Estimación del Riesgo Sistemático de las Acciones del Ipecu y Aplicación de Modelos de Heteroscedasticidad Condicional Autorregresiva

Juan Eduardo Hidalgo Andrade[1]
David Gonzaga Gonzaga[2]
Alex Aguilera Chuchuca[3]
Constantino Tobalina Dito
Facultad de Economía y Negocios
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Km. 35 ½ Vía Perimetral, 593, Guayaquil, Ecuador
[1]jehidalg@espol.edu.ec
[2]dgonzaga@espol.edu.ec
[3]geaguile@espol.edu.ec

Resumen

Este trabajo busca estimar el riesgo sistemático de las acciones del índice bursátil IPECU y la relación entre los retornos individuales respecto a los rendimientos del mercado, medidos por el parámetro β del tradicional modelo CAPM. Las estimaciones inicialmente se realizan mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios arrojando resultados favorables respecto a la significancia de β, Posteriormente con el objetivo de describir con mayor precisión el comportamiento económico del mercado financiero, se adopta la metodología establecida en principio por Box-Jenkins y luego por Engle, conocida como modelos de Hetroscedasticidad Condicional Autoregresiva (ARCH), la misma que consiste en abandonar el supuesto de homoscedasticidad y explicar los errores de la series en función de sus rezagos, para luego incorporar la volatilidad del error estimado en la expresión que explica el retorno de las acciones. Realizando el análisis de regresión se encuentra, que los retornos de las empresas pueden ser modelados mediante la incorporación de procesos ARCH, siendo la Cervecería Nacional la empresa que muestra el mejor resultado en la estimación del riesgo y la descripción del comportamiento de sus retornos,

Palabras Clave: *riesgo sistemático, modelos ARCH.*

Abstract

The objective of this paper is estímate both the asset's sistematic risk from IPECU and the relation between self returns and market returns measured by the β parameter form the classical CAPM model. The origina lestimations was regressed by Ordinary Least Squares giving good outcomes about the β significance. Afterwards in order to describe effectively the economic behavior of financial market, we use the Box-Jenkins and Engle's methodology well kown as Autorregresive Conditional Heteroskedasticity Model, which consists in leaving the homoskedasticity assumption and explain the series's disturbances based on its lagged and after introduce the estimated disturnaces's volatitily in the expression that explainthe stock's returns. In analysis regression we find that companies's returns could be modelated using an ARCH process being the Cervezería Nacional the company which shows the best results in the risk estimation and the description of the behavior of its returns.

1. Introducción

Este trabajo busca encontrar una medida del riesgo sistemático que mantienen implícito cada una de las acciones que conforman el índice bursátil IPECU. La técnica que se emplea es el Modelo de Valoración de Activos de Capital, desarrollado por W. Sharpe (1964) y J. Lintner (1965), sobre la base de modelos teóricos para la valoración de activos de H. Markowitz (1959). El modelo CAPM, explica el rendimiento de un activo en particular en función de su relación con el rendimiento del mercado, tal relación es medida por el coeficiente β, cuya definición común es la de una medida de sensibilidad de un activo respecto al mercado.

La demostración de la dinámica del modelo es parte fundamental de esta investigación, la misma que muestra ciertas deficiencias en su poder de explicación de los rendimientos. Por esta razón se muestran también de forma breve otros trabajos realizados, para tratar de mejorar la calidad explicativa del modelo entre estos mencionamos a Fischer Black (1972), John Campbell y Tuomo Vuolteenah (2003) entre otros.

Por otra parte, puesto que el propósito de esta investigación, es probar empíricamente este modelo y estimar el parámetro β de las empresas del IPECU, se demuestra formalmente otro tipo de modelos llamados de Heteroscedasticidad Condicional Autorregresiva (ARCH) propuestos inicialmente por Robert Engle (1982) en su trabajo para la medición de la varianza de la inflación en el Reino Unido; con el objetivo de mejorar la bondad de ajuste para la explicación de los rendimientos de estas acciones.

Los modelos de tipo ARCH se ajustan muy bien en la modelación del comportamiento de los mercados financieros, puesto que la naturaleza de los mismos, hace que los inversionistas incorporen las expectativas de estabilidad o inestabilidad al rendimiento requerido por realizar una inversión. Por lo tanto, la volatilidad de los retornos en períodos precedentes sirve como un regresor en la explicación de los retornos de los activos, mejorando de esta forma, la bondad de ajuste del modelo.

La estimación del riesgo sistemático de las acciones del IPECU, se realiza inicialmente utilizando el modelo básico del CAPM, el mismo que proporciona estimaciones significativas del parámetro β, pero en presencia de heteroscedasticidad, lo que trae consigo problemas respecto a la eficiencia de los parámetros estimados. Para solucionar este problema se realizan estimaciones robustas que nos arrojan estimadores carentes de problemas de varianza distinta y con menores errores estándar.

Para modelar y describir el comportamiento de los rendimientos se relaja el supuesto de varianza homoscedástica, y se contrasta la existencia de una posible explicación de los rendimientos usando modelos ARCH, situación que resultó ser cierta para todas las empresas, excepto dos. La incorporación de este modelo en la estimación del parámetro β, fue significativa sólo para la empresa Cervecería Nacional, aumentando también la bondad de ajuste en la explicación de su rendimiento.

2. Desarrollo Teórico

2.1. Marco Teórico

El inicio del Capital Asset Pricing Model (CAPM), tiene lugar a partir del modelo de elección de portafolio desarrollado por Harry Markowitz (1959). En el modelo de Markowitz, un inversionista, considerado averso al riesgo, elige un portafolio en un tiempo $t-1$ que produce un retorno esperado en t; tomando en consideración como único factor para su elección, el promedio y la varianza del retorno de su inversión de un período. De esta forma, los inversionistas eligen portafolios eficientes en media y en varianza, lo cual implica dos formas, para alcanzar tal resultado:

1. Minimizar la varianza del retorno del portafolio, dado un retorno esperado[i].
2. Maximizar el retorno esperado, dada la varianza.

El modelo de CAPM cambia el simple contexto de Markowitz, basado en elegir portafolios eficientes en media y varianza, hacia un modelo de predicción contrastable para la relación entre riesgo y retorno esperado. Es así que, Sharpe (1964) y Lintner (1965), con el objetivo de elegir portafolios eficientes, agregan al modelo de Markowitz dos supuestos, estos son:

1. Información completa, dado que en el tiempo $t-1$ los precios son conocidos por todos los inversionistas, los retornos de los activos siguen una misma distribución conjunta hasta el tiempo t.
2. Existe una tasa libre de riesgo a la cual los inversionistas pueden prestar o pedir prestado recursos.

La figura 1, describe brevemente la dinámica del modelo CAPM, relacionando el retorno esperado $E(R)$ y el riesgo del portafolio $\sigma(R)$. La curva abc, representa la Frontera de Carteras Eficientes, la misma que traza distintas combinaciones de activos riesgosos formando portafolios que asumiendo un retorno esperado minimizan su varianza.

Cualquier inversionista puede obtener un retorno esperado sobre la línea F, pero ningún punto aquí sería óptimo. En contraste con aquello, consideremos la LMV, que va desde R_f hasta T, donde T representa un portafolio compuesto por activos riesgosos. La LMV muestra portafolios formados por activos libres de riesgo y activos riesgosos. Por lo tanto, los puntos entre R_f y T son portafolios en los cuales se invierte en el activo libre de riesgo y el capital remanente se invierte en T; mientras que el segmento de la LMV a partir de T se consigue mediante préstamos para invertir en el portafolio T, debido a que el capital inicial no sería suficiente.

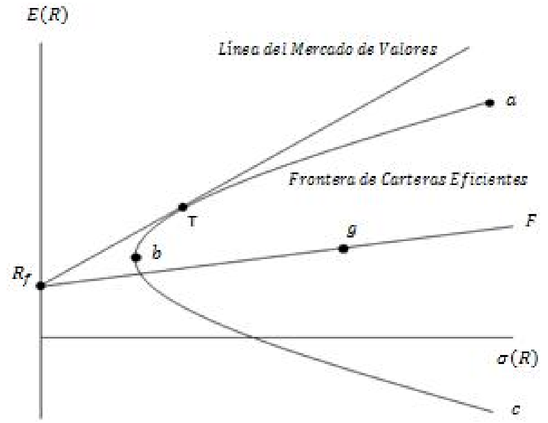

Figura # 1. Línea de Mercado de Valores

Dado que la LMV es tangente a la Frontera de Carteras Eficientes, no importa el punto que un inversionista pueda alcanzar sobre la línea F, el rendimiento esperado que se obtendrá sobre la LMV siempre será mayor aceptando el mismo nivel de riesgo, proporcionando de esta forma a los inversionistas mejores resultados. Por lo tanto, podemos concluir que la LMV proporciona resultados eficientes para todos los activos, esto es, activos riesgosos y libres de riesgo. El hecho de que un inversionista se encuentre a la izquierda o derecha del punto T, depende del grado de aversión al riesgo que tenga, así, un individuo con alto nivel de aversión al riesgo decidirá invertir entre R_f y T, cabe recalcar que en este segmento aunque el punto b es eficiente y proporciona la varianza mínima, un punto sobre la LMV proporciona un mayor retorno esperado, mientras que individuos con baja aversión al riesgo invertirán a partir de T, lo que implica, que pedirán prestado a la tasa libre de riesgo para invertir en activos riesgosos.
Formalmente, el retorno, retorno esperado y desviación estándar de los retornos en portafolios de activos f libres de riesgo y en portafolios riesgosos g varía con la proporción de los fondos x del portafolio invertidos en f, como:

$$R_p = xR_f + (1-x)R_g$$
$$E(R_p) = xR_f + (1-x)E(R_g)$$
$$\sigma(R_p) = (1-x)\sigma(R_g), \qquad x \leq 1.0$$

Esto implica que el portafolio se plasma a lo largo de la línea desde R_f hasta g.

2.2. Modelo CAPM

Este estudio se fundamenta sobre el clásico modelo para la estimación de riesgo sistemático de acciones Capital Asset Pricing Model (CAPM) desarrollado por Sharpe (1964) y Lintner (1965) con el cual se relaciona el rendimiento y el riesgo de las acciones, es necesario mencionar que este modelo asume los siguientes supuestos:

- Los inversionistas son individuos que tienen aversión al riesgo y buscan maximizar la utilidad esperada de su riqueza al final del periodo.
- Los inversionistas son tomadores de precios y poseen expectativas homogéneas acerca de los rendimientos de los activos, los cuales tienen una distribución normal conjunta.
- Existe un activo libre de riesgo tal que los inversionistas pueden pedir en préstamo o prestar montos ilimitados a la tasa libre de riesgo.
- Las cantidades de todos los activos son negociables y perfectamente divisibles.
- Los mercados de activos están libres de fricciones; la información no tiene costo alguno y está al alcance de todos los inversionistas.
- No existen imperfecciones en el mercado (como impuestos, leyes, etcétera).

Estos supuestos muestran que el CAPM se fundamenta sobre principios microeconómicos, donde el consumidor (el inversionista con aversión al riesgo) elige entre curvas de indiferencia que le proporcionan la misma utilidad entre el riesgo y el rendimiento. La elección entre el riesgo y el rendimiento conlleva a que el inversionista, gestiones por una parte, la formación de carteras y por otra, la búsqueda de portafolios que incluyan, además de los activos riesgosos, valores de riesgo nulo, mientras que el mercado de fondos prestables de encontrarse en equilibrio para cada momento del tiempo. El hecho de todos los inversionistas adopten un comportamiento, en el que se busque maximizar los retornos y minimizar el riesgo, promueve la formación de un solo grupo de activos que maximizan el rendimiento esperado, llamado portafolios eficientes.

Dados estos supuestos, el modelo CAPM requiere de la existencia del equilibrio en el mercado y de la presencia de portafolios eficientes. Por lo tanto, si existe equilibrio, los precios de los activos se ajustarán hasta que todos sean sostenidos por los inversionistas, es decir, los precios deben establecerse de modo que la oferta de todos los activos sea igual a la demanda por sostenerlos. Consecuentemente, en equilibrio, no existirá exceso de demanda ni de oferta de activos. La ecuación que resume el equilibrio de mercado y la existencia de portafolios eficientes es:

$$R_i = R_f + [E(R_m) - R_f]\frac{\sigma_{im}}{\sigma_m^2} \qquad (1)$$

Esta ecuación es la expresión del modelo de valoración activos de capital, cuya implicación es que la tasa de rendimiento esperada sobre un activo es igual a la tasa libre de riesgo (Rf), más una tasa de premio por el riesgo:

$$[\mathrm{E}(\mathrm{R_m}) - \mathrm{R_f}]\frac{\sigma_{\mathrm{im}}}{\sigma_{\mathrm{m}}^2} \qquad [2]$$

Donde tal premio al riesgo es el precio al riesgo, $[\mathrm{E}(\mathrm{R_m}) - \mathrm{R_f}]$, multiplicado por la cantidad de riesgo, $\frac{\sigma_{\mathrm{im}}}{\sigma_{\mathrm{m}}^2}$. La cantidad de riesgo es llamada beta, β_i, que es la ratio entre la covarianza del rendimiento de la acción y el rendimiento del portafolio de mercado y la varianza del rendimiento del portafolio de mercado.

$$\beta_{\mathrm{i}} = \frac{\mathrm{Cov}(\mathrm{R_{it}}, \mathrm{R_{m,t}})}{\mathrm{Var}(\mathrm{R_{M,t}})} \qquad [3]$$

Esta beta mide el riesgo sistemático o no diversificable que surge de aspectos como netamente exógenos, que son factores que afectan a todas las empresas en forma conjunta. Puesto que todas las empresas se ven afectadas simultáneamente por estos factores, este tipo de riesgo no puede ser eliminado mediante la diversificación.

3. Modelos de Heteroscedasticidad Condicional Autoregresiva (ARCH)

3.1. Introducción a los Modelos ARCH

La inserción de los modelos de Heteroscedasticidad Condicional Autoregresiva, a la teoría económica mediante la modelización econométrica en torno a la inclusión de la varianza en el análisis de series temporales, aparece con Robert Engle (1982), quien utilizó este tipo de modelos en su análisis de inflación para el Reino Unido, ampliando la gama de técnicas para series de tiempo hasta ese momento alineadas a la metodología Box-Jenkins (1976).

La aplicación de estos modelos, parte del interés por describir el comportamiento económico. Usualmente en distintos campos de la economía, se presentan escenarios en los que las expectativas del valor que una variable tome en el futuro están condicionadas a los valores que haya adoptado tal variable en el pasado. Los mercados financieros muestran este comportamiento, puesto que la conducta precedente del mismo, influye sobre las decisiones que puedan tomar los inversionistas en el presente. Por lo tanto en escenarios como el financiero, la generación de un comportamiento actual representa una función de respuesta a la expectativa de variación que este haya experimentado en el pasado, lo cual implica, un valor esperado condicionado a la varianza del período anterior.

3.2. Desarrollo de Modelos ARCH

La metodología usual para realizar estimaciones de series de tiempo, es parecida a la empleada en análisis de datos de corte transversal. Para esto, asumimos que los datos cumplen con los supuestos de Gauss-Markov.

Sea:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1\mu_{t-1}^2 + \cdots + \alpha_p\mu_{t-p}^2 \qquad [3.1]$$

La varianza condicional del término de error μ_t, está condicionada a la información disponible en $t-1$, la misma que puede ser expresada como:

$$\begin{aligned}\sigma_t^2 &= var(\mu_t|\mu_{t-1,\cdots,}\mu_{t-p}) \\ &= E(u_t^2|\mu_{t-1,\cdots,}\mu_{t-p}) \qquad [3.2] \\ &= E_{t-1}(\mu_t^2)\end{aligned}$$

En esta expresión E_{t-1} indica la esperanza condicionada a la información en $t-1$. De esta forma se muestra como los errores recientes tienen cierto grado de influencia sobre la varianza del error del período en curso. Una varianza del tipo [3.1], puede ser definida de la siguiente forma:

$$u_t = \epsilon_t[\alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \cdots + \alpha_p u_{t-p}^2]^{1/2} \qquad [3.3]$$

Considerado un proceso ARCH (p), donde ϵ_t es un ruido blanco con varianza uno. El caso más sencillo es un proceso ARCH (1), definido como:

$$u_t = \epsilon_t[\alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2]^{1/2} \qquad [3.4]$$

Este proceso presenta propiedades como la que definimos a continuación:

1. El término de error u_t tiene media cero.
2. La varianza condicional viene dada por $\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1\mu_{t-1}^2$.
3. La varianza incondicional está representada por $\sigma_t^2 = \alpha_0/(1-\alpha_1)$, la misma que está restringida a $\alpha_0 > 0$ y $|\alpha_1| < 1$.
4. Las autocovarianzas en este proceso son cero.

3.3. Estimación por Modelos ARCH

Este método de estimación es una forma de Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles. La regresión estimada en una segunda etapa nos provee estimaciones de la varianza de los errores para cada elemento de la muestra y la relación original es estimada por un procedimiento de Mínimos Cuadrados Ponderados para corregir la heteroscedasticidad. Este procedimiento puede fallar si el proceso de estimación en una segunda etapa proporciona una varianza negativa o cero. Sin embargo, la imposición de restricciones adecuadas sobre los parámetros α, pueden minimizar el riesgo de quiebre. En muchas investigaciones, se imponen un conjunto de pesos lineales y decrecientes sobre los errores cuadráticos desfasados. Por ejemplo:

$$e_t^2 = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}(\delta_1 e_{t-1}^2 + \cdots + \delta_p e_{t-p}^2) \qquad \delta_1 > \cdots > \delta_p$$

Los modelos GARCH proveen una especificación menos restrictiva para los errores. Este tipo de modelos fue propuesto por Bollerslev, quien sugiere reemplazar la ecuación para la varianza por la siguiente:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1\mu_{t-1}^2 + \cdots + \alpha_p\mu_{t-p}^2 + \gamma_1\sigma_{t-1}^2 + \cdots + \gamma_q\sigma_{t-q}^2 \qquad [3.4]$$

La ecuación 3.4 es conocida como un modelo GARCH (p,q). Esta expresa la varianza condicional como una función lineal de los p errores al cuadrado rezagados y las q varianzas condicionales rezagadas.

4. Estimación del Modelo

4.1 Los Datos

Para la estimación del modelo CAPM se han utilizado las series de datos para el período 2002:03-2008:03 de las siguientes variables:

1. Precios ajustados[ii] de las acciones que conforman el índice bursátil IPECU[iii].
2. Riesgo País (EMBI).
3. Rendimiento de Bonos Global 12.
4. Índice Bursátil IPECU.

4.2 Aplicación del Modelo CAPM

Una afirmación común dentro de las finanzas es que, el rendimiento esperado sobre un activo debe estar relacionado positivamente con su riesgo, el mismo que puede ser sistemático y no sistemático. El parámetro que nos muestra la sensibilidad del rendimiento de un activo respecto al mercado, es el beta, consecuentemente también nos muestra la sensibilidad en cuanto a riesgo. Por lo tanto, formalmente estas afirmaciones, son modeladas de la siguiente forma en el modelo CAPM:

$$R_i = R_f + \beta(R_M - R_f) \qquad [4.1]$$

Para el análisis empírico del modelo hemos redefinido las siguientes variables:

R_i =Rendimiento del activo i[iv].
R_f = Tasa libre de riesgo[v]
R_M = Variación del índice bursátil[vi]

Para estimar el parámetro β del modelo CAPM, agregaremos el tiempo a las variables y un término de error u, por lo tanto la ecuación 4.1 queda de esta forma:

$$R_t = R_{ft} + \beta(R_{Mt} - R_{ft}) + u_t \qquad [4.2]$$

Reagrupando 4.2 obtenemos:

$$R_t - R_{ft} = \beta(R_{Mt} - R_{ft}) + u_t \qquad [4.3]$$

Donde redefinimos nuevamente las variables:

$R_t - R_{ft}$= Exceso de retorno del activo i.
$R_{Mt} - R_{ft}$=Prima por riesgo de mercado, para el índice bursátil IPECU.

4.3 Método de Estimación del Modelo

El parámetro de interés beta se estimará mediante dos métodos. El primero será por Mínimos Cuadrados Ordinarios, para esto se debe cumplir con los siguientes supuestos:

1. $E(u_t) = 0$; el valor esperado de los errores debe ser igual a cero.
2. $E(u_t^2) = \sigma^2$; la varianza debe ser homoscedástica.
3. $E(u_t u_{t-k}) = 0 \quad \forall\, k \neq t$; no debe existir autocorrelación entre los errores.
4. $Cov(u_t, x_t) = 0$; los errores deben ser independientes de las variables explicativas.

5. Análisis de Resultados

La tabla #1, muestra los resultados de la estimación de parámetro β, para cada una de las ocho empresas que hemos considerado en nuestro análisis. Las regresiones muestran que las pruebas fueron válidas para todas las ocho empresas mediante el estadístico F, datos que se detallan en la última columna de la tabla.
Por otra parte el parámetro estimado $\hat{\beta}$, es significativo en todos los casos, esto se demuestra mediante el P-value de la prueba t, valor entre paréntesis, para contrastar la hipótesis nula frente a la alternativa:

$$H_o:\ \beta = 0$$
$$H_a:\ \beta \neq 0$$

El P-value encontrado demuestra que, al 5% de significancia se rechaza la hipótesis nula por lo tanto la variable (Prima por riesgo de mercado), utilizada para explicar el Exceso de Retorno de las acciones de las ocho empresas del IPECU, realmente sirve como instrumento de predicción del mismo.

Tabla # 1

	Coeficient	***Standard Error***	R^2	***F-statistic***
excess_ret_bco_bol	1.04117 (0.000)	0.154240	0.3909	45.57
excess_ret_bco_pich	1.10864 (0.000)	0.212143	0.2778	27.31
excess_ret_bco_gye	1.39786 (0.000)	0.165204	0.5021	71.6
excess_ret_cerv_nac	1.02734 (0.000)	0.091680	0.6388	125.57
excess_ret_holcim	1.37574 (0.000)	0.239164	0.3179	33.09
excess_ret_invsanc	1.159075 (0.000)	0.130814	0.5251	78.51
excess_ret_san_car	1.21258 (0.000)	0.114763	0.6113	111.64
excess_ret_la_favor	1.09559 (0.000)	0.193912	0.3102	31.92

Respecto a la bondad de ajuste del modelo, el R^2 muestra que los retornos de Cervecería Nacional y San Carlos son los que mejor explica el modelo con R^2 de 0.6388 y 0.6113 respectivamente, mientras que para Inversancarlos y Banco de Guayaquil la bondad de ajuste es de 0.5251 y 0.5021; estos valores de R^2 muestran que para estas cuatro empresas los datos de ajustan adecuadamente al modelo. Para el caso de los retornos del Banco Bolivariano el R^2 es de 0.3909, por lo que también es considerado aceptable, mientras que para Holcim, La Favorita y Banco Pichincha el poder de explicación del modelo es 0.3169, 0.3102 y 0.2778 respectivamente, lo que indica que para estas empresas el modelo no tiene un buen poder de explicación de sus retornos.

En cuanto a la interpretación del riesgo medido por el parámetro $\hat{\beta}$, como se muestra en la Tabla # 1, todas las empresas tienen un covariante de sensibilidad mayor que uno, por lo que ante un incremento de un 1% en el rendimiento de mercado, sus retornos aumentarán en una cantidad mayor al 1%, como es el caso de Holcim cuyo retorno aumentaría en 1.3757%

5.2 Pruebas de Validez del Modelo

5.2.1 Pruebas de Homoscedasticidad

En el anexo # 1 se muestra que a excepción de Banco de Guayaquil y Holcim, todas las estimaciones de las empresas presentan heteroscedasticidad, y esto se contrasta mediante la prueba de Breush-Pagan en la que al 5% de significancia la hipótesis de varianza constante se rechaza para todas las empresas a excepción de estas dos.

5.2.2 Test de Autocorrelación

Por otra parte en cuanto a la autocorrelación de primer orden utilizamos la prueba de Durbin-Watson, la misma que contrasta la hipótesis nula de no existencia de autocorrelación de orden uno, en el anexo # 2, se muestra que el Banco del Pichincha, Banco de Guayaquil, Cervecería Nacional, Holcim, San Carlos y La Favorita, no presentan autorcorrelación serial de primer orden, ya que el estadístico se encuentra en el intervalo 1.553 - 2.447, mientras que para las demás empresas no se puede probar la existencia de este proceso puesto que el estadístico se encuentra fuera de los intervalos de autocorrelación y de no autocorrelación.

5.2.3 Contraste de Correlación Serial

Para verificar si la serie es estacionaria o no, se debe recordar que esta es una condición necesaria para que los estimadores sean MELI (Mejores Estimadores Linealmente Insesgado), se contrastó la prueba de no autocorrelación serial, mediante el Test de Breusch-Godfrey, el mismo que muestra que al 5% de significancia las series solo son estacionarias para el caso Inver SanCarlos y Cervecería Nacional.

Dada la existencia de Heteroscedasticidad y no estacionariedad en las Series de algunas de las empresas que estamos analizando, se procedió a corregir estos procesos estimando un modelo que aplique robustez a los errores estándar de las series de las empresas y luego se procede a la estimación de un modelo de Heteroscedasticidad Condicional Autorregresiva.

5.3 Estimación con Errores Robustos

Mediante la aplicación de robustez a los errores de estimación se soluciona el problema de Heteroscedasticidad, por lo tanto la confiabilidad de la estimación de nuestros parámetros es buena.

El análisis de regresión muestra que las pruebas fueron válidas para todas las ocho empresas mediante el estadístico F, estos datos se detallan en la última columna de la tabla # 2 (Anexo # 3 ofrece datos en detalle para cada empresa).

El parámetro estimado $\hat{\beta}$, es significativo en para todas las empresas, esto se demuestra mediante el P-value de la prueba t, valor entre paréntesis, para contrastar la hipótesis nula frente a la alternativa:

$$H_o:\ \beta = 0$$
$$H_a:\ \beta \neq 0$$

El P-value encontrado demuestra que, al 5% de significancia se rechaza la hipótesis nula por lo tanto la variable (Prima por riesgo de mercado), utilizada para explicar el Exceso de Retorno de las acciones de las ocho empresas del IPECU, realmente es buen instrumento de explicación del mismo.

Respecto a la bondad de ajuste del modelo, el R^2 muestra que los retornos de Cervecería Nacional y San Carlos son los que mejor explica el modelo con R^2 de 0.6388 y 0.6113 respectivamente, mientras que para Inversancarlos y Banco de Guayaquil la bondad de ajuste es de 0.5251 y 0.5021; estos valores de R^2muestran que para estas cuatro empresas los datos de ajustan adecuadamente al modelo. Para el caso de los retornos del Banco Bolivariano el R^2 es de 0.3909, por lo que también es considerado aceptable, mientras que para Holcim, La Favorita y Banco Pichincha el poder de explicación del modelo es 0.3169, 0.3102 y 0.2778 respectivamente, lo que indica que para estas empresas el modelo no tiene un buen poder de explicación de sus retorno.

En cuanto a la interpretación del riesgo medido por el parámetro $\hat{\beta}$, como se muestra en la Tabla # 2, todas las empresas tienen un covariante de sensibilidad mayor que uno.

Si se observa con atención esta tabla, lo único que ha cambiado son los errores estándar los mismo que luego de la corrección, se redujeron, dado un menor grado de variabilidad a las series.

Tabla # 2

	Coefficient	***Standar Error***	R^2	***F-statistic***
excess_ret_bco_bol	1.04117 (0.000)	0.100926	0.3909	106.42
excess_ret_bco_pich	1.10864 (0.000)	0.157558	0.2778	49.51
excess_ret_bco_gye	1.39786 (0.000)	0.285807	0.5021	23.92
excess_ret_cerv_nac	1.02734 (0.000)	0.066966	0.6388	235.35
excess_ret_holcim	1.37574 (0.000)	0.345131	0.3179	15.89
excess_ret_invsanc	1.159075 (0.000)	0.113057	0.5251	105.11
excess_ret_san_car	1.21258 (0.000)	0.085160	0.6113	202.74
excess_ret_la_favor	1.09559 (0.000)	0.085027	0.3102	166.03

5.4 Estimación Mediante Modelos de Heteroscedasticidad Condicional Autoregresiva.

Como ya se demostró en el capítulo # 3, la volatilidad de los retornos, períodos atrás, influye significativamente sobre las decisiones que tomen en el período actual los inversionistas, por lo tanto considerar la varianza condicional de los errores del tiempo t al tiempo$t-p$, como variable explicativa, proporciona un mayor poder de explicación al modelo CAPM, de esta forma la varianza de los errores quedaría definida de esta forma:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \mu_{t-1}^2$$

Y nuestra ecuación a estimar sería:

$$R_t - R_{ft} = \beta\left(R_{Mt} - R_{ft}\right) + u_t$$

Donde se agrega la varianza de u_t, a la regresión definida por:

$$u_t = \epsilon_t[\alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2]^{1/2}$$

5.4.1 Estimación Mediante un Proceso ARCH (1)

Para realizar esta estimación se consideró un rezago sobre la varianza de los errores pasados, por eso la denominación ARCH (1).
La tabla # 3 que muestra que todas las estimaciones son válidas por medio del estadístico Wald Chi2. Además, a excepción de las empresas Banco Pichincha y La Favorita, al 5% de significancia podemos afirmar que los retornos de las empresas del IPECU pueden ser modelados mediante un proceso ARCH (1), esto se confirma con el P-value de la columna Coeficient Arch.

Tabla # 3

	Coeficient	**Coeficient Arch**	**Wald Chi2(1)**
excess_ret_bco_bol	1,09510 (0.000)	0,6676187 (0.002)	105,45
excess_ret_bco_pich	1,153853 (0.000)	-0,0971241 (0.139)	12,66
excess_ret_bco_gye	1,16080 (0.000)	-0,0365432 (0.000)	45,75
excess_ret_cerv_nac	0,9475752 (0.000)	1,80255 (0.000)	751,75
excess_ret_holcim	115,07940 (0.000)	1,250655 (0.000)	187,53
excess_ret_invsanc	1,250577 (0.000)	0.6214 (0.023)	78,51
excess_ret_san_car	1,21594 (0.000)	-0,1631636 (0.001)	111,64
excess_ret_la_favor	1,09941 (0.0300)	0,0214225 (0.0857)	4,7

Elaboración: Los Autores

5.4.2 Resultados de Estimación del Retorno Aplicando un Proceso ARCH (1)

Para la estimación del parámetro beta se utilizado como variable explicativa, la desviación estándar de lo errores, la misma que se obtuvo mediante la predicción de la varianza condicional, uno ves que se hizo la regresión de proceso ARCH (1).

La tabla # 4, es el resumen del análisis de regresión para las seis empresas, a las cuales la prueba de ARCH fue significativa. Los resultados demuestran que la variable Desviación Estándar de los Errores es significativa sólo para la empresa Cervecería Nacional, y los resultados son buenos ya que mejora la bondad de ajuste medida por el R2 el mismo que pasa 0.6388 a 0.6743, lo que nos indica que, el hecho de que los inversionista tomen en consideración la volatilidad respecto a la estabilidad o inestabilidad ayuda a predecir mejor el retorno que esperan recibir.

Tabla # 4

	Coeficient	**Desv. Estándar**	**R^2**	**F-statistic**
excess_ret_bco_bol	1,043936 (0.000)	-0,0269669 (0.903)	0,391	22,47
excess_ret_bco_gye	1,422554 (0.000)	-0,4308882 (0.51)	0,5052	35,73
excess_ret_cerv_nac	1,064237 (0.000)	0,2889513 (0.007)	0,6743	72,47
excess_ret_holcim	1,39136 (0.000)	1,250655 (0.000)	0,3187	16,37
excess_ret_invsanc	1,176297 (0.000)	0,3710784 (0.16)	0,5384	40,83
excess_ret_san_car	1,224692 (0.000)	-0,1631636 (0.159)	0,6222	57,64

Elaboración: Los Autores

En este caso el signo del coeficiente beta para la Cervecería Nacional es positivo y también para la desviación estándar, algo que resulta lógico ya que si analizamos la serie desde 2002:03 hasta 2008:03 (Gráfico 1) de los retornos en exceso estos han ido creciendo por lo que un escenario de estabilidad de esta empresa en el período precedente, produce un efecto de mayores expectativas sobre el rendimiento.

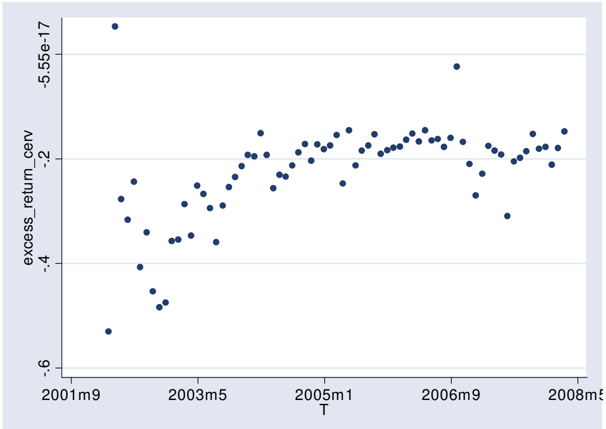

Figura 2. Evolución del Exceso de Retorno de Cervezería Nacional

6. Conclusión

Este trabajo produjo resultados de gran interés, entre estos que la relación entre el rendimiento de un activo respecto al mercado, explicado por el modelo CAPM el mismo que resultó válido, tiene un alto grado de sensibilidad β>1 para todas las ocho empresas analizadas. Este hallazgo mejoraría la eficiencia en el mercado de valores, puesto que en el momento de determinar la tasa requerida para invertir en un determinado activo, se reduce la probabilidad de incurrir en subvaloraciones o sobrevaloraciones de los activos. Por otra parte, se ha demostrado al menos que para una empresa, esta es Cervecería Nacional, además de que el modelo CAPM explica la relación de su rendimiento y riesgo respecto al mercado; la aplicación de modelos ARCH simula muy bien el comportamiento del mercado bursátil al menos para esta empresa. Consecuentemente, la incorporación de un modelo ARCH (1) estimado, en la explicación de los retornos de la Cervecería, aumenta la capacidad de explicación hasta un 67%.

Este resultado implica que para esta empresa, la expectativa de estabilidad o inestabilidad, producida por la varianza condicional de un período precedente, ya que se usó un ARCH (1), sirve para explicar los rendimientos requeridos de esta empresa. Puesto que el coeficiente del término ARCH incluido en la regresión tiene un signo mayor que cero y menor que uno, entonces podemos hacer inferencia y suponer que las variaciones positivas en los excesos de los retornos de esta empresa en períodos precedentes, producen buenas expectativas acerca de el desempeño de esta empresa por lo que los inversionistas exigirán un mayor retorno.

7. Notas al Pie

[ii] *The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence*, Eugene Fama & Kenneth French (2004).

[ii] Los datos proporcionados por la Bolsa de Valores de Guayaquil, fueron los precios de cierre por lo tuvieron que ser ajustados en dividendos y variaciones de capital. Para ajustar en dividendos los precios, es suficiente con aplicar lo siguiente:

$$P^{Adj} = P_{t+1}^{Close} e^{ln(r)}(1 - D)$$

Donde:

$r = P_{t+1}/P_t$
$D = Div_t/P_t$
$P^{Adj} = Precio\ Ajustado$
$P_{t+1}^{Close} = Precio\ de\ cierre.$

[iii] Debido a la falta de datos tuvo que excluirse del análisis a las empresas: Industrias Ales, La Campiña Forestal y Road Track.

[iv] El rendimiento del activo viene dado por la variación en el precio de las acciones de una determinada empresa, para un determinado período:

$$\Delta P^{Adj} = P_{t+1}^{Adj} / P_t^{Adj}$$

[v] Se ha utilizado la tasa de rendimiento de los Bonos Global 12.

[vi] Se obtiene la variación porcentual del índice bursátil IPECU.

8. Agradecimientos

A la Bolsa de Valores de Guayaquil por proporcionar las series de datos objeto de análisis, a los profesores de la Facultad de Economía y Negocios por impartir sus valiosos conocimientos y su apoyo en la elaboración y corrección del presente trabajo y a nuestros amigos por sus emotivos comentarios.

8. Referencias

Fama, Eugene and Kenneth French, 2004. “The Capital Asset Pricing Model” Journal of Economics Perspectives.

Black, Fischer. 1972. “Capital Market Equilibrium with Restricted Borrowing.” Journal of Business.

Campbell, John Y. and Robert J. Shiller. 1989. “The Dividend-Price Ratio and Expectations of Future Dividends and Discount Factors.” Review of Financial Studies.

Merton, Robert C, 1973. “An Intertemporal Capital Asset Pricing Model” Econométrica.

De Arce, Rafael. 20 Años de Modelos ARCH: Una Visión De Conjunto de las Distintas Variantes de la Familia.

Campbell, John, 1985. “Stock Returns and Term Structure”. National Bureau of Economics Research.

De la Paz, María. “Los modelos CAPM y ARCH-M. Obtención de los coeficientes beta para una muestra de 33 acciones que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores”.

Jhonston, Jack and John Dinardo. “Econometric Methods” Fourth Edition.

Hamilton, James D. “Time Series Analysis” Princeton University Press.

Hamilton, Lawrence C. “Statistics with Stata” Thompson Brooks/Cole.

Greene, William H. “Econometric Analysis”, Fifth Edition. Prentice Hall.

Campbell, John and John Ammer, 1991. “What Moves the Stock and Bond Markets? A Variance Decomposition on Long-Term Asset Returns.” National Bureau of Economics Research.

Schwert, William and Paul Seguin, 1989. “Heteroskedasticiy in Stock Returns.” National Bureau of Economics Reasearch.

Campbell, John and Tuomo Vuolteenaho, 2003. “Bad Beta, Good Beta” Harvard Institute of Economics Research.

Ross, Westerfield and Jaffe. “Finanzas Corporativas.” Mc. Graw Hill.

Bolsa de Valores de Guayaquil.

Superintendencia de Bancos.

Visto bueno de conformidad con la tesis.

Ing. Constantino Tobalina Dito