

# Cálculo y Análisis de Betas para el Modelo CAPM

**Gloria Inés Macías Villalba**

En el modelo CAPM, la rentabilidad esperada de una acción está en función de la rentabilidad de un activo libre de riesgo y la prima por tener que enfrentar el riesgo de mercado. Según los teóricos en finanzas, el inversionista no puede disminuir este riesgo debido a que está determinado por factores externos a la empresa emisora. Se podría decir que actúa como un riesgo sistemático en la inversión. Este riesgo de mercado se mide a través del beta que participa como un factor proporcional al multiplicarse por la diferencia entre el rendimiento del mercado y el activo libre de riesgo.

Si la medida de beta ofrece un parámetro que permite calcular la prima por el riesgo que se asume y que no es diversificable, la rentabilidad esperada de la acción para un determinado periodo está dada por tres aspectos importantes: el beta que mide el riesgo, el activo libre de riesgo como punto de partida y la rentabilidad del mercado como comparativo.



El activo libre de riesgo es un elemento que depende del medio donde se aplique el modelo CAPM. En Estados Unidos, por ejemplo, se utiliza como activo libre de riesgo la tasa que pagan los bonos del tesoro. Para el caso colombiano hablar de activo libre de riesgo es bastante comprometedor debido a que no es posible encontrar inversiones completamente exentas de riesgo, aún las inversiones en renta fija. Sin embargo, para efectos académicos la tasa libre de riesgo en Colombia se puede comparar con los títulos de tesorería emitidos por el Gobierno nacional, los títulos TES ó la tasa de referencia para captación de corto plazo DTF. Lo que se debe tener en cuenta es el plazo de la inversión, si es corto o largo para escoger el TES que mejor se asemeje.

Si no es posible encontrar un título con rendimiento libre de riesgo, se podría trabajar con la regresión lineal entre los rendimientos del mercado y la acción, y utilizar la ecuación resultante como una aproximación al rendimiento esperado de la acción. La ecuación está compuesta por el intercepto o alfa, el valor beta que es la pendiente de la ecuación, la rentabilidad del mercado como factor de beta, y el término error. La expresión es la siguiente:

$$R_{it} = B_0 + B_1 R_{mt} + \mu_t ; \text{ donde}$$

$R_{it}$  ? rendimiento de la acción i en el tiempo t

$R_{mt}$  ? rendimiento del mercado

$B_0$  ? intersección o valor

$B_1$  ? estimador de beta

$\mu_t$  ? término de error

Si comparamos la ecuación anterior con la que proporciona el modelo CAPM es muy similar, veamos:

$$R_{it} = R_f + \beta(R_m - R_f) ; \text{ donde:}$$

$R_{it}$  = rendimiento de la acción i en el tiempo t

$R_m$  = rendimiento del mercado

$R_f$  = activo libre de riesgo

$\beta$  = coeficiente beta

Se pudiera decir que el término error equivale al producto de beta por el activo libre de riesgo.

Pero para utilizar la ecuación de regresión es necesario realizar las pruebas que determinen la validez del modelo.

Si es beta el factor que aumenta o disminuye la prima de riesgo dependiendo de su valor mayor o menor que 1, se podría afirmar que este coeficiente de regresión beta o  $\beta$  es un dato muy relevante en el modelo CAPM, por tanto, la forma de cálculo debe ocupar nuestra atención para que el resultado de la rentabilidad esperada de la acción sea un valor consistente y permita al inversionista tomar decisiones en la selección de sus títulos para conformar portafolios de inversión.

Para el cálculo de beta se necesitan datos históricos de la acción y el mercado. La pregunta es ¿cómo se deben procesar estos datos?, ¿diarios?, ¿semanales?, ¿mensuales? Otro interrogante es, ¿Qué precios se utilizan, los de cierre? o los promedios? La respuesta está en encontrar un buen coeficiente de determinación ó  $R^2$ . El coeficiente de determinación es un indicador de carácter técnico que permite evaluar el porcentaje en que la variación del precio de la acción es explicada por el mercado, de ahí el riesgo de mercado de la acción.

En el procesamiento de los datos diarios se observó una fuerte debilidad en los resultados de las betas debido al reducido valor del coeficiente de correlación (r), que mide la relación entre la rentabilidad de la acción y el mercado, entre más cercano esté a 1 o a -1 la relación es más fuerte y por consiguiente el coeficiente de determinación ( $r^2$  o  $R^2$ ) también tomaría valores cercanos a 1. Esto llevó a buscar una metodología que aumentara la confiabilidad del modelo.

Por lo anterior, se realizó un procedimiento más detallado para el cálculo de los betas de cada acción. Las acciones utilizadas para este análisis fueron 7, y con Índice de Bursatilidad Accionaria (IBA) diferentes para evaluar su comportamiento.

Las acciones escogidas fueron:

EMPRESA	IBA
Cementos Argos	ALTA
Bavaria	ALTA
Banco Bogotá	ALTA
Suramericana	ALTA
Coltabaco	ALTA
Cartón Colombia	MEDIA
Fabricato-Tejicondor	ALTA

Fuente: Supervalores. Corte marzo 31 de 2003

### Procedimientos de cálculo:

Se trabajó con los precios de cierre para las acciones mencionadas a partir de enero de 1991 y con periodicidad diaria, semanal, mensual y trimestral. Con los precios se calcularon las rentabilidades utilizando la fórmula de logaritmo natural: Rentabilidad =  $\ln(\text{Precio Final/Precio Inicial})$ , no se incluyen

#### Betas

ACCION: ARGOS

	DIARIOS	SEMANALES	MENSUALES	TRIMESTRALES
91-94	0.81	1.09	1.02	1.16
95-98	0.99	1.18	1.38	1.29
99-02	1.34	1.36	1.50	1.02
91-96	0.80	1.06	1.05	1.16
97-02	1.25	1.34	1.49	1.19
91-02	1.02	1.19	1.24	1.16

ACCION: BAVARIA

	DIARIOS	SEMANALES	MENSUALES	TRIMESTRALES
91-94	0.88	1.07	0.91	1.01
95-98	1.36	1.48	1.45	1.30
99-02	1.28	1.36	1.23	1.04
91-96	0.95	1.11	0.95	1.00
97-02	1.33	1.46	1.33	1.24
91-02	1.13	1.26	1.11	1.06

ACCION: BOGOTÁ

	DIARIOS	SEMANALES	MENSUALES	TRIMESTRALES
91-94	0.39	1.01	1.08	1.28
95-98	0.37	0.89	0.65	0.32
99-02	0.31	0.97	1.08	1.15
91-96	0.41	0.98	1.07	1.24
97-02	0.31	0.94	0.86	0.67
91-02	0.36	0.96	0.98	1.07

ACCION: COLTABACO

	DIARIOS	SEMANALES	MENSUALES	TRIMESTRALES
91-94	0.71	0.98	0.98	1.04
95-98	0.87	1.20	1.31	1.61
99-02	1.14	1.02	1.02	0.34
91-96	0.68	1.00	0.93	0.96
97-02	1.10	1.11	1.22	1.14
91-02	0.88	1.05	1.05	1.00

Fuente: Datos Económica. Cálculos propios

los rendimientos por dividendos. La fuente para la base de datos fue [www.economica.com](http://www.economica.com).

A partir de las rentabilidades se procedió a calcular los betas para cada acción en los siguientes periodos:

- 1991-1994, 1995-1998, 1999-2002
- 1991-1996, 1997-2002
- 1991-2002

Las regresiones simples se trabajaron para frecuencias temporales diferentes: datos diarios, semanales, mensuales y trimestrales, mostrando comportamientos importantes tanto para el valor de beta como para los coeficientes de determinación ( $R^2$ ). A continuación se presentan los resultados para Argos, Bavaria y Banco de Bogotá.

#### R<sup>2</sup>

ACCION: ARGOS

	DIARIOS	SEMANALES	MENSUALES	TRIMESTRALES
91-94	0.11	0.28	0.44	0.62
95-98	0.23	0.50	0.76	0.80
99-02	0.30	0.55	0.79	0.73
91-96	0.12	0.31	0.50	0.64
97-02	0.28	0.53	0.77	0.76
91-02	0.19	0.40	0.62	0.67

ACCION: BAVARIA

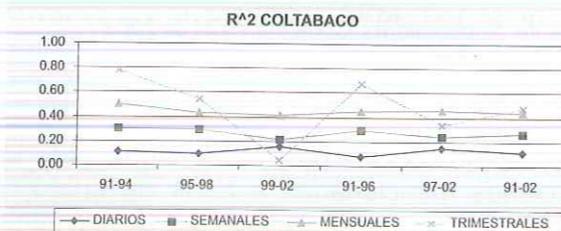
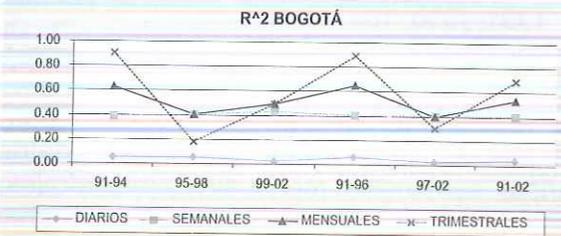
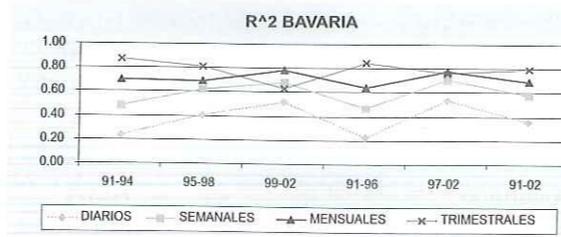
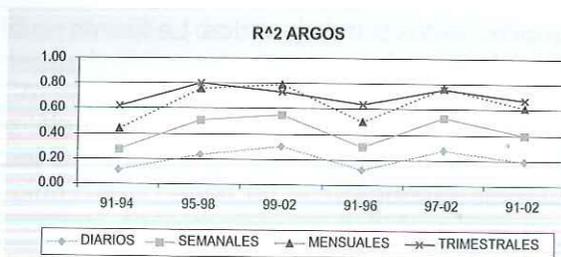
	DIARIOS	SEMANALES	MENSUALES	TRIMESTRALES
91-94	0.23	0.49	0.70	0.87
95-98	0.40	0.62	0.69	0.81
99-02	0.52	0.68	0.78	0.63
91-96	0.22	0.47	0.64	0.85
97-02	0.54	0.71	0.78	0.76
91-02	0.35	0.57	0.69	0.79

ACCION: BOGOTÁ

	DIARIOS	SEMANALES	MENSUALES	TRIMESTRALES
91-94	0.05	0.39	0.63	0.90
95-98	0.05	0.41	0.40	0.18
99-02	0.03	0.43	0.49	0.49
91-96	0.06	0.41	0.65	0.89
97-02	0.03	0.40	0.40	0.30
91-02	0.04	0.41	0.54	0.69

ACCION: COLTABACO

	DIARIOS	SEMANALES	MENSUALES	TRIMESTRALES
91-94	0.11	0.30	0.50	0.78
95-98	0.09	0.29	0.43	0.55
99-02	0.15	0.21	0.41	0.04
91-96	0.08	0.29	0.45	0.67
97-02	0.15	0.24	0.45	0.33
91-02	0.11	0.26	0.44	0.47



De los resultados obtenidos para el comportamiento del valor beta, se puede decir,

- Para la mayoría de las acciones analizadas los betas presentan una tendencia de crecimiento en la medida en que las frecuencias temporales sean más amplias para su procesamiento (diarios, semanales, mensuales y trimestrales). Por ejemplo, para la acción de argos con los datos de 91-02, el beta diario fue de 1,02; el semanal 1,19; el mensual 1,24 y el trimestral 1,16.
- Se generaliza que en la mayoría de los periodos analizados, los betas se incrementan hasta cuando los datos son mensuales, a partir de ahí empieza a disminuir. Una razón puede ser el reducido número de datos. Además, periodos tan amplios no son usuales en los estudios de acciones por el movimiento del mercado que se está dejando de evaluar.
- Los datos se procesaron cada cuatro años, cada seis años y todo el periodo completo. Se observa un ligero incremento haciéndose más notorio cuando se trabajó de 91-02.

De los resultados obtenidos para el coeficiente de determinación,

- Se puede observar que el R<sup>2</sup> presenta un comportamiento similar a lo ocurrido para las betas. Además, es más notorio el cambio que tiene el coeficiente de determinación para frecuencias temporales más amplias. Por ejemplo, tomando nuevamen-

te la acción de Argos y con datos de 91-94, los R<sup>2</sup> mostraron un recorrido de 0,11 para datos diarios, 0,28 para datos semanales, 0,44 para datos mensuales y 0,62 para datos trimestrales. En el caso de la acción de Suramericana y para el mismo periodo, los valores de R<sup>2</sup> van de 0,17 con datos diarios a 0,76 con datos trimestrales.

- Observando las gráficas de los coeficientes de determinación, las acciones de Argos, Bavaria, Banco Bogotá, Coltabaco y Suramericana presentan un comportamiento en general estable para los diferentes periodos de análisis; sólo hubo algunos cambios bruscos para los datos trimestrales. Además, las líneas en su mayoría guardan distancias similares entre datos diarios, semanales y mensuales, en los trimestrales hay cambios significativos.
- Las demás acciones, Cartón Colombia y Fabricato-Tejicóndor presentan un comportamiento inestable en los diferentes periodos de análisis y para datos diarios, semanales, mensuales y trimestrales. Sin embargo, sigue incrementando el valor del coeficiente de determinación en términos generales pero no son significativos, existen periodos en los que el valor es cero. Las diferencias en los resultados para los dos grupos de acciones puede decirse que se deben a que el índice en la mayoría de los casos no incluye a estas dos acciones en su canasta, por su poca participación en las operaciones bursátiles.

Las betas cambian cuando la periodicidad en el manejo de la información es mayor y el R cuadrado es más alto. En la medida en que el R cuadrado tienda a ser más alto significa que en ese porcentaje la variación de la acción es explicado por el mercado. Que finalmente es el riesgo que se está midiendo. Además, como modelo de regresión es más válido si el R cuadrado es mayor. Una vez analizados los diferentes elementos del modelo CAPM y el comportamiento de los resultados, se intenta encontrar la rentabilidad esperada para un grupo de acciones que conformarán el portafolio y finalmente encontrar las combinaciones que muestren los portafolios mejores. Se escogerán las 5 acciones del primer grupo de mayor Bursatilidad y se confrontarán los resultados utilizando el modelo CAPM y la ecuación de regresión como modelo de pronóstico para las rentabilidades y el periodo de estimación se realizará para un mes.

El siguiente cuadro resume los elementos a tener en cuenta para los dos modelos:

Ecuación de Regresión	Modelo CAPM
Beta	Beta
Término independiente Alfa	Activo libre de riesgo (Rf)
Rentabilidad del mercado	Rentabilidad del mercado

Realizados los cálculos para cada una de las acciones escogidas y aplicando los dos modelos se obtuvieron los resultados de la tabla 1 y 2 respectivamente.

Para el modelo CAPM, se utilizó como activo libre de riesgo la rentabilidad de los títulos de tesorería de la República de Colombia (TES) con fecha de vencimiento marzo de 2007. La tasa de interés se tomó con la última cotización del mes de diciembre.

Los datos que se utilizan son los correspondientes a periodos temporales de un mes, porque los R<sup>2</sup> son más significativos para la regresión y el beta de cada acción.

La rentabilidad esperada se calculó teniendo en cuenta diferentes horizontes de datos históricos: 4 años, 6 años y 12 años. Para la tabla 1 se utilizó la ecuación de regresión:  $R_{it} = B_0 + B_1 R_{mt} + \mu_t$

Donde R<sub>m</sub> se reemplaza por el rendimiento promedio del mercado en el periodo de estudio y B<sub>0</sub> es el valor alfa obtenido en la regresión.

RENTABILIDADES POR LA ECUACION DE REGRESIÓN RENTABILIDAD ESPERADA PARA ENERO 03 DATOS MENSUALES

SURAMERICANA	BETA	R	R <sup>2</sup>	ALFA	PROM.IGBC	RENT.ESPERADA	RENT.REAL
99-02	1,311	0,793	0,629	-0,009	0,57%	-0,15%	2,53%
97-02	1,487	0,799	0,638	-0,016	0,76%	-0,46%	2,53%
91-02	1,251	0,808	0,652	-0,008	1,86%	1,53%	2,53%

COLTABACO	BETA	R	R <sup>2</sup>	ALFA	PROM.IGBC	RENT.ESPERADA	RENT.REAL
99-02	1,023	0,641	0,410	0,007	0,57%	1,30%	-3,73%
97-02	1,216	0,673	0,453	0,001	0,76%	0,99%	-3,73%
91-02	1,050	0,664	0,441	-0,004	1,86%	1,54%	-3,73%

BOGOTÁ	BETA	R	R <sup>2</sup>	ALFA	PROM.IGBC	RENT.ESPERADA	RENT.REAL
99-02	1,081	0,699	0,489	0,010	0,57%	1,57%	4,75%
97-02	0,859	0,632	0,400	0,007	0,76%	1,40%	4,75%
91-02	0,981	0,732	0,536	0,009	1,86%	2,76%	4,75%

BAVARIA	BETA	R	R <sup>2</sup>	ALFA	PROM.IGBC	RENT.ESPERADA	RENT.REAL
99-02	1,225	0,884	0,782	0,009	0,57%	1,56%	2,75%
97-02	1,328	0,880	0,775	0,016	0,76%	2,60%	2,75%
91-02	1,109	0,831	0,691	0,011	1,86%	3,13%	2,75%

ARGOS	BETA	R	R <sup>2</sup>	ALFA	PROM.IGBC	RENT.ESPERADA	RENT.REAL
99-02	1,496	0,890	0,792	0,010	0,57%	1,84%	1,40%
97-02	1,495	0,878	0,771	-0,001	0,76%	1,07%	1,40%
91-02	1,238	0,785	0,616	-0,005	1,86%	1,78%	1,40%

Modelo de Regresión

De acuerdo con los resultados de la tabla 1, y comparando la rentabilidad esperada con la rentabilidad real ocurrida en dicho periodo por el modelo de regresión se puede concluir que las acciones que más se acercan al valor real es la de Bavaria y Argos para un horizonte de estudio de 12 años, es decir, con datos mensuales de 1991 a 2002. Para el caso de Bavaria el modelo de regresión estima una rentabilidad para enero de

2003 de 3.13% y la que realmente se dio en este mes fue de 2.75%. En Argos se estimó una rentabilidad de 1.78% y la real fue de 1.40%. Si se realiza un intervalo de confianza con un nivel de 95% es posible que la rentabilidad real para ambos casos se encuentre dentro de dicho intervalo. Lo que no ocurrirá con las otras acciones que se encuentran demasiado alejadas del valor real.

#### RENTABILIDADES POR EL MODELO CAPM RENTABILIDAD ESPERADA PARA ENERO 03 DATOS MENSUALES

SURAMERICANA	BETA	R <sup>2</sup>	R <sub>f</sub>	PROM.IGBC	RENT.ESPERADA	RENT.REAL
99-02	1,311	0,629	0,011	0,57%	0,40%	2,53%
97-02	1,487	0,638	0,011	0,76%	0,58%	2,53%
91-02	1,251	0,652	0,011	1,86%	2,04%	2,53%

COLTABACO	BETA	R <sup>2</sup>	R <sub>f</sub>	PROM.IGBC	RENT.ESPERADA	RENT.REAL
99-02	1,023	0,410	0,011	0,57%	0,56%	-3,73%
97-02	1,216	0,453	0,011	0,76%	0,68%	-3,73%
91-02	1,050	0,441	0,011	1,86%	1,89%	-3,73%

BOGOTÁ	BETA	R <sup>2</sup>	R <sub>f</sub>	PROM.IGBC	RENT.ESPERADA	RENT.REAL
99-02	1,081	0,489	0,011	0,57%	0,53%	4,75%
97-02	0,859	0,400	0,011	0,76%	0,81%	4,75%
91-02	0,981	0,536	0,011	1,86%	1,84%	4,75%

BAVARIA	BETA	R <sup>2</sup>	R <sub>f</sub>	PROM.IGBC	RENT.ESPERADA	RENT.REAL
99-02	1,225	0,782	0,011	0,57%	0,45%	2,75%
97-02	1,328	0,775	0,011	0,76%	0,64%	2,75%
91-02	1,109	0,691	0,011	1,86%	1,94%	2,75%

ARGOS	BETA	R <sup>2</sup>	R <sub>f</sub>	PROM.IGBC	RENT.ESPERADA	RENT.REAL
99-02	1,496	0,792	0,011	0,57%	0,30%	1,40%
97-02	1,495	0,771	0,011	0,76%	0,58%	1,40%
91-02	1,238	0,616	0,011	1,86%	2,03%	1,40%

#### Modelo CAPM

En la tabla 2 se obtuvieron las rentabilidades esperadas por el modelo CAPM, se utilizó la ecuación:

$$R_{it} = R_{ft} + \beta (R_{mt} - R_{ft}); R_{it} \text{ es el activo libre de riesgo y se tomaron las tasas de interés de los TES que vencen en marzo de 2007 con fecha de cotización diciembre de 2002; } R_{mt} \text{ es el rendimiento del mercado, para este caso se utiliza el rendimiento promedio del índice general de la bolsa del periodo de análisis; } \beta \text{ es el beta de la acción o riesgo sistemático calculado a través del modelo de regresión.}$$

Observando los resultados de la tabla 2, las acciones que más se acercan al valor real de la rentabilidad son las de Suramericana, Bavaria y Argos para el horizonte de análisis de 1991 a 2002.

Suramericana tiene una rentabilidad esperada de 2,04% para el mes de enero de 2003 y la rentabilidad real ocurrida en este mes fue de 2,53%. Bavaria estimó una rentabilidad para enero de 1,94% y la real fue de 2,75% y para argos se estimó para enero una rentabilidad de 2,03% y la real ocurrida en dicho mes fue de 1,40%.

En la mayoría de los casos la rentabilidad estimada se encuentra por debajo de la real. Se pudiera decir que los datos calculados se encuentran subvalorados comparados con lo que realmente ocurre en el mercado accionario.

La tabla 3 muestra un comparativo entre los dos modelos, se concluye que el modelo de regresión como método de pronóstico es más acertado que el modelo CAPM. La utilización del modelo CAPM

presenta desventajas por aspectos como la selección del activo libre de riesgo, además, existen supuestos que son difíciles de cumplir en el mercado colombiano y el cálculo del beta que depende del periodo de análisis resulta un valor diferente y se puede manipular la información.

#### COMPARACION DE RENTABILIDADES

##### RENTABILIDAD ESPERADA PARA ENERO 2003

SURAMERICANA	RENT.REGRESION	RENT.CAPM	RENT.REAL
99-02	-0,15%	0,55%	2,53%
97-02	-0,46%	0,83%	2,53%
91-02	1,53%	2,17%	2,53%

COLTABACO	RENT.REGRESION	RENT.CAPM	RENT.REAL
99-02	1,30%	0,57%	-3,73%
97-02	0,99%	0,79%	-3,73%
91-02	1,54%	1,92%	-3,73%

BOGOTÁ	RENT.REGRESION	RENT.CAPM	RENT.REAL
99-02	1,57%	0,57%	4,75%
97-02	1,40%	0,74%	4,75%
91-02	2,76%	1,83%	4,75%

BAVARIA	RENT.REGRESION	RENT.CAPM	RENT.REAL
99-02	1,56%	0,56%	2,75%
97-02	2,60%	0,80%	2,75%
91-02	3,13%	1,99%	2,75%

ARGOS	RENT.REGRESION	RENT.CAPM	RENT.REAL
99-02	1,84%	0,54%	1,40%
97-02	1,07%	0,83%	1,40%
91-02	1,78%	2,15%	1,40%

#### Comparativo modelo Regresión y CAPM