

## **Planeamiento Estratégico Dinámico**

---

### **El Modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model- Modelo de Precio de Títulos Financieros)**

---

Planeamiento Estratégico Dinámico  
Massachusetts Institute of Technology

Richard de Neufville, Joel Clark, y Frank R. Field  
El Modelo CAPM      Transparencia 1 de 35

## **VPN Depende de la Tendencia en la Tasa de Descuento**

---

- VPN discutido anteriormente y el valor del tiempo
- Selección de la tasa de descuento afecta decisiones
- Promedio Ponderado del Costo de Capital (PPCC) puede ser conveniente para proyectos medios
- **¿Qué tasa de descuento se aplica a proyectos especiales?**

---

Planeamiento Estratégico Dinámico  
Massachusetts Institute of Technology

Richard de Neufville, Joel Clark, y Frank R. Field  
El Modelo CAPM      Transparencia 2 de 35

## **CAPM: Una Base para Incorporar Riesgo en las Tasas de Descuento**

---

- **Elaboración del Modelo CAPM**
  - Supuestos sobre la percepción de riesgo del inversor
  - Características de riesgo y sus componentes
  - Principio de diversificación
  - Beta: una medida formal de riesgo
  - La relación entre riesgo y retorno esperado en el modelo CAPM
  - La “Security Market Line” (Línea de Mercado de Títulos) y retorno esperado para inversiones
- **El uso de los principios del modelo CAPM para la evaluación de proyectos**
- **Comparación de teoría de utilidad y CAPM**

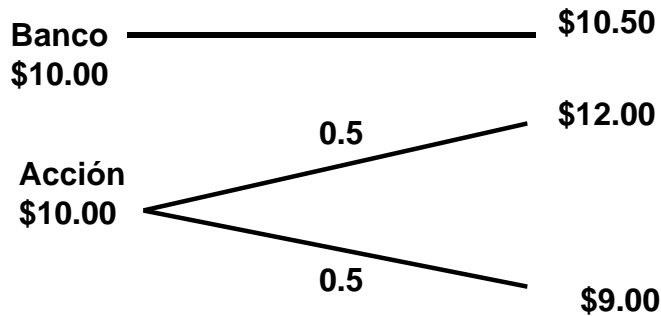
## **Motivación para CAPM: Inversores Prefieren Menos Riesgo**

---

- **Considere dos inversiones**
  - Depositar \$10 en una cuenta bancaria de ahorro con un retorno anual de 5%
  - Comprar un acci6n bursátil por \$10 con 50%-50% de probabilidad de poder venderla en \$12 o \$9 un año más tarde
- **¿Cuál es más atractivo para inversores aversos al riesgo?**
  - Retorno Esperado para cuenta de ahorro= 5%
  - Retorno Esperado para acci6n =  $(0.5*(12+ 9) -10)/10*100\%= 5\%$
- **Para el mismo retorno, inversores prefieren la cuenta de ahorro, que es menos riesgosa**

## Motivación para CAPM (cont)

- ¿Qué pasa si la acción tiene 75% de probabilidad de venderse en \$12?



## ¿Como Ven los Inversores Riesgo y Retorno?

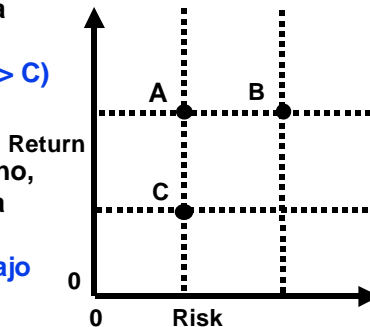
- Dos observaciones claves sobre preferencias

- No satisfacción

– Para un nivel de riesgo, la alternativa preferida es aquella con el **retorno esperado más alto** ( $A > C$ )

- Aversión al Riesgo

– Para un nivel de retorno, la alternativa preferida es aquella con el **nivel de riesgo más bajo** ( $A > B$ )



## Medidas de Riesgo: Una Observación Empírica

- Inversores buscan compensación por variabilidad

Security	Expected Return %	Variability: Standard Deviation of Expected Returns (%)
Risk free	5	0
U.S Treasuries	7.7	3.3
Fixed Income	9.0	9.0
Domestic Equity	12.7	18.5
International Equity	12.9	19.4
Real Estate	12.9	16.9
Venture Capital	18.6	33.0

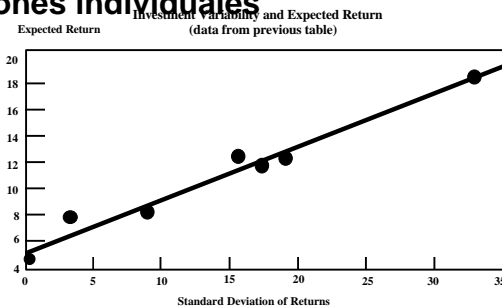
- Tasa sin riesgo definida como retorno esperado si no hay variabilidad
- Títulos con mayor variabilidad típicamente reflejan una prima en el retorno esperado
- Correlación entre variabilidad en el retorno y retorno esperado

Planeamiento Estratégico Dinámico  
Massachusetts Institute of Technology

Richard de Neufville, Joel Clark, y Frank R. Field  
El Modelo CAPM  
Transparencia 7 de 35

## Relación entre Variabilidad y Retorno Esperado

- Una tendencia hacia arriba
- Argumento basado en el desempeño agregado de grupos
- Las expectativas de CAPM models expectations para inversiones individuales



Planeamiento Estratégico Dinámico  
Massachusetts Institute of Technology

Richard de Neufville, Joel Clark, y Frank R. Field  
El Modelo CAPM  
Transparencia 8 de 35

## Componentes de Riesgo

---

- Finanzas divide riesgo (desviación estándar) en dos partes
- **Riesgo de Mercado** (sistemático, no diversificable)
  - Inversiones tienden a variar en conjunto con mercados externos
  - Bajas en el mercado bursátil y el precio de Microsoft pueden estar correlacionados
- **Riesgo Unico** (idiosincrático, diversificable)
  - Inversiones tienen características únicas que afectan el retorno
  - Precio de Microsoft puede aumentar a pesar de una baja en el mercado bursátil

## Componentes de Riesgo (cont)

---

- Diversificar a través de un portafolio de varias inversiones
- ¿Qué compensación deben esperar los inversores para cada tipo?

## Rol de la Diversificación

---

- Riesgos únicos son reducidos a través de un portafolio de inversiones
- Ejemplo: Dos Acciones
  - A: Retorno Esperado = 20%,  
Desviación Estándar de Retorno esperado = 20%
  - B: Retorno Esperado = 20%  
Desviación Estándar de Retorno esperado = 20%
- ¿Qué pasa con un portafolio con montos iguales de A y B?
  - Retorno esperado =  $0.5 \cdot 20\% + 0.5 \cdot 20\% = 20\%$
  - ¿Desviación Estándar ?

## Desviación Estándar de un Portafolio

---

- Desviación Estándar de un Portafolio **no** es un promedio ponderado
- Desviación Estándar de un Portafolio
$$\sigma_p = \sqrt{\sum_i \sum_j x_i x_j \sigma_i \sigma_j \rho_{ij}}$$
para un portafolio de N inversiones, con
  - $i = 1$  a  $N$ ,  $j = 1$  a  $N$
  - $x_i, x_j$  = Valor del componente de las inversiones i y j en el portafolio
  - $\sigma_i, \sigma_j$  = Desviación Estándar de las inversiones i y j
  - $\rho_{ij}$  = Correlación entre inversiones i y j,  
 $\rho_{i,i}, \rho_{j,j} = 1.0$

## Ejemplo: desviación estándar para un Portafolio de 2 Acciones

- Invertir montos iguales en las dos acciones

—Para ambos A & B: Retorno Esperado = 20%,  
Desviación Estándar = 20%

$$\sigma_p = \sqrt{(0.5)(0.5)(0.2)(0.2)(1) + (0.5)(0.5)(0.2)(0.2)(1) + (2)(0.5)(0.5)(0.2)(0.2)\rho_{a1b}}$$

- Desviación estándar del portafolio depende de la correlación de A, B

Correlation Between A & B	Portfolio Standard Deviation	Portfolio Expected Return
1	20.0%	20%
0.5	17.3%	20%
0	14.1	20%
-1	0.0%	20%

## Ejemplo: Desviación estándar para un Portafolio de 2 Acciones (cont)

- La mayoría de las inversiones no están perfectamente correlacionadas (correlación < 1)
- Un portafolio lleva a una reducción de riesgo
- Con correlación negativa, se puede eliminar todo riesgo

## Generalización para Portafolio con Varias Acciones

---

- **Fórmula general para desviación estándar de retornos de portafolios**

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_i \sum_j x_i x_j \sigma_i \sigma_j \rho_{ij}} = \sqrt{\text{Varianza de portafolio}}$$

- **Para un portafolio con N acciones en proporciones iguales ( $x_i = x_j = 1/N$ )**

— N términos de varianzas ponderadas,  $i = j \rightarrow \sigma_i^2$

—  $(N^2 - N)$  términos de covarianzas ponderadas,  
 $i \neq j \rightarrow \sigma_i \sigma_j \rho_{ij}$

- **$\text{Var}(P) = N \cdot (1/N)^2 \cdot \text{Varianza Promedio} + (N^2 - N) \cdot (1/N)^2 \cdot \text{Covarianza Promedio}$**
- **$\text{Var}(P) = (1/N) \cdot \text{Varianza Promedio} + (1 - (1/N)) \cdot \text{Covarianza Promedio}$**

## Generalización para Portafolio con Varias Acciones (cont)

---

$$\sigma_p = \sqrt{(1/N) \cdot \text{Varianza Promedio} + (1 - (1/N)) \cdot \text{Covarianza Promedio}}$$

- **Para grandes N,  $1/N \Rightarrow 0$** 
  - Término de Varianza Promedio asociado con riesgo único se convierte en irrelevante
  - Término de Covarianza Promedio asociado con riesgo de mercado es relevante



## **Definición de una Medida Formal de Riesgo**

---

- **Inversores esperan compensación por riesgo sistemático (de mercado)**
- **Desviación estándar de los retornos refleja riesgos de mercado y únicos**
- **Se necesita un mecanismo para extraer el componente de riesgo de mercado**
- **Un punto de referencia: el portafolio de mercado**
  - El conjunto completo de títulos disponibles
  - $r_m$  = Retorno esperado para portafolio de mercado
  - $\sigma_m$  = Desviación estándar de retornos esperados de portafolio de mercado
- **Beta: índice de riesgo de la inversión en relación con el portafolio de mercado**  $\beta_i = \rho_{i,m} \sigma_i / \sigma_m$

## **¿Qué Implica el Beta?**

---

- **Por definición, el portafolio de mercado tiene un beta = 1.0**
- **Beta describe la variabilidad relativa de retornos de inversiones**
  - Se concentra en el componente de correlación (sistemática) de los retornos
  - Una inversión que amplifica movimientos en el portafolio de mercado tiene un beta > 1
  - Una inversión que amortigua movimientos en el portafolio de mercado tiene un beta < 1

## **¿Qué Implica el Beta? (cont)**

---

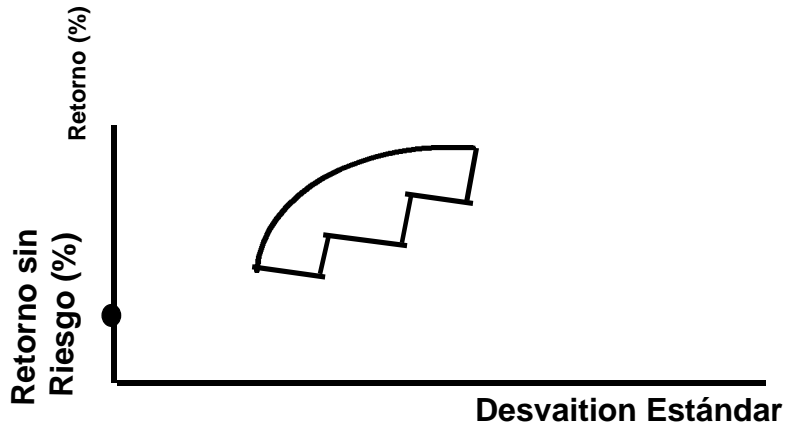
- **Beta es una medida del componente de riesgo de mercado de una inversión**
  - Los inversores esperan retornos más altos para un mayor riesgo de mercado
  - Los inversores deben esperar mayores retornos para inversiones con betas más altos
- **Puede ser calculado para inversiones individuales o portafolios**
- **Beta de portafolio es el promedio ponderado de betas individuales**

## **Portafolios de Inversión y la Frontera Eficiente**

---

- **Ejemplo de dos acciones demuestra el rol de diversificación**
- **Combinaciones de varios títulos financieros resultan en el óptimo**
  - Retorno máximo para un nivel dado de riesgo
  - Riesgo mínimo para un nivel dado de retorno
  - No supone préstamos
- **Combinaciones sub-óptimas están debajo o a la derecha de la frontera**

## Portafolios de Inversión y la Frontera Eficiente (cont)



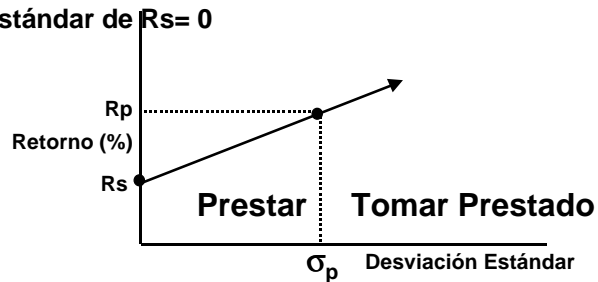
Planeamiento Estratégico Dinámico  
Massachusetts Institute of Technology

Richard de Neufville, Joel Clark, y Frank R. Field  
El Modelo CAPM Transparencia 21 de 35

## Combinación de Inversiones con y sin Riesgo

- Para cualquier combinación de inversiones con y sin riesgo

- El inversor puede mezclar inversiones en portafolios y en inversiones sin riesgo para alcanzar el retorno deseado
- Retorno esperado es el promedio ponderado del retorno sin riesgo ( $R_s$ ) y el retorno del portafolio ( $R_p$ )
- Desviación estándar de  $R_s = 0$
- $\sigma_{mix} = X_p \sigma_p$

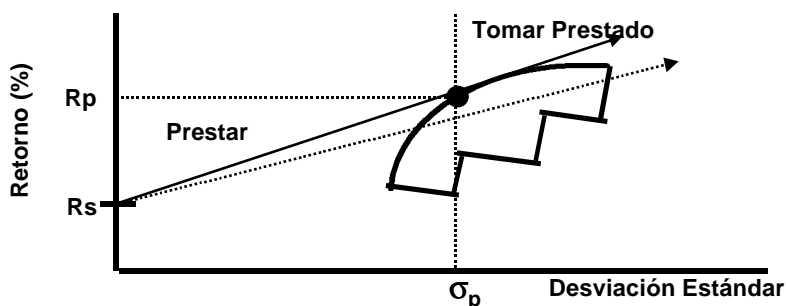


Planeamiento Estratégico Dinámico  
Massachusetts Institute of Technology

Richard de Neufville, Joel Clark, y Frank R. Field  
El Modelo CAPM Transparencia 22 de 35

## CAPM: Seleccionar el Portafolio que Máximize los Retornos para Riesgo

- Un número infinito de portafolios, incluyendo en la frontera eficiente
- Puntos tangentes determinan el óptimo
- CAPM muestra los retornos esperados para combinaciones de inversión

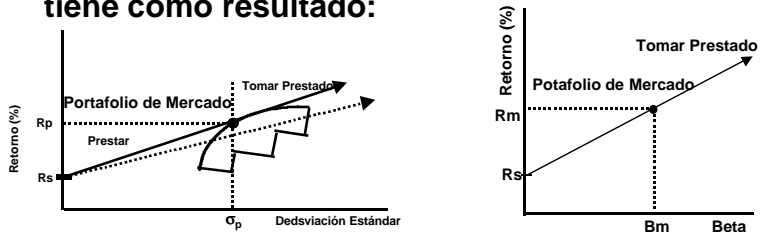


Planeamiento Estratégico Dinámico  
Massachusetts Institute of Technology

Richard de Neufville, Joel Clark, y Frank R. Field  
El Modelo CAPM  
Transparencia 23 de 35

## Determinar Retornos Esperados para Inversiones Individuales

- CAPM se concentra en modelar retornos esperados máximos
- Beta indica riesgo de una inversión individual en relación al portafolio de mercado
- Potafolio de mercado es punto tangente en CAPM
- Relación entre beta y retorno esperado individual tiene como resultado:



Planeamiento Estratégico Dinámico  
Massachusetts Institute of Technology

Richard de Neufville, Joel Clark, y Frank R. Field  
El Modelo CAPM  
Transparencia 24 de 35

## ¿Cómo se Relacionan el Retorno Esperado y Beta?

- La “Security Market Line” (SML)

- $R_p = R_s + B_p \cdot (R_m - R_s)$

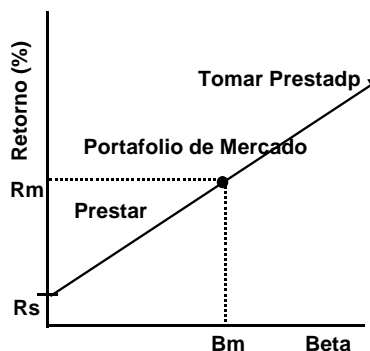
- $R_m - R_s$  es el premium de riesgo de mercado

- $B_p$  es el beta del portafolio o de la inversión deseada

- Para el portafolio de mercado,  $B_m = B_p = 1$

- Retorno esperado total es  $R_m$

- Para otras inversiones, retorno esperado es proporcional a  $B_p$

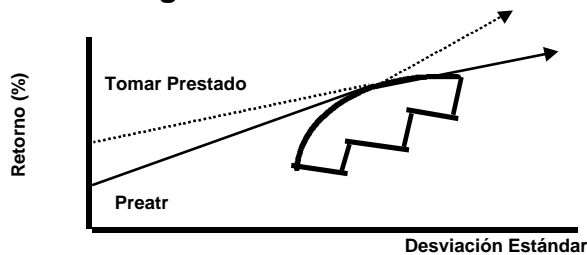


Planeamiento Estratégico Dinámico  
Massachusetts Institute of Technology

Richard de Neufville, Joel Clark, y Frank R. Field  
El Modelo CAPM  
Transparencia 25 de 35

## Diferencias en las Tasas Activas y Pasivas (para Prestar y Tomar Prestado)

- No es común tener las mismas tasas pasivas y activas
- Tasa sin riesgo no está generalmente disponible para inversores pequeños
- Pequeños ajustes al modelos, ilustrados abajo
- Punto de tangencia cambia



Planeamiento Estratégico Dinámico  
Massachusetts Institute of Technology

Richard de Neufville, Joel Clark, y Frank R. Field  
El Modelo CAPM  
Transparencia 26 de 35

## Implementación del CAPM: De la Teoría a la Evaluación de Proyectos

---

- **CAPM: Relación entre riesgo de mercado y retorno esperado**
  - Inversiones tienen componentes de riesgo de mercado y de riesgo único
  - Riesgo de mercado tiene un premium sobre la tasa sin riesgo
  - Riesgo único es manejado (eliminado) a través de la diversificación
- **Tasa de descuento del proyecto tiene que ser basada en el beta del proyecto**
  - Inversores pueden eliminar riesgos únicos del proyecto
  - Ajuste aparente si el proyecto es copia fiel de la empresa (McDonald's #10,001)
  - PPCC se aplica

## Implementación del CAPM: De la Teoría a la Evaluación de Proyectos (cont)

---

- **Ajustes “adecuados” no son triviales en la mayoría de los proyectos**
  - Considerar experiencias pasadas
  - Examinar retornos en industrias comparables
  - Detallar aspectos únicos del proyecto específico
  - Aplicar información para hacer ajustes a la tasa de descuento

## Una Regla General para Gerentes

---

- Teoría de Portafolio introduce una regla simple para gerentes:
- Utilizar tasas de descuentos ajustadas por el riesgo para el cálculo de VPN de los proyectos,
- Aceptar todos los proyectos con VPN positivo para maximizar valor
  - Accionistas son capaces de diversificar riesgos únicos invirtiendo en varios títulos financieros
  - Un VPN positivo significa que inversores esperan ser compensados por el riesgo de mercado en los proyectos
  - Si los proyectos son adecuadamente valorizados, la riqueza de los accionistas es maximizada

## Limitaciones y Conflictos en la Práctica

---

- Estimar beta de proyecto no es trivial
- Restricciones de presupuesto crea conflictos con la regla de VPN positivo
- Empleados no se preocupan de riesgos únicos del proyecto
  - Carrera puede ser afectada negativamente por malos resultados
  - No siempre hay la posibilidad de diversificar (limitación a pocos proyectos)
  - Tema puede ser resuelto a través de incentivos adecuados
- Confianza en resultados pasados para dictar opciones futuras

## Limitaciones y Conflictos en la Práctica (cont)

---

- **Individuos y empresas comúnmente actúan como amantes del riesgo**
  - “Entrepreneurs”
  - DEC y el Chip Alpha
  - Algunas veces, la única opción es apostar la empresa

## ¿Cómo se compara Teoría de Utilidad con CAPM?

---

- **Utilidad**
  - Aplica una sólo tasa de descuento para valor del tiempo
  - Ajusta para las preferencias de la persona encargada de la toma de decisión
  - Utilidad va de abajo a arriba, y se concentra en la preferencias individuales
- **CAPM**
  - Ajusta la tasa de descuento para incorporar la aversión de los inversores al riesgo de mercado
  - No hace ajustes para las preferencias de riesgo de la persona encargada de la toma de decisión
  - Va de arriba a abajo, perspectivas agregadas



## ¿Cómo se compara Teoría de Utilidad con CAPM? (cont)

---

- **Utilidad y CAPM**

- Ambas buscan evaluar oportunidades riesgosas, incorporando aversión al riesgo
- Bajo las circunstancias adecuadas, deben llevar al mismo resultado
- “No hay doble contabilidad”

## Resumén

---

- **CAPM introduce una base para hacer ajustes a la tasa de descuento por riesgo**
  - Modela retorno esperado máximo para niveles de riesgo
  - Se basa en observaciones de mercados financieros
- **Riesgos únicos pueden ser diversificados**
- **Inversores esperan compensación por riesgo de mercado**
- **Desviación estándar de retornos refleja tanto riesgo de mercado como riesgo único**
- **Beta introduce índice del componente de mercado en el riesgo de la inversión**

## Resumen (cont)

---

- La “Security Market Line” relaciona retorno esperado a beta  
— $R_p = R_s + B_p^*(R_m - R_s)$
- Pasar de la teoría a la práctica puede ser problemático