricción: && \beta_p = \sum_{l}^{L} \omega_l \cdot \beta_l \forall l \in [A, B, C, D, E] \\ &Restricción: && \beta_p \geq \beta_m \end{aligned}$$

Luego, los valores $\beta$ y $\omega$ optimizados son:

| Acción | Beta | Pesos |
|---|---|---|
| A | 0,9978 | 27 % |
| B | -0,1623 | 0 % |
| C | 0,1705 | 43 % |
| D | 0,6283 | 16 % |
| E | 0,3901 | 15 % |
| beta portafolio | 3,024449442 | |
| beta de mercado | 1 | |
| E[R_IPSA] | 0,27 % | |
| Riesgo IPSA | 0,9010 % | |
| E[Rp] | 0,17 % | |
| Riesgo p | 3,09 % | |

Cuadro 10: Portafolio óptimo en base a $beta_m$.

## 1.5. A partir de los 10 años de la base de datos, calcule la rentabilidad de los últimos 2 años y evalúe con cuál de las 5 asignaciones anteriores se hubiesen obtenido mejores resultados (4 casos + caso base, siendo los casos bases aquellos desarrollados en la pregunta 4. y el caso base aquel portafolio obtenido en la pregunta 3). Comente.

Considerando la conformación de los portafolios anteriores utilizando el comportamiento histórico de los primeros 8 años de los últimos 10 años utilizados, se obtuvo el siguiente performance para cada uno de ellos:

| Portafolio Base<br>Distribución | A<br>0 % | B<br>0 % | C<br>0 % | D<br>0 % | E<br>100 % |
|---|---|---|---|---|---|
| Precio Compra ( 6/18/2019 ) | 1.406,91 | 41.643,60 | 94,25 | 1.176,10 | 9.171,75 |
| Precio Venta ( 6/18/2021 ) | 1.295,10 | 32.301,00 | 74,09 | 1.072,97 | 6.840,00 |
| Rentabilidad | -7.95 % | -22.43 % | -21.39 % | -8.77 % | -25.42 % |
| Rentabilidad Portafolio | | | | | **-25.42 %** |

Figura 3: Portafolio de mercado, considerando $r_f = 3\,\%$ anual

| Portafolio 1<br>Distribución | A<br>29.76 % | B<br>0.83 % | C<br>35.00 % | D<br>16.96 % | E<br>17.44 % |
|---|---|---|---|---|---|
| Precio Compra ( 6/18/2019 ) | 1.406,91 | 41.643,60 | 94,25 | 1.176,10 | 9.171,75 |
| Precio Venta ( 6/18/2021 ) | 1.295,10 | 32.301,00 | 74,09 | 1.072,97 | 6.840,00 |
| Rentabilidad | -7.95 % | -22.43 % | -21.39 % | -8.77 % | -25.42 % |
| Rentabilidad Portafolio | | | | | **-15.96 %** |

Figura 4: Portafolio con peso máiximo del 35 %

| Portafolio 2<br>Distribución | A<br>26.56 % | B<br>0.00 % | C<br>42.63 % | D<br>16.25 % | E<br>14.56 % |
|---|---|---|---|---|---|
| Precio Compra ( 6/18/2019 ) | 1.406,91 | 41.643,60 | 94,25 | 1.176,10 | 9.171,75 |
| Precio Venta ( 6/18/2021 ) | 1.295,10 | 32.301,00 | 74,09 | 1.072,97 | 6.840,00 |
| Rentabilidad | -7.95 % | -22.43 % | -21.39 % | -8.77 % | -25.42 % |
| Rentabilidad Portafolio | | | | | **-16.36 %** |

Figura 5: Conformación con peso mínimo del 10 % o no invertir en activo.

| Portafolio 3<br>Distribución | A<br>23.79 % | B<br>0.00 % | C<br>36.21 % | D<br>18.58 % | E<br>21.42 % |
|---|---|---|---|---|---|
| Precio Compra ( 6/18/2019 ) | 1.406,91 | 41.643,60 | 94,25 | 1.176,10 | 9.171,75 |
| Precio Venta ( 6/18/2021 ) | 1.295,10 | 32.301,00 | 74,09 | 1.072,97 | 6.840,00 |
| Rentabilidad | -7.95 % | -22.43 % | -21.39 % | -8.77 % | -25.42 % |
| Rentabilidad Portafolio | | | | | **-16.71 %** |

Figura 6: portafolio con peso mínimo entre activo D y E de 40 %

| Portafolio 4<br>Distribución | A<br>100 % | B<br>0 % | C<br>0 % | D<br>0 % | E<br>0 % |
|---|---|---|---|---|---|
| Precio Compra ( 6/18/2019 ) | 1.406,91 | 41.643,60 | 94,25 | 1.176,10 | 9.171,75 |
| Precio Venta ( 6/18/2021 ) | 1.295,10 | 32.301,00 | 74,09 | 1.072,97 | 6.840,00 |
| Rentabilidad | -7.95 % | -22.43 % | -21.39 % | -8.77 % | -25.42 % |
| Rentabilidad Portafolio | | | | | **-7.95 %** |

Figura 7: Con beta por sobre mercado, en este caso ningún activo tenía beta por sobre mercado por lo tanto se optó por activo con mayor beta.

Considerando que durante el periodo de evaluación el IPSA obtuvo una rentabilidad de $-14{,}78\,\%$, pues el índice inició en 5040.57 puntos base a la fecha de 6/18/2019 y terminó en 4295.62 puntos base a la fecha de 6/18/2021.

Resumiendo las rentabilidades de los distintos portafolios en conjunto con el IPSA:

| IPSA | Base | a | b | c | d |
|---|---|---|---|---|---|
| -14.78 % | -25.42 % | -15.96 % | -16.36 % | -16.71 % | -7.95 % |

Como los portafolios a,b y c se estructuraron en una combinación similar de los distintos activos es de esperar que tengan un rendimiento similar, en cambio los "portafolios", o mejor dicho la estrategia de invertir en el activo A o el activo B están expuestas a un mayor riesgo solo por el hecho de ser un solo activo. En este caso los portafolios diversificados (a,b y c) obtuvieron una rentabilidad muy similar al mercado lo cual es consistente con la reducción del riesgo no sistemático, mientras que los demás se alejaron bastante.

Independiente de los portafolios propuestos, se tiene que la frontera eficiente de Markowitz está en todo momento dominada por la CML, donde invertir combinando la acción E con el activo libre de riesgo sería una alternativa igual riesgo pero mayor esperanza de retorno.

### 1.6. Aplicar el modelo de Black-Litterman sobre el resultado obtenido en (3), considerando los siguientes parámetros $\delta$=0.05 y $\tau$ =0.025, considere además, las siguientes visiones subjetivas:

a) La acción A rentará un 0,1 % por sobre las demás.

b) B rentará mensualmente 8 % por sobre su media.

c) La rentabilidad de C sería 20 % menor con respecto a su media.

d) Se espera que D rentará 0,5 % menos que E.

### 1.7. Determine los nuevos retornos esperados del portafolio y nuevos pesos. Analice los resultados y motivos del cambio, obtenga la rentabilidad en base a los dos últimos años con los nuevos pesos. ¿Mejoran los resultados?

Tras aplicar el modelo de Black-Literrman se obtienen los siguientes pesos relativos con una esperanza de retorno del 0,28 %

| Portafolio Base | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| Distribución | 4,03 % | 0,00 % | 0,00 % | 0,00 % | 95,97 % |
| Precio compra ( 6/18/2019 ) | $ 1.407 | $ 41.644 | 94,25 | 1.176,10 | $ 9.171 |
| Precio venta ( 2 años 6/18/2021 ) | $ 1.295 | $ 32.301 | 74,09 | 1.072,97 | $ 6.840 |
| Rentabilidad | -7,95 % | -22,43 % | -21,39 % | -8,77 % | -25,42 % |
| TOTAL | | | | | -24,71 % |

Al calcular la rentabilidad en base a los últimos 2 años, se obtiene un -24.71 % de retorno, mejorando respecto al retorno esperado original, el cual era de -25,42 %.

### 1.8. Repita el paso (6) con los pesos obtenidos para cada caso del ítem (4). Compare las rentabilidades que hubiese obtenido en los 2 últimos años con cada caso.

Aplicando los pesos obtenidos para cada caso del ítem (4), se calculan los nuevos pesos utilizando el modelo de Black-Litterman, obteniendo los siguientes resultados:

| Portafolio 1 | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| Distribución | 8,12 % | 0,00 % | 0,00 % | 0,00 % | 91,88 % |
| Precio compra ( 6/18/2019 ) | 1406,91 | 41643,6 | 94,25 | 1176,1 | 9170,75 |
| Precio venta ( 2 años 6/18/2021 ) | 1295,1 | 32301 | 74,09 | 1072,97 | 6840 |
| Rentabilidad | -7,95 % | -22,43 % | -21,39 % | -8,77 % | -25,42 % |
| TOTAL | | | | | -24,00 % |

Cuadro 11: Rentabilidad del portafolio 1 aplicando el modelo de Black-Litterman

| Portafolio 2 | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| Distribución | 7,64 % | 0,00 % | 0,00 % | 0,00 % | 92,36 % |
| Precio compra ( 6/18/2019 ) | $ 1.407 | $ 41.644 | 94,25 | 1.176,10 | $ 9.171 |
| Precio venta ( 2 años 6/18/2021 ) | $ 1.295 | $ 32.301 | 74,09 | 1.072,97 | $ 6.840 |
| Rentabilidad | -7,95 % | -22,43 % | -21,39 % | -8,77 % | -25,42 % |
| TOTAL | | | | | -24,08 % |

Cuadro 12: Rentabilidad del portafolio 2 aplicando el modelo de Black-Litterman

| Portafolio 3 | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| Distribución | 7,29 % | 0,00 % | 0,00 % | 0,00 % | 92,71 % |
| Precio compra ( 6/18/2019 ) | $ 1.407 | $ 41.644 | 94,25 | 1.176,10 | $ 9.171 |
| Precio venta ( 2 años 6/18/2021 ) | $ 1.295 | $ 32.301 | 74,09 | 1.072,97 | $ 6.840 |
| Rentabilidad | -7,95 % | -22,43 % | -21,39 % | -8,77 % | -25,42 % |
| TOTAL | | | | | -24,14 % |

Cuadro 13: Rentabilidad del portafolio 3 aplicando el modelo de Black-Litterman

| Portafolio 4 | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| Distribución | 17,11 % | 0,00 % | 0,00 % | 0,00 % | 82,89 % |
| Precio compra ( 6/18/2019 ) | $ 1.407 | $ 41.644 | 94,25 | 1.176,10 | $ 9.171 |
| Precio venta ( 2 años 6/18/2021 ) | $ 1.295 | $ 32.301 | 74,09 | 1.072,97 | $ 6.840 |
| Rentabilidad | -7,95 % | -22,43 % | -21,39 % | -8,77 % | -25,42 % |
| TOTAL | | | | | -22,43 % |

Cuadro 14: Rentabilidad del portafolio 4 aplicando el modelo de Black-Litterman

## 1.9. Sensibilizar los resultados, tanto para $\delta$ como para $\tau$ (Univariada y solo para el caso base)

Tras realizar la sensibilización univariada de los datos se construyen los siguientes gráficos que ilustran el comportamiento del retorno.

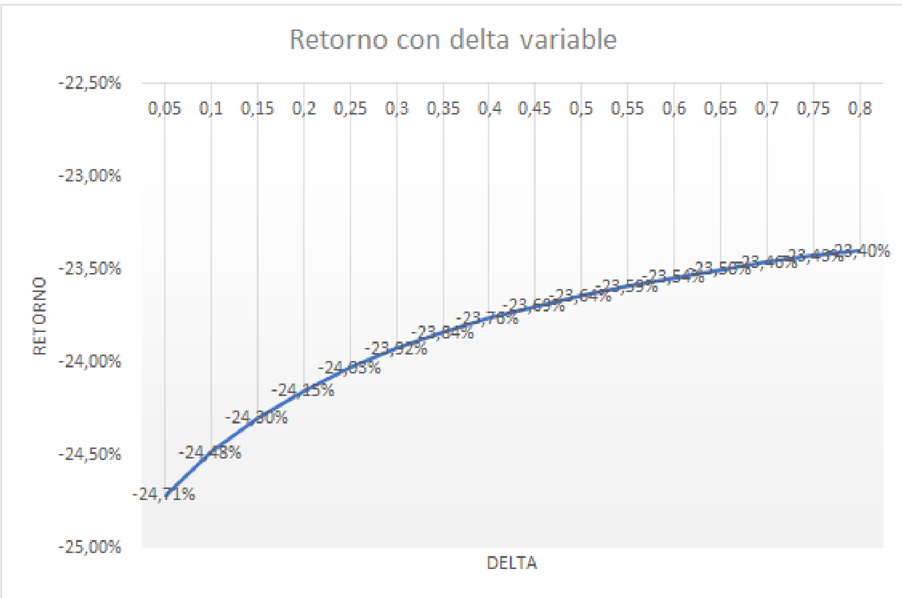


Figura 8: Retornos con delta variable y tau constante

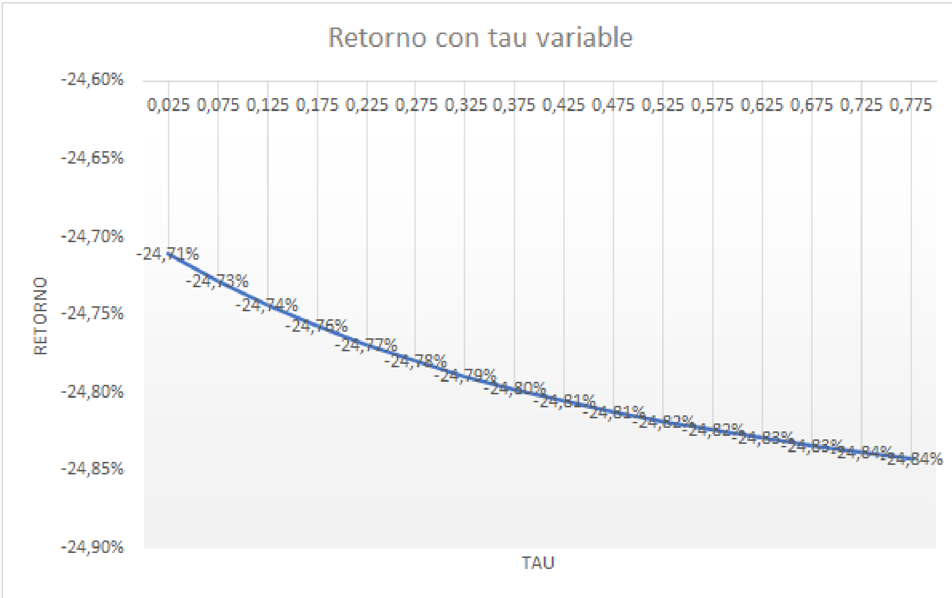


Figura 9: Retornos con tau variable y delta constante

Se puede observar que cuando $\tau$ está fijo y $\delta$ aumenta, el retorno aumenta, por otro lado, cuando $\delta$ está fijo y $\tau$ aumenta, el retorno disminuye.

# Conclusiones Generales

Resumiendo los resultados obtenidos:

| IPSA | Base | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| -14.78 % | -25.42 % | -15.96 % | -16.36 % | -16.71 % | -7.95 % |

Figura 10: Portafolios conformados en punto 4

| Base-BL | 1-BL | 2-BL | 3-BL | 4-BL |
|---|---|---|---|---|
| -24.71 % | -24.00 % | -24.08 % | -24.14 % | -22.43 % |

Figura 11: Portafolios conformados en punto 8, utilizando el modelo de Black Litterman

En el cual se consideró la corrección de distribución de activos conforme a las visiones arbitrarias de los activos:

| Portafolio Base | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| Distribución | 0,00 % | 0,00 % | 0,00 % | 0,00 % | 100,00 % |
| ↓ | | | | | ↓ |
| Distribución | 4,03 % | 0,00 % | 0,00 % | 0,00 % | 95,97 % |

Cuadro 15: Distribución portafolio Base aplicando el modelo de Black-Litterman

| Portafolio 1 | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| Distribución | 29,76 % | 0,83 % | 35,00 % | 16,96 % | 17,44 % |
| ↓ | | | | | ↓ |
| Distribución | 8,12 % | 0,00 % | 0,00 % | 0,00 % | 91,88 % |

Cuadro 16: Rentabilidad del portafolio 1 aplicando el modelo de Black-Litterman

| Portafolio 2 | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| Distribución | 26,56 % | 0,00 % | 42,63 % | 16,25 % | 14,56 % |
| ↓ | | | | | ↓ |
| Distribución | 7,64 % | 0,00 % | 0,00 % | 0,00 % | 92,36 % |

Cuadro 17: Rentabilidad del portafolio 2 aplicando el modelo de Black-Litterman

| Portafolio 3 | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| Distribución | 23,79 % | 0,00 % | 36,21 % | 18,58 % | 21,42 % |
| ↓ | | | | | ↓ |
| Distribución | 7,29 % | 0,00 % | 0,00 % | 0,00 % | 92,71 % |

Cuadro 18: Rentabilidad del portafolio 3 aplicando el modelo de Black-Litterman

| Portafolio 4 | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| Distribución | 100,00 % | 0,00 % | 0,00 % | 0,00 % | 0,00 % |
| ↓ | | | | | ↓ |
| Distribución | 17,11 % | 0,00 % | 0,00 % | 0,00 % | 82,89 % |

Cuadro 19: Rentabilidad del portafolio 4 aplicando el modelo de Black-Litterman

Al implementar el modelo de Black Litterman utilizando los activos y portafolios conformados, para las visiones particulares propuestas ( arbitrariamente ) se tiene que los portafolios son restringidos a una combinación con el activo A y el E, mientras que los demás quedan fuera del portafolio. Además, se tiene una gran concentración de los portafolios en el activo E, sobre 90 % en 4 casos y sobre el 80 % en el caso del portafolio 4 lo cual termina siendo contradictorio con la teoría de diversificación.

Ahora, considerando las visiones, se tiene que la acción B rentaría un 8 % por sobre su media, lo cual tampoco la hace muy atractiva puesto que su rentabilidad media obtenida es de por sí mucho mas baja que las demás, por tanto no generaría un gran cambio.

Luego, para la acción C se tendría un 20 % menor con respecto a su media que es 0.148 %, al ser de las acciones con menor rentabilidad media respecto a A,D y E, también le quita atractivo.

En cuanto a la acción D, que rentaría un 0.5 % menos que E, quedaría en una rentabilidad esperada negativa puesto que la rentabilidad de E fue de un 0.288 %.

Finalmente, como la acción A rentaría un 0.1 % por sobre las demás y la acción E tiene la mayor rentabilidad esperada, al incorporar estas visiones en los portafolios se está dando mayor importancia a las acciones A y E mientras que desincentiva la participación de los activos B, C y D del portafolio, esto es consistente con los resultados puesto que se componen exclusivamente en combinaciones de A y E.

Como las visiones fueron impuestas arbitrariamente, no tiene sentido emitir un juicio sobre si fueron adecuadas o no, pero si se puede apreciar que su efecto es consistente con la modificación de los portafolios realizados, considerando que establece un nuevo criterio de asignación de pesos de manera relativa entre los activos.

Conforme a los gráficos de variación de $\delta$ y $\tau$, aplicando al portafolio base el cual corresponde a invertir solo en el activo E, se tiene que este activo fue el con menor retorno mientras que el activo A fue el con mejor retorno de todos. Entonces al considerar que las visiones impuestas harían más atractivo al activo A, mientras mayor sea la influencia de estas en el portafolio mayor proporción se moverá hacia el activo A, de modo que aumentará la rentabilidad puesto que A rentó más que E.

Por lo tanto, una variación positiva en el parámetro $\delta$ le da mayor importancia a las visiones. por consiguiente aumentando la proporción en el activo A y en consecuencia aumentando la rentabilidad, en cambio una variación positiva en $\tau$ aumenta la proporción en el portafolio de mercado ( activo E ) por lo tanto rentará menos puesto que E rentó menos que A.