

# Teoría de Portafolio


## Usando R


Gabriel Cabrera

26 de julio de 2018

- 1 Descargando la librería IntroCompFinR
- 2 Utilizando IntroCompFinR
- 3 Portafolio de Mínima Varianza
- 4 Portafolio de mínima varianza sujeto a un retorno objetivo
- 5 Portafolio tangente
- 6 Frontera eficiente

# Información de Contacto

 gcabrerag@fen.uchile.cl

 gcabrerag.rbind.io

 @GaboC\_g

 @GaboCg

 Facultad de Economía & Negocios, Universidad de Chile

# Descargando la librería IntroCompFinR

# Librería IntroCompFinR

Para la teoría de portfolio vamos a utilizar la librería IntroCompFinR (**Intro** to **Computational Finance in R**) creado por el profesor Eric Zivot.

- 1 Debemos instalar primero las librerías que utiliza IntroCompFinR:

```
if(!require("pacman")) install.packages("pacman")  
p_load("PerformanceAnalytics", "quadprog", "xts")
```

- 2 Ya instaladas las dependencias, descargamos IntroCompFinR :

```
install.packages("IntroCompFinR", repos="http://R-Forge.R-project.org")
```

A veces debemos instalar (`install.packages()`) muchas librerías y luego cargarlas (`library()`), esto puede ser muy invasivo y genera líneas de código innecesarias, una solución es usar la librería **pacman** (**P**ackage **M**anagement)

Función Pacman	Paquete equivalente	Descripción
<code>p_load</code>	<code>install.packages + library</code>	Carga e instala los paquetes
<code>p_install</code>	<code>install.packages</code>	Instala paquetes desde CRAN
<code>p_load_gh</code>	ninguno	Carga e instala del github

Existen más opciones, pero no serán necesarias para la sesión. Con la función `p_load` agregan<sup>1</sup> todos las librerías que deseen, si las tienen las carga (`library()`), si no, las instala (`install.packages()`) y luego las carga.

<sup>1</sup>no va a funcionar si no escriben antes `if(!require("pacman")) install.packages("pacman")`

# Funciones útiles de IntroCompFinR

Funciones	Descripciones
getPortfolio	Crea un portafolio (objeto)
globalMin.portfolio	Computa el portafolio de mínima varianza
efficient.portfolio	Computa el portafolio de mínima varianza sujeto a un retorno
tangency.portfolio	Computa el portafolio tangente
efficient.frontier	Computa la frontera eficiente

# Utilizando IntroCompFinR



# Cargando la librería y la base de datos

Una vez la instalada la librería, procedemos a cargarla en conjunto con aquellas que utilizaremos en esta ayudantía:

```
if(!require("pacman")) install.packages("pacman")
p_load("IntroCompFinR", "readxl", "tidyverse")
```

Como ya está cargado readxl cargamos el archivo **stocks.xlsx**, que ya posee los retornos<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup>si quieren replicarlo vean los videos

## Portafolio con tres activos riesgosos

Considerando tres activos riesgosos (Starbucks, Nordstrom y Microsoft), definimos un vector columna 3x1 el que tendrá los retornos y los pesos:

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} R_a \\ R_b \\ R_c \end{pmatrix}, \mathbf{x} = \begin{pmatrix} x_a \\ x_b \\ x_c \end{pmatrix}$$

El vector de retornos esperados es:

$$E[\mathbf{R}] = E \left[ \begin{pmatrix} R_a \\ R_b \\ R_c \end{pmatrix} \right] = \begin{pmatrix} E[R_a] \\ E[R_b] \\ E[R_c] \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mu_a \\ \mu_b \\ \mu_c \end{pmatrix} = \mu$$

La matriz 3x3 de varianza y covarianza de los retornos es:

$$\text{var}[\mathbf{R}] = \begin{pmatrix} \sigma_a^2 & \sigma_{ab} & \sigma_{ac} \\ \sigma_{ab} & \sigma_b^2 & \sigma_{bc} \\ \sigma_{ac} & \sigma_{bc} & \sigma_c^2 \end{pmatrix} = \Sigma$$

Notar que la matriz de covarianza es simétrica ( $\Sigma = \Sigma'$ ).

Para construir las matrices anteriores en R:

```
# Promedio
mean <- apply(stocks[2:4], 2, function(x) mean(x))
# Desviación Estandar
sd    <- apply(stocks[2:4], 2, function(x) sd(x))
# Covarianza
cov   <- cov(stocks[2:4])
```

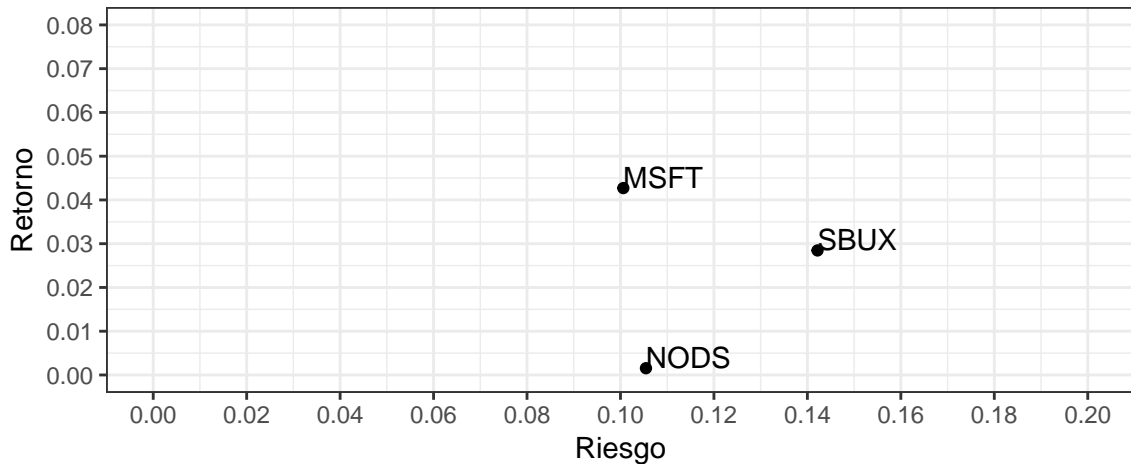
# Graficando Trade-off retorno-riesgo

A continuación graficamos el trade-off retorno riesgo de cada activo riesgoso:

```
# graficamos el trade-off riesgo-retorno
g1 <- ggplot(mapping = aes(sd, mean, label = c("NODS","SBUX","MSFT")) + geom_point()
g1 <- g1 + geom_text(hjust = 0, vjust = 0)
g1 <- g1 + scale_y_continuous(breaks = seq(0,0.2, by = 0.01),limits = c(0,0.08))
g1 <- g1 + scale_x_continuous(breaks = seq(0,0.2, by = 0.02),limits = c(0,0.2))
g1 <- g1 + theme_bw() + xlab("Riesgo") + ylab("Retorno")
g1 <- g1 + ggtitle("Trade-off Riesgo-Retorno",subtitle = "Tres activos riesgosos")
g1
```

# Trade-off Riesgo–Retorno

Tres activos riesgosos



# Construcción portafolio con pesos iguales

El retorno de un portafolio usando notación matricial es:

$$\mathbf{R}_{\mathbf{p},\mathbf{x}} = \mathbf{x}'\mathbf{R} = (x_a, x_b, x_c) \cdot \begin{pmatrix} R_a \\ R_b \\ R_c \end{pmatrix} = x_a R_a + x_b R_b + x_c R_c$$

La varianza del portafolio es:

$$\sigma_{\mathbf{p},\mathbf{x}}^2 = \text{var}(\mathbf{x}'\mathbf{R}) = \mathbf{x}'\Sigma\mathbf{x}' = (x_a, x_b, x_c) \begin{pmatrix} \sigma_a^2 & \sigma_{ab} & \sigma_{ac} \\ \sigma_{ab} & \sigma_b^2 & \sigma_{bc} \\ \sigma_{ac} & \sigma_{bc} & \sigma_c^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_a \\ x_b \\ x_c \end{pmatrix}$$

```
# construimos los pesos
```

```
weights <- rep(1,3)/3
```

```
# construimos el portfolio
```

```
getPortfolio(mean, cov, weights)
```

```
## Call:
```

```
## getPortfolio(er = mean, cov.mat = cov, weights = weights)
```

```
##
```

```
## Portfolio expected return:      0.02423925
```

```
## Portfolio standard deviation:  0.07651378
```

```
## Portfolio weights:
```

```
## Nordstrom Starbucks Microsoft
```

```
##    0.3333    0.3333    0.3333
```

## Portafolio de Mínima Varianza



# Calculando Portafolio de Mínima Varianza

El portafolio de mínima varianza  $\mathbf{m} = (m_a, m_b, m_c)'$  para tres activos puede ser resuelto:

$$\begin{aligned} \min_{m_a, m_b, m_c} \sigma_{p,m}^2 &= m_a^2 \sigma_a^2 + m_b^2 \sigma_b^2 + m_c^2 \sigma_c^2 + 2m_a m_b \sigma_{ab}^2 + 2m_a m_c \sigma_{ac}^2 + 2m_b m_c \sigma_{bc}^2 \\ \text{s.t. } m_a + m_b + m_c &= 1 \end{aligned}$$

Usando la manera matricial se puede expresar como:

$$\min_m \sigma_{p,m}^2 = \mathbf{m}' \Sigma \mathbf{m} \quad \text{s.t.} \quad \mathbf{m}' \mathbf{1} = 1$$

# Calculando Portafolio de Mínima Varianza Código

```
# construimos el objeto  
globalmin <- globalMin.portfolio(mean, cov, shorts = TRUE)
```

```
# vemos el objeto en la consola  
globalmin
```

```
## Call:  
## globalMin.portfolio(er = mean, cov.mat = cov, shorts = TRUE)  
##  
## Portfolio expected return:      0.02498393  
## Portfolio standard deviation:  0.0733025  
## Portfolio weights:  
## Nordstrom Starbucks Microsoft  
##    0.3636    0.1937    0.4427
```

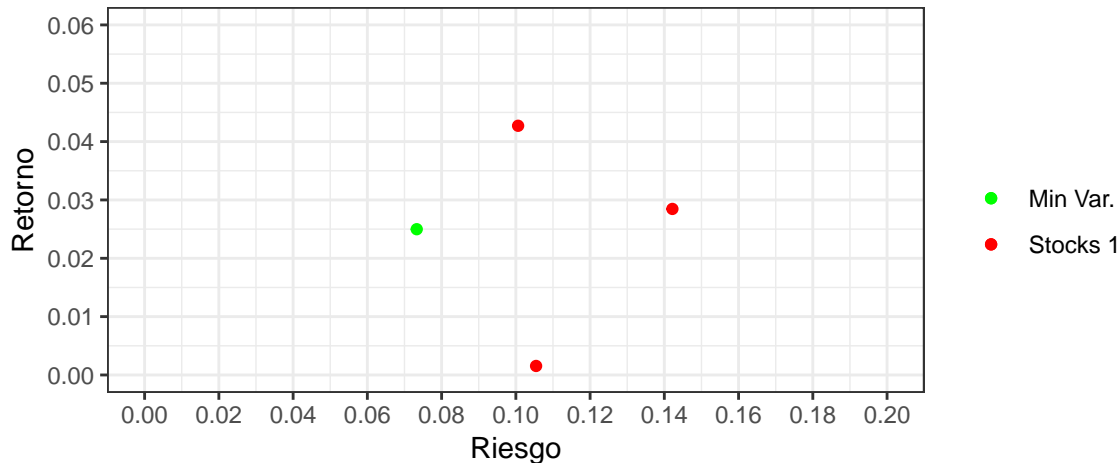
# Graficando Portafolio de Mínima Varianza

A continuación se grafica el portafolio de mínima varianza

```
g2 <- ggplot() + geom_point(mapping = aes(globalmin$sd, globalmin$er, color = "1"))
g2 <- g2 + geom_point(mapping = aes(sd, mean, color = "2"))
g2 <- g2 + scale_y_continuous(breaks = seq(0,0.2, by = 0.01),limits = c(0,0.06))
g2 <- g2 + scale_x_continuous(breaks = seq(0,0.2, by = 0.02),limits = c(0,0.2))
g2 <- g2 + scale_color_manual("", values = c("green", "red"), labels = c("Min Var.", "Stocks 1"))
g2 <- g2 + theme_bw() + xlab("Riesgo") + ylab("Retorno")
g2 <- g2 + ggtitle("Trade-off Riesgo-Retorno", subtitle = "Tres activos riesgosos & minima varianza")
g2
```

# Trade-off Riesgo–Retorno

Tres activos riesgosos & minima varianza



## Portfolio de minima varianza sujeto a un retorno objetivo

# Calculando portfolio de mínima varianza sujeto a un retorno objetivo

Sea  $\sigma_{p,0}^2$  el nivel de riesgo, el problema de maximización es acotado a:

$$\begin{aligned} \max_{\mathbf{x}} \mu_p &= \mathbf{x}'\boldsymbol{\mu} \\ \text{s.t. } \sigma_p^2 &= \mathbf{x}'\boldsymbol{\Sigma}\mathbf{x} = \sigma_{p,0}^2 \quad y \quad \mathbf{x}'\mathbf{1} = 1 \end{aligned}$$

El problema dual para la minimización:

$$\begin{aligned} \min_{\mathbf{x}} \sigma_{p,x}^2 &= \mathbf{x}'\boldsymbol{\Sigma}\mathbf{x} \\ \text{s.t. } \mu_p &= \mathbf{x}'\boldsymbol{\mu} = \mu_{p,0} \quad y \quad \mathbf{x}'\mathbf{1} = 1 \end{aligned}$$

```
# retorno igual a Nordstrom
port.nods <- efficient.portfolio(mean, cov, mean[1], shorts = TRUE)

# retorno igual a Starbucks
port.sbox <- efficient.portfolio(mean, cov, mean[2], shorts = TRUE)

# retorno igual a Microsoft
port.msft <- efficient.portfolio(mean, cov, mean[3], shorts = TRUE)

# construimos objeto con los retornos y desviaciones estandar
mean.2 <- c(port.nods$er, port.sbox$er, port.msft$er)
sd.2 <- c(port.nods$sd, port.sbox$sd, port.msft$sd)
```

# Graficando Portafolio de Mínima Varianza sujeto a un retorno objetivo

A continuación se grafican los portafolios eficientes

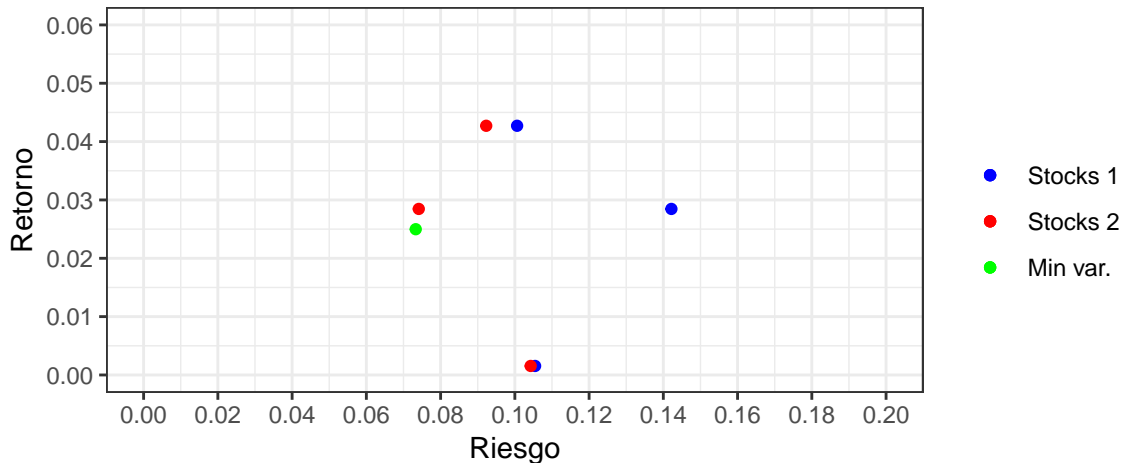
```
g3 <- ggplot() + geom_point(mapping = aes(sd, mean, color = "1"))
g3 <- g3 + geom_point(mapping = aes(sd.2, mean.2, color = "2"))
g3 <- g3 + geom_point(mapping = aes(globalmin$sd, globalmin$er, color = "3"))
g3 <- g3 + scale_y_continuous(breaks = seq(0,0.2, by = 0.01),limits = c(0,0.06))
g3 <- g3 + scale_x_continuous(breaks = seq(0,0.2, by = 0.02),limits = c(0,0.2))
g3 <- g3 + scale_color_manual("", values = c("blue", "red", "green"), labels = c("Stocks 1",
                                                                              "Stocks 2",
                                                                              "Min var."))

g3 <- g3 + theme_bw() + xlab("Riesgo") + ylab("Retorno")
g3 <- g3 + ggtitle("Trade-off Riesgo-Retorno", subtitle = "Tres activos riesgosos & minima varianza")
g3
```



# Trade-off Riesgo–Retorno

Tres activos riesgosos & minima varianza



# Portafolio tangente

# Cálculo Portafolio tangente

El portafolio tangente es el portafolio de activos riesgosos que tiene el mayor ratio de sharpe. El portafolio tangente (pesos), denominado  $\mathbf{t} = (t_{aapl}, t_{msft}, t_{nvda})'$  resuelve:

$$\begin{aligned} \max_{\mathbf{t}} \quad & \frac{\mathbf{t}'\boldsymbol{\mu} - r_f}{(\mathbf{t}'\boldsymbol{\Sigma}\mathbf{t})^{1/2}} = \frac{\mu_{p,t} - r_f}{\sigma_{p,t}} \\ \text{s.t.} \quad & \mathbf{t}'\mathbf{1} = 1 \end{aligned}$$

resolviendo:

$$\mathbf{t} = \frac{\boldsymbol{\Sigma}^{-1}(\boldsymbol{\mu} - r_f \cdot \mathbf{1})}{\mathbf{1}'\boldsymbol{\Sigma}^{-1}(\boldsymbol{\mu} - r_f \cdot \mathbf{1})}$$

El caso usual es cuando el ratio de sharpe es positivo,  $\mu_{p,m} > r_f$ .

Fijamos una tasa libre de riesgo

```
# Tasa libre de riesgo  
risk_free <- 0.005
```

Procedemos a calcular el portafolio tangente:

```
# Portafolio tangente  
port.tang <- tangency.portfolio(mean, cov, risk_free, shorts = TRUE)
```

Finalmente el ratio de sharpe:

```
#sharpe ratio  
sharpe.ratio <- (port.tang$er - risk_free)/port.tang$sd
```

# Graficando calculo portafolio tangente

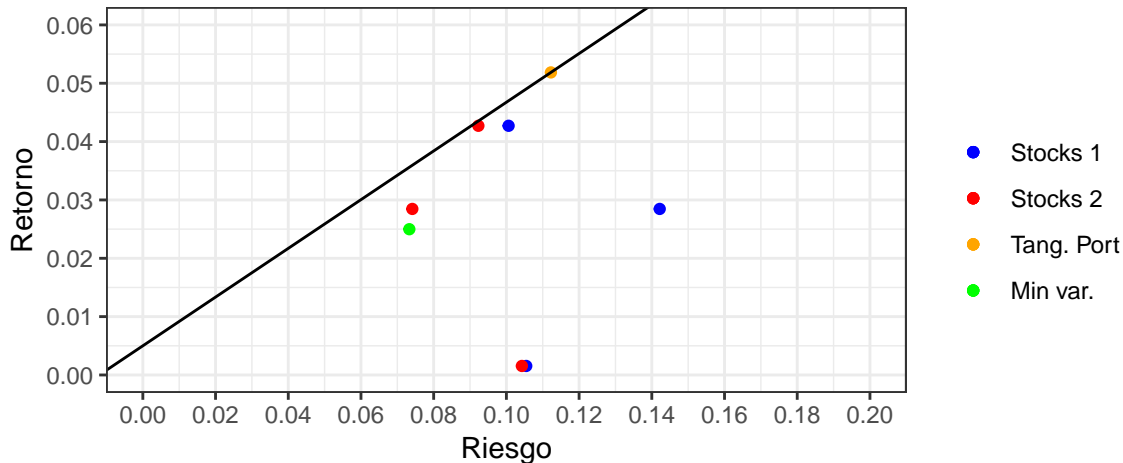
A continuación se grafica el portafolio eficiente:

```
g4 <- ggplot() + geom_point(mapping = aes(sd, mean, color = "1"))
g4 <- g4 + geom_point(mapping = aes(sd.2, mean.2, color = "2"))
g4 <- g4 + geom_point(mapping = aes(port.tang$sd, port.tang$er, color = "3"))
g4 <- g4 + geom_point(mapping = aes(globalmin$sd, globalmin$er, color = "4"))
g4 <- g4 + geom_abline(intercept = risk_free, slope = sharpe.ratio)
g4 <- g4 + scale_y_continuous(breaks = seq(0,0.2, by = 0.01),limits = c(0,0.06))
g3 <- g4 + scale_x_continuous(breaks = seq(0,0.2, by = 0.02),limits = c(0,0.2))
g4 <- g4 + scale_color_manual("", values = c("blue", "red", "orange", "green"),labels = c("Stocks 1",
                                                                                      "Stocks 2",
                                                                                      "Tang. Port",
                                                                                      "Min var.))")

g4 <- g4 + theme_bw() + xlab("Riesgo") + ylab("Retorno")
g4 <- g4 + ggtitle("Trade-off Riesgo-Retorno", subtitle = "Tres activos riesgosos & minima varianza")
g4
```

# Trade-off Riesgo–Retorno

Tres activos riesgosos & minima varianza



# Frontera eficiente

# Construcción frontera eficiente

Para formar la frontera eficiente (punto) se necesita encontrar dos portafolios eficientes (realizado anteriormente). Sea  $\mathbf{x} = (x_a, x_b, x_c)'$  e  $\mathbf{y} = (y_a, y_b, y_c)'$  con retornos esperados distintos (*target*)  $\mathbf{x}'\boldsymbol{\mu} = \mu_{p,0} \neq \mathbf{y}'\boldsymbol{\mu} = \mu_{p,1}$ , donde  $\mathbf{x}$  resuelve:

$$\begin{aligned} \min_{\mathbf{x}} \sigma_{p,x}^2 &= \mathbf{x}'\boldsymbol{\Sigma}\mathbf{x} \\ \text{s.t. } \mu_p &= \mathbf{x}'\boldsymbol{\mu} = \mu_{p,0} \quad y \quad \mathbf{x}'\mathbf{1} = 1 \end{aligned}$$

y el portafolio  $\mathbf{y}$ :

$$\begin{aligned} \min_{\mathbf{y}} \sigma_{p,y}^2 &= \mathbf{y}'\boldsymbol{\Sigma}\mathbf{y} \\ \text{s.t. } \mu_p &= \mathbf{y}'\boldsymbol{\mu} = \mu_{p,1} \quad y \quad \mathbf{y}'\mathbf{1} = 1 \end{aligned}$$



Sea  $\alpha$  cualquier constante y definiendo el portafolio  $\mathbf{z}$  como una combinación lineal de portafolios  $\mathbf{x}$  e  $\mathbf{y}$ .

$$\begin{aligned}\mathbf{z} &= \alpha \cdot \mathbf{x} + (1 - \alpha) \cdot \mathbf{y} \\ &= \begin{pmatrix} \alpha x_a + (1 - \alpha)y_a \\ \alpha x_b + (1 - \alpha)y_b \\ \alpha x_c + (1 - \alpha)y_c \end{pmatrix}\end{aligned}$$

Entonces:

- 1 El portafolio  $\mathbf{z}$  es un portafolio de mínima varianza con retorno esperado y varianza dado por:

$$\begin{aligned}\mu_{p,z} &= \mathbf{z}'\boldsymbol{\mu} = \alpha \cdot \mu_{p,x} + (1 - \alpha) \cdot \mu_{p,y} \\ \sigma_{p,z}^2 &= \mathbf{z}'\boldsymbol{\Sigma}\mathbf{z} = \alpha^2\sigma_{p,x}^2 + (1 - \alpha)^2\sigma_{p,y}^2 + 2\alpha(1 - \alpha)\sigma_{xy}\end{aligned}$$

donde

$$\sigma_{p,x}^2 = \mathbf{z}'\boldsymbol{\Sigma}\mathbf{z}, \sigma_{p,y}^2 = \mathbf{y}'\boldsymbol{\Sigma}\mathbf{y}, \sigma_{xy} = \mathbf{x}'\boldsymbol{\Sigma}\mathbf{y}$$

- 2 Si  $\mu_{p,z} \geq \mu_{p,m}$  donde  $\mu_{p,m}$  es el retorno esperado del portafolio de mínima varianza, entonces el portafolio  $\mathbf{z}$  es un portafolio eficiente

```
eff.front.short <- efficient.frontier(mean, cov, nport = 25, alpha.min = -2,
                                     alpha.max = 1.5, shorts = TRUE)
eff.front.short
```

```
## Call:
## efficient.frontier(er = mean, cov.mat = cov, nport = 25, alpha.min = -2,
##     alpha.max = 1.5, shorts = TRUE)
##
## Frontier portfolios' expected returns and standard deviations
##   port 1 port 2 port 3 port 4 port 5 port 6 port 7 port 8 port 9 port 10
## ER 0.0782 0.0756 0.0730 0.0704 0.0678 0.0652 0.0627 0.0601 0.0575 0.0549
## SD 0.1835 0.1760 0.1686 0.1613 0.1541 0.1469 0.1399 0.1330 0.1263 0.1197
##   port 11 port 12 port 13 port 14 port 15 port 16 port 17 port 18 port 19
## ER 0.0523 0.0497 0.0471 0.0446 0.0420 0.0394 0.0368 0.0342 0.0316
## SD 0.1133 0.1072 0.1014 0.0960 0.0909 0.0863 0.0823 0.0789 0.0763
##   port 20 port 21 port 22 port 23 port 24 port 25
## ER 0.0290 0.0265 0.0239 0.0213 0.0187 0.0161
## SD 0.0744 0.0735 0.0734 0.0742 0.0759 0.0785
```

# Gráficando frontera eficiente

```

g5 <- ggplot() + geom_point(mapping = aes(eff.front.short$sd, eff.front.short$er, color = "1"))
g5 <- g5 + geom_point(mapping = aes(sd, mean, color = "2"))
g5 <- g5 + geom_point(mapping = aes(sd.2, mean.2, color = "3"))
g5 <- g5 + geom_point(mapping = aes(port.tang$sd, port.tang$er, color = "4"))
g5 <- g5 + geom_point(mapping = aes(globalmin$sd, globalmin$er, color = "5"))
g5 <- g5 + geom_abline(intercept = risk_free, slope = sharpe.ratio)
g5 <- g5 + scale_y_continuous(breaks = seq(0,0.2, by = 0.01), limits = c(0,0.08))
g5 <- g5 + scale_x_continuous(breaks = seq(0,0.2, by = 0.02), limits = c(0,0.2))
g5 <- g5 + scale_color_manual("", values = c("black","blue", "red", "orange", "green"),
                                labels = c("Frontera", "Stocks 1", "Stocks 2", "Tang. Port", "Min var.))

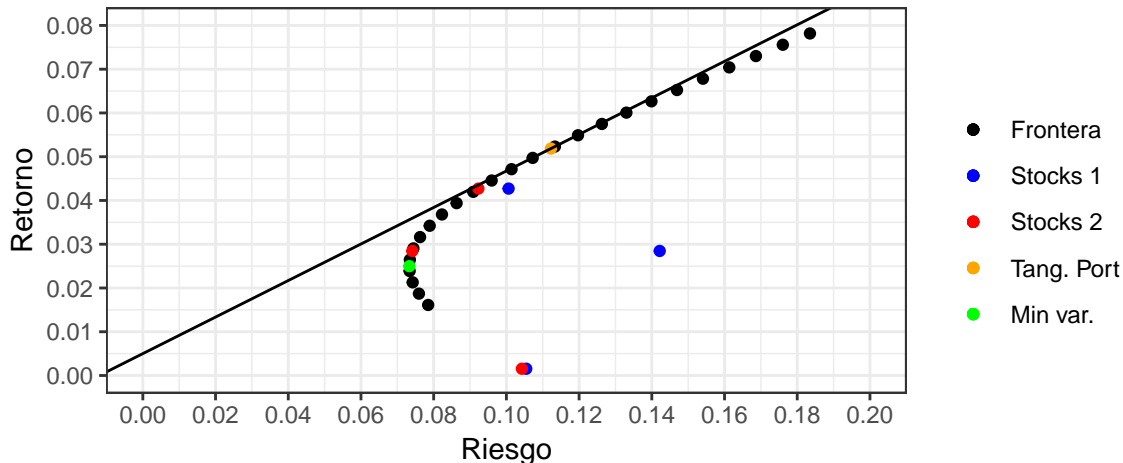
g5 <- g5 + theme_bw() + xlab("Riesgo") + ylab("Retorno")
g5 <- g5 + ggtitle("Trade-off Riesgo-Retorno", subtitle = "Tres activos riesgosos & minima varianza")
g5

```

A continuación se grafican la frontera eficiente con venta corta

## Trade-off Riesgo–Retorno

Tres activos riesgosos & minima varianza



# Apunte del curso

Este semestre para complementar su camino en aprender R es que podran acceder a un apunte en construcción:

- Apunte curso Finanzas I: <https://finance-r.netlify.com/>