



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN

**Valuación de una cartera de inversión a través de
la metodología Black-Litterman vs Harry
Markowitz. Periodo de estudio 2018 a 2020**

TESIS

Que para obtener el título de
LICENCIADO EN ECONOMÍA

P R E S E N T A:

LUIS ESTEBAN SOSA CORTÉS

ASESOR:

JAVIER GALÁN FIGUEROA



SANTA CRUZ ACATLÁN, ESTADO DE MÉXICO, 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

Introducción	4
CAPÍTULO 1	10
1.1. Modelo Markowitz, CAPM y APT	10
1.1.1 Modelo Markowitz	10
1.1.2 Modelo CAPM: Capital Asset Pricing Model	11
1.1.3 Modelo APT: Arbitrage Pricing Theory	15
1.2. Metodología Black-Litterman	17
1.3. Modelos de Volatilidad	23
1.3.1 Modelos de Varianza Simétrica	23
1.3.2 Modelos de Volatilidad Asimétrica	24
1.3.3 Modelos de Volatilidad Multivariada	25
1.4. Análisis Bayesiano	27
1.5. Análisis de Gestión/ Administración de Riesgo	29
CAPÍTULO 2	34
2.1. Selección de activos	34
2.1.1 Análisis Técnico	34
2.1.2 Análisis Fundamental	37
2.1.3 Expectativas sobre la Economía	39
2.1.4 Descripción de los activos	44
CAPÍTULO 3	58
3.1. Desarrollo de Modelos	58
3.1.1 Modelo MGARCH	58
3.1.2 Cartera Óptima con Modelo MGARCH	61
3.1.3 Análisis VaR para la cartera Markowitz	65
3.1.4 Modelo Black-Litterman	67
3.1.5 Análisis VaR para la cartera BL	77

3.1.6 Análisis Comparativo: MKW vs BL	78
Conclusiones	81
Bibliografía	83

Introducción

Entre los principios que forman parte de las finanzas personales se propone que una parte del ingreso de los agentes económicos debe ser destinado al ahorro. Lo anterior se encuentra discutido en los modelos de Consumo Intertemporal de Franco Modigliani y Milton Friedman (De Gregorio, 2007) ya que se considera que un ahorro y consumo intertemporal permite solventar futuros imprevistos económicos, financiarse en el futuro, ahorro para la vejez o simplemente generar riqueza. De esta forma, aquellos agentes que se han decidido a ahorrar deben tomar en cuenta ¿Cómo y dónde ahorrar? La respuesta a esta interrogante consiste en conocer las diversas opciones de inversión que existen en el sistema financiero y aprovecharlas para el beneficio individual.

Sin embargo, hay que considerar que un inadecuado conocimiento de los mecanismos de inversión puede generar bajos beneficios a los agentes o incluso pérdidas como es el caso del método tradicional “bajo el colchón”, este método es contraproducente debido: i) no genera un flujo de interés por el ahorro y ii) pierde su valor por el efecto de inflación. Por otro lado, el ahorro en una entidad bancaria en la mayoría de las circunstancias no genera el flujo necesario para mantener, por lo menos, su valor después de haber descontado la inflación, es decir los agentes reciben un interés que no garantiza mantener su poder adquisitivo.

La mejor alternativa para mantener el poder adquisitivo del ahorro y garantizar un consumo futuro es necesario una mejor información o conocimiento sobre los diferentes métodos de inversión en particular en el mercado de dinero y capital. Para incursionar en estos mercados los agentes deben entender el riesgo que se adquiere al participar en ese entorno, ya que de esto dependerá el tipo de instrumento a invertir, así como su rendimiento. En otras palabras, si se desea un alto rendimiento es necesario un alto riesgo, esto se le conoce como perfil de inversionista y aversión al riesgo.

Con lo anterior el inversionista puede decidir dónde destinará sus recursos, así como tener cierta certeza sobre el nivel de rendimiento a obtener para un periodo determinado. Por ejemplo, si el inversionista desea invertir en una criptomoneda debe tener presente que habrá

momentos que tendrá que enfrentarse tanto a grandes pérdidas como a grandes ganancias, además de tener conocimiento cuáles son los mercados alternativos en los cuales puede refugiarse ante un choque aleatorio que ponga en riesgo su meta de ganancia y así, garantizar un flujo de efectivo futuro.

Al llevar a cabo los diferentes métodos de análisis financiero-bursátil se podrá construir un portafolio o cartera que esté destinado a una meta temporal, dado un nivel de diversificación de riesgo, garantizando así un flujo de efectivo el cual permita obtener ciertos bienes o servicios de consumo. De esta manera uno de los problemas al que se enfrenta todo agente económico es la selección de un portafolio o cartera de inversión. Para esto, todo individuo debe considerar la siguiente ruta: primero, se debe definir el perfil del inversor, es decir cuál es el nivel de aversión al riesgo; segundo, nivel de rendimiento que se busca dado el nivel de riesgo; y tercero, análisis sobre los tipos de instrumentos financieros según la preferencia del inversor para seleccionarlos de manera óptima.

Por lo anterior, es importante que todo individuo que desee invertir en el mercado financiero debe conocer el funcionamiento y comportamiento de los distintos instrumentos financieros que se operan en los mercados, a fin de construir una estrategia *ad hoc* que le garantice el máximo beneficio según su nivel de aversión al riesgo. Por lo que, la presente investigación busca plantear una respuesta a la interrogante ¿Cuál es la estrategia óptima que un inversor puede considerar para obtener el máximo rendimiento a partir de una adecuada asignación de acciones bajo la metodología de Black-Litterman vs Harry Markowitz? Para dar una posible respuesta se plantean las siguientes subpreguntas:

- ¿Cuáles son las fortalezas y debilidades de la metodología de Markowitz para evaluar óptimamente una cartera?
- ¿Cuáles son las fortalezas y debilidades de la metodología de Black-Litterman para evaluar óptimamente una cartera?
- ¿Cuáles son las principales diferencias entre la metodología Black-Litterman y Markowitz?
- ¿Bajo qué escenarios o situaciones la metodología Black-Litterman genera mayores rendimientos con respecto a la de Harry Markowitz?

Lo anterior permite plantear el siguiente objetivo general: analizar las metodologías Black-Litterman y Markowitz con el objeto de determinar cuál de estas es la que genera mayores

rendimientos para un inversor cuya aversión al riesgo es moderada y sus decisiones estarán determinadas por las condiciones del mercado financiero.

Mientras que los objetivos particulares se enuncian a continuación:

- Revisar las diferentes metodologías de la selección, evaluación y administración de una cartera óptima.
- Describir la metodología de Markowitz para identificar cuáles son los componentes principales para diseñar una cartera óptima.
- Describir la metodología de Black-Litterman para identificar cuáles son los componentes principales para diseñar una cartera óptima.
- Identificar bajo qué escenarios la metodología Black-Litterman supera al de Markowitz para generar los mayores rendimientos de una cartera óptima.

Por tanto, para satisfacer los anteriores objetivos se menciona brevemente el siguiente marco teórico que comienza a partir de la metodología clásica para resolver el problema de optimización de una cartera de inversión es el modelo Markowitz que fue desarrollado por Harry Markowitz en 1952. Este modelo permite optimizar aquella cartera que otorgue el máximo beneficio con el menor riesgo al inversor mediante la ponderación de los activos candidatos, a fin de obtener una estructura de inversión con el mínimo riesgo asociado y así garantizar el máximo rendimiento esperado. Matemáticamente el modelo busca maximizar el rendimiento esperado en función de su varianza o grado de volatilidad de los activos según su mercado, es decir la ganancia obtenida mediante el modelo de Markowitz dependerá del grado de volatilidad de los instrumentos.

Para lo anterior el modelo de Markowitz reúne varios elementos del entorno financiero, por ejemplo: 1) La Línea de Mercado, la cual muestra la relación entre rendimiento y riesgo de los activos de la cartera objetivo, 2) Curva de la Frontera Eficiente que muestra las diferentes combinaciones de los activos que generan diferentes rendimientos dado el nivel de riesgo (aversión al riesgo) del inversor, y 3) Punto de Intersección, es aquel donde se interceptan la línea de mercado con la curva de la frontera eficiente. El cuál es considerado como el punto óptimo al que el modelo Markowitz busca alcanzar, también indica cual es el nivel de utilidad esperada que se puede obtener con el menor riesgo a partir de una adecuada ponderación de los activos.

Sin embargo, a lo largo del tiempo se le han hecho críticas y modificaciones al planteamiento de Markowitz, los cuales se presentan a continuación: 1) este modelo no incorpora ninguna administración del riesgo, el único acercamiento al tema es que indica que los activos dentro de la cartera, la correlación entre ellos no debe pasar el valor de 0.25, a pesar de ello, hay inversionistas que no consideran que sea suficiente para la administración de riesgo; y 2) dentro del modelo Markowitz la varianza se considera constante a lo largo del periodo, no obstante, el estudio de las series financieras indican que la varianza no es constante a través del tiempo, y por tanto es heterocedástica. Para el caso de Administración del riesgo autores como De Lara Haro (2005), García y Salazar (2005) Martínez *et al.* (2011) identifican los riesgos a los que está expuesta una determinada cartera de inversión y de esta forma hacer uso de la metodología *Value at Risk* (VaR) que le permitirá al inversionista identificar los niveles y montos de las pérdidas que está dispuesto aceptar.

Por otro lado, para corregir el problema de la varianza constante que considera Markowitz autores tales como Casas y Cepeda (2008) y Gálvez *et al* (2010) recomiendan la incorporación del modelo autorregresivo con varianza heterocedástica condicional (ARCH). Este modelo fue introducido por Robert Engle en 1982, el cual permite estimar el comportamiento de la varianza de una serie en función de su pasado; de manera adicional otros autores han desarrollado metodologías complementarias a la de Robert Engle conocidas como modelos de varianza condicional simétricos (GARCH) y asimétricos (EGARCH, TARARCH, IGARCH, etc.).

A la par del modelo Markowitz existen otras metodologías para estimar el rendimiento esperado de uno o varios activos financieros, siendo el modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model) el más conocido, que se diferencia de Markowitz por su solución de tipo parsimonia. El modelo CAPM incorpora la tasa libre de riesgo, la prima de riesgo y la beta de mercado, este último parámetro muestra el grado de sensibilidad que tiene la cartera respecto al mercado. Además, una de sus desventajas es que las ponderaciones de los activos dentro de la cartera dependerán de su capitalización en el mercado, por lo tanto, los activos con mayor valor de mercado tendrán más peso que los de menor no importando que estos tengan un mejor rendimiento bursátil. Esto conduciría a que el inversor en la posición de dejar “*cash on the desk*” y por ende estaría tomando una decisión no óptima.

Otro modelo que surge como alternativa al Markowitz es el APT (Arbitrage Pricing Theory), este modelo también incorpora la tasa libre de riesgo y más de una beta que miden la sensibilidad de la cartera respecto a su entorno. En este sentido Fama y French (1993) proponen incorporar al APT los siguientes 3 factores: el factor mercado, el tamaño de mercado y el valor de mercado como parámetros beta que van a permitir conocer el grado de exposición de la cartera y su desempeño. La robustez del APT en comparación al CAPM y el de Markowitz radica en la administración del riesgo a partir de la incorporación de las betas de los anteriores 3 factores. Las principales críticas de este modelo radican en que los factores de sensibilidad del APT pueden ser ambiguos, por lo que pueden inducir al inversionista a incurrir en riesgos innecesarios, por tanto la cartera resultará ser no óptima.

Entre la literatura existe una gran variedad de metodologías que permiten evaluar de manera óptima las carteras, entre estas se encuentra el modelo Black Litterman. Esta metodología surge en los años 90 y su principal contribución radica en el proceso de optimización de carteras se incorpora las expectativas del inversionista. Cabe mencionar que en las otras metodologías no hace referencia a la visión del inversionista, el más cercano podría ser el ATP quien las considera de manera superficial. El modelo Black-Litterman introduce las expectativas de los agentes económicos sobre los activos que conforman la cartera a través de la llamada matriz Views (Q). La resolución de esta matriz es relativamente más sencilla en comparación con el modelo Markowitz, por lo que su robustez radica en el manejo de las variables que se incorporan durante el proceso de encontrar una solución óptima. Entre las variables se encuentra prima por riesgo, aversión al riesgo, comportamiento del mercado, niveles de incertidumbre, vector de expectativas, entre otras. Sin embargo se debe tener cuidado en la construcción de las variables para evitar problemas de estimación.

Dado lo anterior, la presente investigación se orientará a comprobar la siguiente hipótesis de trabajo: para el caso de un inversor con riesgo moderado considerando que la mejor estrategia de inversión, será optimizar aquella cartera que ha sido seleccionada de manera óptima a través de la metodología Black-Litterman, la cual arrojará resultados más robustos, en contraste de la metodología de Markowitz. Esto es debido a que la eficiencia de la metodología Black-Litterman radica en el principio de que las expectativas de los agentes

son incorporadas durante el proceso de valuación de la cartera; lo que Markowitz no considera y de ahí su debilidad.

Para contrastar la anterior hipótesis, así como alcanzar los objetivos planteados mencionados arriba, el presente trabajo se encuentra dividido en 2 secciones: la teórica y la empírica. En la primera se integra por el capítulo uno en donde se revisa la literatura sobre diseño y manejo de una cartera de inversión a partir de las metodologías de Markowitz y Black-Litterman, enfatizando los diferentes procesos que son utilizados para una óptima valuación de una cartera de inversión. En la segunda sección compuesta por el capítulo dos, donde se describe en primer lugar las acciones que son utilizadas para construir la cartera, mientras que en el tercer capítulo se optimiza la cartera a fin de determinar el nivel de rendimiento de cada metodología y hacer un análisis comparativo.

CAPÍTULO 1

REVISIÓN ANALÍTICA DE LA VALUACIÓN ÓPTIMA DE UNA CARTERA

En este capítulo se hace una revisión teórica de diferentes modelos de valuación de carteras, en primer instancia se encuentra la metodología considerada clásica de Harry Markowitz y los modelos con los que comparte características, como el CAPM y APT. En segunda instancia se encuentra una alternativa a la propuesta de Markowitz, un modelo que incorpora expectativas llamado Black-Litterman. Posteriormente se profundiza en temas que se encuentran dentro de la valuación y optimización de carteras como son: i) modelos de volatilidad, para describir el comportamiento de las series financieras. ii) Análisis Bayesiano, el cual se incorpora en la generación de expectativas del modelo BL y iii) La administración de riesgo, el cuál es fundamental para una adecuada estrategia de inversión.

1.1. Modelo Markowitz, CAPM y APT

1.1.1 Modelo Markowitz

La teoría de Harry Markowitz es conocida como la teoría moderna de selección de portafolios, siendo la más conocida y utilizada, con esta teoría se busca encontrar un portafolio eficiente. Gálvez, *et al*, (2010) menciona que un portafolio eficiente “es aquel que tiene un mínimo riesgo con un máximo retorno”, es decir, se busca buscar el máximo rendimiento posible a un nivel mínimo de riesgo, matemáticamente se tiene:

$$\text{Max } E[R_p] = \sum_{i=1}^n w_i \cdot E[R_i] \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\sigma^2[R_p] = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i \cdot w_j \cdot \sigma_{ij} \leq \sigma_0^2 \quad (2)$$

Dónde:

$E[R_p]$: es el Rendimiento esperado del portafolio o cartera

R_i : es el Rendimiento del activo i

σ^2 : Varianza del portafolio

σ_0^2 : Varianza mínima

σ_{ij} : Covarianza entre los activos i y j

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1; w_i \geq 0 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (3)$$

w_i : ponderación del activo i dentro de la cartera

De una manera dual la optimización del portafolio eficiente se puede encontrar: 1) minimizando el riesgo en el que se incurre al buscar el mayor rendimiento posible, 2) maximizar el rendimiento con un nivel de riesgo mínimo. Cualquiera de estas dos formas de optimizar un portafolio el resultado final serán las ponderaciones de los activos que se encuentran dentro del portafolio arrojarán el mayor rendimiento con el menor riesgo.

Por otro lado, Franco, *et al*, (2011) menciona que hay tres hipótesis dentro del modelo de Markowitz las cuales son: 1) El rendimiento de cualquier portafolio es considerado una variable aleatoria, por lo tanto, tiene su propia distribución de probabilidad, dentro del periodo de estudio, así como un rendimiento esperado que cuantifica a través de la media; 2) La desviación estándar es utilizada como unidad de medida de riesgo de la rentabilidad; y 3) La conducta racional del inversionista lo lleva a preferir la composición de un portafolio que le genere una mayor rentabilidad. Sin embargo, el modelo de Markowitz ha sido criticado por sus resultados limitados y sesgados, por lo que se le han incorporado análisis autorregresivo a fin de incorporar el carácter heterocedástico (o de volatilidad) de la varianza.

1.1.2 Modelo CAPM: Capital Asset Pricing Model

Este modelo sirve para determinar la rentabilidad requerida para un activo que forma parte de un portafolio de inversión. Este modelo parte de la identificación de una relación entre el riesgo y el rendimiento, demostrando que en un mercado eficiente la tasa de retorno de un activo financiero se encuentra determinada por su covarianza, además se encuentra correlacionada con la tasa de retorno del portafolio (Martínez, *et al*, 2013).

Gómez y García (2001) plantean cuatro supuestos que son considerados como los más importantes para optimizar un portafolio los cuales son:

1. Existe una tasa libre de riesgo
2. Los inversionistas tienen un comportamiento homogéneo frente a las rentabilidades esperadas, las varianzas y covarianzas de las diferentes alternativas de información
3. Los inversionistas tienen información completa del mercado
4. El mercado no tiene imperfecciones, ya sea en impuestos, leyes o restricciones de ventas

La ponderación de los activos que conformarán el portafolio se resume en un cociente que representa la proporción con el peso de su valor, donde cobra relevancia el precio del activo. En este punto la literatura hace referencia a la siguiente crítica: darle más peso a los activos de precio más alto dentro del portafolio, el cual es resultado de la siguiente expresión:

$$W_i = \frac{\text{Valor de mercado del activo individual } i}{\text{Valor total de mercado de todos los activos}} \quad (4)$$

Firacative (2015) sostiene que el modelo CAPM difiere con el de Markowitz sobre la manera de referirse al riesgo. Markowitz mide el riesgo a partir de la desviación estándar, mientras el CAPM lo cuantifica a partir de la covarianza con respecto a la economía. De esta manera se dice que el valor β , es la **cantidad de riesgo** y se compone por el cociente de la covarianza entre los rendimientos de los instrumentos financieros (acciones) y del mercado, y de la varianza de los rendimientos del portafolio de mercado. Por lo tanto, β , queda definida matemáticamente como:

$$\beta = \frac{\text{Cov}(R_i, R_m)}{\text{Var}(R_m)} \quad (5)$$

Aplicando la estadística descriptiva para interpretar la correlación, β puede tomar los siguientes valores:

- ❖ Si $\beta > 1$: se puede concluir que los rendimientos del activo i tienen una correlación positiva con los rendimientos del portafolio, además de que los rendimientos del activo i son mayores a los del mercado, sin embargo el activo en cuestión resulta ser más riesgoso que el índice bursátil de referencia (activo subyacente).
- ❖ Si $0 < \beta < 1$: hay poca correlación entre el activo y el desempeño del portafolio de inversión, en consecuencia, hay un riesgo sistemático¹ menor en comparación con el mercado. Los

¹ Es el riesgo que no se puede diversificar, es decir, el riesgo que depende únicamente del mercado en el que se desenvuelve

rendimientos del activo i incrementarán o decrecerán según el desempeño del mercado, pero no en la misma proporción

- ❖ Si $\beta = 0$: esto quiere decir que no hay correlación, por lo tanto, no hay riesgo alguno y el mercado no tendrá impacto en el desempeño de los rendimientos del activo i ; este es el escenario ideal
- ❖ Si $\beta < 0$: puede surgir el caso que la cantidad de riesgo sea negativa y en consecuencia, un incremento del rendimiento en el mercado sobre el activo i disminuirá por debajo de la tasa libre de riesgo.

Esta medida indica cómo impacta el riesgo de un activo sobre el riesgo total del portafolio. En ese sentido Navarro (2018) propone que para calcular la Beta del portafolio solo se necesita la sumatoria de las betas de cada activo

$$\beta_p = \sum x_i \beta_i \quad (6)$$

Donde:

β_p = es la cantidad de riesgo del portafolio

X_i = el peso de cada acción dentro del portafolio

β_i = cantidad de riesgo de cada activo i

Cabe aclarar que en la literatura consultada la cartera o portafolio de mercado (R_m) es desconocido o ambiguo, esto se puede deducir debido a que el portafolio de mercado se refiere al conjunto completo o al número total de acciones. En ese sentido, la variable proxy del mercado es cualquier índice bursátil. Otro concepto importante en este modelo es la **prima de riesgo**, no es más que la diferencia entre el rendimiento del mercado y el rendimiento del activo libre de riesgo, o cuando $\beta=0$, esto se traduce como la prima de riesgo del mercado (m):

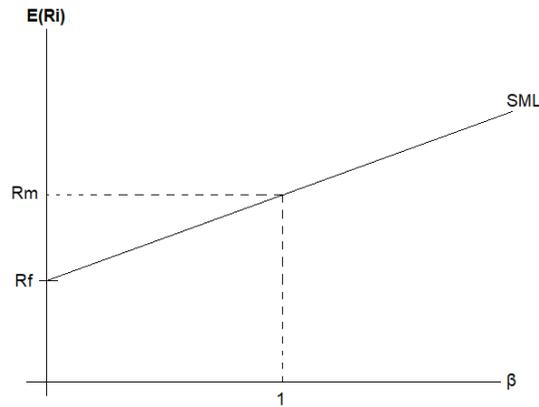
$$m = R_m - R_f \quad (7)$$

Dónde R_m es el rendimiento del portafolio de mercado, mientras que R_f es el rendimiento que otorga el activo libre de riesgo, como es el caso de los Certificados de Tesorería. Posteriormente la prima de riesgo de algún activo (PR_i) será básicamente la misma diferencia, sin embargo, a esta se le multiplicará por la cantidad de riesgo (β_i) del activo en cuestión, es decir:

$$PR_i = \beta_i(R_m - R_f) \quad (8)$$

La relación que existe entre la cantidad de riesgo y el rendimiento de un activo genera lo que se conoce como **Security Market Line** que representa a la frontera eficiente y muestra la relación típica de “a mayor rendimiento mayor riesgo”

Gráfica 1.- Security Market Line



Fuente: elaboración propia con base en Firacative (2015)

La Gráfica de SML muestra en el eje de ordenadas el rendimiento del portafolio mientras que el eje de las abscisas muestra el nivel de riesgo medido con el indicador β . La SML inicia en el nivel que se encuentra el rendimiento libre de riesgo, el punto donde $\beta=1$ se encuentra el rendimiento del mercado, indicando con ello que tan riesgoso es el portafolio seleccionado. Por tanto, la prima de riesgo del portafolio se encuentra está representada por el rendimiento del mercado y del activo libre de riesgo.

De esta manera el portafolio eficiente se encontrará en algún punto sobre la recta de SML y el nivel de rendimiento estará determinado por la prima de riesgo que se define de la siguiente manera:

$$R_i - R_f = \beta(R_m - R_f) \quad (9)$$

Del lado izquierdo de la igualdad (ecuación 9) se tiene **la prima de retorno** o de rendimiento, ya que muestra el rendimiento adquirido al haber invertido en un portafolio de renta variable en lugar de renta fija, mientras del lado derecho se tiene la prima de riesgo del mercado. Para calcular la SML se utiliza la siguiente ecuación:

$$SML = R_f + \frac{E(R_m) - R_f}{D.E.m} (D.E.p) \quad (10)$$

La ecuación (10) se diferencia de las anteriores por incorporar las siguientes variables:

$D.E.m$ = Desviación estándar del mercado

$D.E.p$ = Desviación estándar del portafolio

A esta relación también se le conoce como la rentabilidad que requerida para compensar cualquier riesgo.

1.1.3 Modelo APT: Arbitrage Pricing Theory

Este modelo arroja el rendimiento de un activo en función de la tasa libre de riesgo y de la sensibilidad que tiene el portafolio a los factores exógenos al mercado, como es el PIB, inversión, consumo privado, entre otras. Por ejemplo, los movimientos en el precio del petróleo podrían afectar a los rendimientos esperados de cualquier portafolio que están ligados a esta variable. Matemáticamente lo anterior se define de la siguiente manera:

$$R_i = R_f + \beta_1 \delta_1 + \dots + \beta_n \delta_n + \xi \quad (11)$$

Donde R_i es el rendimiento esperado del portafolio que depende de la tasa libre de riesgo (R_f) y de los factores exógenos

β_i : mide la sensibilidad de los cambios de cada factor exógeno

δ : es el factor que puede repercutir sobre el rendimiento del activo i

ξ : es el término residual de todos aquellos factores exógenos que repercuten sobre R_i y que no están en el portafolio.

Si un portafolio tiene como coeficientes $\beta_i = 0$, se trata entonces de un portafolio con nula sensibilidad a los cambios económicos. Por tanto, se trata de un portafolio libre de riesgo.

Este modelo puede ser aplicado bajo el esquema de un mercado eficiente, competitivo y sin arbitraje, es decir, los precios reflejan toda la información relevante para la determinación del precio de cualquier instrumento financiero, además, sin obtener ganancias o utilidades por el intercambio de información.

El APT al igual que el CAPM incluye el concepto de prima de riesgo, que hace referencia a la prima obtenida por haber incurrido a un riesgo mayor con respecto a la tasa libre de riesgo. Esto se define al igual que el CAPM como $(R_m - R_f)$.

Una de las formas para aplicar el modelo APT es a partir del modelo de tres factores que incluye tres etapas, las cuales se anuncian a continuación:

- 1.- Identificar los factores implícitos en la economía que afectarán al rendimiento de los activos.
- 2.- Estimar la prima de riesgo de cada factor.

3.- Estimar la sensibilidad de los factores (β).

Fama y French (1993) incorporaron a este modelo tres factores que influyen sobre el comportamiento de los activos y son los siguientes:

1) El factor mercado: se trata de la diferencia entre el rendimiento de mercado y el rendimiento de activos libres de riesgo o de renta fija, este factor se puede identificar con las siglas ($R_m - R_f$).

2) Factor tamaño: este considera el tamaño de las firmas, siendo la diferencia de los retornos de empresas pequeñas y el retorno de empresas grandes. También suele llamarse a este factor *small minus big* (SMB), algebraicamente es la diferencia entre la media de retornos de empresas con menor capitalización y la media de retornos de empresas con mayor capitalización.

3) Factor de Valor de mercado: para este factor se toma el valor de mercado de los activos. Es la diferencia entre el rendimiento que otorgan los activos con mayor valor de mercado y el rendimiento que otorgan los activos con menor valor de mercado. También se le conoce como *high minus low* (HML). De este modo si se incorpora el concepto de prima de riesgo y el factor de tres pasos, se obtiene la prima de riesgo esperada a partir de la siguiente relación:

$$R_i - R_f = \beta_{mdo} (R_m - R_f) + \beta_{smb} (R_{smb}) + \beta_{hml} (R_{hml}) \quad (12)$$

Dónde:

R_i : es el rendimiento del activo i

R_f : es el rendimiento del activo libre de riesgo

$R_i - R_f$: es la prima de riesgo del activo i

β_i : mide la sensibilidad de cada factor

R_{smb} : es la diferencia de retornos de empresas pequeñas respecto a retornos de empresas grandes; factor tamaño

R_{hml} : es la diferencia entre los rendimientos con mayor valor de mercado y los de menor valor de mercado; factor valor de mercado.

Una vez de haber identificado estos tres factores, se estima su prima para cada uno de estos. Para el factor mercado se toma un índice accionario como R_m , y para R_f se puede considerar los bonos del gobierno como variable proxy. Para el caso de los factores valor de mercado y de tamaño se toma una muestra de 3 a 5 empresas para representar cada extremo. Después de haber calculado estas primas

se estiman las sensibilidades (β). En el ejemplo dado por Bradley, *et al*, (2010) las sensibilidades se estiman a través de una regresión lineal simple.

La crítica principal a este modelo recae sobre los factores, ya que la literatura no señala con precisión cuales son aquellos factores que deben ser considerados en la estimación. Solo se menciona los factores económicos que suelen ser seleccionados erróneamente. En Reisman (2002) la estimación del APT no les da tanta importancia a los factores, solamente se requiere una aproximación a través de variables proxy.

Por otra parte si se revisan las evidencias de Dhankar y Singh (2005) se puede concluir que el modelo APT tiene un mejor manejo del riesgo en comparación al modelo CAPM. Ya que este último utiliza el parámetro β como cantidad de riesgo dada la relación de covarianza y varianza; mientras el APT le da un peso específico a las β 's, al cambio en los factores que determinan el comportamiento del activo en cuestión. Dentro de este modelo hay dos tipos de riesgo, uno es el riesgo sistemático, y el riesgo determinado por los factores escogidos.

El APT parte del supuesto de que los mercados financieros no tienen fricciones, es decir, no existen barreras de entrada. De igual forma no existen oportunidades de arbitraje y las rentabilidades de los activos pueden ser descritas por un modelo factorial (Cubillos, 2013). La especificación del modelo factorial incluye a los factores que se van a agregar para determinar el comportamiento del activo en cuestión.

De esta manera el uso del modelo APT permite diseñar un portafolio que este adaptado a las necesidades específicas de cada inversor, además, permite observar y modelar distintos escenarios económicos que influyen sobre el portafolio. Todo esto es posible a través del coeficiente β , ya que a partir de este se puede modelar los retornos esperados con respecto al cambio en cada uno de los factores.

1.2. Metodología Black-Litterman

Esta metodología apareció por primera vez en el artículo de Black y Litterman (1992) titulado *Global Portfolio Optimization* que fue publicado en la revista *Financial Analysts Journal*, publicación principal del Instituto *Chartered Financial Analyst (CFA)* de Estados Unidos. Esta metodología describe cómo debe llevarse a cabo una óptima distribución de activos para la gestión de portafolios, sin embargo, sigue la lógica del modelo Markowitz dado el capital inicial, donde además se incorporan las expectativas de los inversionistas sobre el desempeño de los activos que conforman el portafolio. Gálvez (2008) considera que la metodología Black-Litterman debe estar sustentada en los siguientes supuestos: 1) Los retornos se encuentran normalmente distribuidos, 2) Los Riesgos son

tomados sobre los activos en que se tienen visiones o en el lenguaje del economista se le denomina expectativas (*looking forward*), 3) No hay costos de transacción ni impuestos, y 4) Cada retorno sobre la inversión tiene asociado una distribución de probabilidad.

Primero se calcula una variable llamada Exceso de Retornos de Equilibrio Implícitos (*Implied Excess Equilibrium Return*) para cada activo en forma de vector, en donde se les consideran de equilibrio debido a que esta metodología parte del supuesto que el mercado se encuentra en equilibrio, la demanda de activos de los inversionistas se iguala con la de su oferta, mientras el término de “Exceso de Retornos” se debe al uso de las primas por riesgo de los instrumentos. Para la obtención de rendimientos esperados, a diferencia que en el modelo CAPM, este modelo plantea la rentabilidad esperada a partir de la ponderación en función del nivel de capitalización, más adelante se darán los detalles de esta fórmula.

Adicionalmente, las expectativas de los inversionistas se forman a partir de cada uno de los activos de manera independiente a los sectores que pertenecen e integran el portafolio. De esta manera Arbeláez, *et al*, (2011) distingue tres tipos de expectativas: 1) Absoluta: expectativa que compara un sector en específico con el resultado del mercado o una expectativa sobre un solo activo, por ejemplo, si el mercado prevé que el sector automotriz tendrá un incremento de 5% anual, esto implica que los rendimientos de los activos de este sector también aumentarán. 2) Relativa Simple: expectativa que compara la evolución de un sector o activo contra otro, por ejemplo, la empresa A tendrá un desempeño superior a la empresa B de 10%. 3) Relativa Múltiple: expectativa que compara entre 2 o más sectores contra otro y viceversa, por ejemplo, previo a la crisis *subprime* el sector financiero y el inmobiliario generaban mayor rendimiento que el mercado de los *commodities* y el de divisas.

Martínez (2013) calcula los rendimientos esperados según la metodología Black-Litterman a través del modelo CAPM, como recurso y en conjunto con una visión bayesiana en donde se combinan los rendimientos con las previsiones futuras de los inversionistas, volviéndose así una estimación mixta. Herold (2003) alude que la estadística bayesiana es una aproximación natural para la construcción de portafolios porque provee una teoría para combinar información de diferentes fuentes para modelar la incertidumbre.

Las ponderaciones para cada activo del portafolio estarán dadas por las capitalizaciones de estos mismos, es decir, cada ponderación es la proporción del activo respecto a la capitalización total del portafolio en conjunto, por lo tanto, se escribe la siguiente relación:

$$W_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (13)$$

Donde M_i es la capitalización del activo i , esta capitalización será igual al producto del precio del activo por el número de instrumentos en el mercado PQ . Se debe tener en cuenta que el conjunto de las ponderaciones formará el vector W_i . Con esas ponderaciones se puede calcular el Exceso de Retornos de Equilibrio Implícitos (Π), que están dados por la siguiente fórmula:

$$\Pi = \delta \Sigma W \quad (14)$$

Donde Π , Exceso de Retornos de Equilibrio Implícitos. Σ , Matriz de Covarianza de las primas por riesgo. W , Vector de Ponderaciones. δ , aversión al riesgo, que para este modelo se define:

$$\delta = \frac{Rm - Rf}{\sigma^2 m} \quad (15)$$

Donde Rm , Rendimiento del mercado. Rf , Rendimiento de la tasa libre de riesgo. σ^2 , varianza del mercado. Como información adicional el nuevo vector de Exceso de Retornos de Equilibrio Implícitos supone que los retornos se distribuyen como una normal con una media esperada (μ) y varianza (Σ) de la matriz de covarianzas, es decir:

$$\text{Exceso de Retornos de Equilibrio Implícitos} \sim id N(\mu, \Sigma) \quad (16)$$

Con esta distribución se establece la siguiente relación sobre el comportamiento de los rendimientos de los activos financieros que fue propuesta por Vilarino (2001):

$$\mu = \Pi + \varepsilon^e \quad (17)$$

Los retornos esperados serán determinados por su media, μ , la cual se distribuye como una normal y cuyos componentes serán los Excesos de Retornos de Equilibrio Implícitos más el término estocástico (ε). Este término estocástico también se distribuye como una normal de media cero y una varianza ($\tau \Sigma$). Cabe mencionar que en la literatura el parámetro τ es poco discutido. Arbeláez, *et al*, (2011) define al parámetro como “el grado de incertidumbre con respecto a la precisión con la que es calculado Π ”. Muñoz (2018) lo define como “la incertidumbre sobre el portafolio inicial”, mientras para Idzorek (2007) es un escalar “inversamente proporcional al peso relativo de Π ”, el cual proporciona el grado de certeza ya que si este es igual a uno implicará que Π converja al valor μ , mientras si es igual a cero los retornos serán determinados por la incertidumbre, finalmente, para Rodas y Arango (2017) es “la incertidumbre sobre la precisión con que se estima el vector Π ”.

Sin embargo, no se puede eliminar la incertidumbre debido a que la expectativa de certeza no puede ser cierta al 100% dado a la ocurrencia de los choques de tipo estocásticos, de esta manera Black y Litterman (1992) y Lee (2000) incorporan un valor τ entre 0.01 y 0.05, mientras Satchell y Scowcroft

(2000) proponen un valor de uno y Blamout y Firoozye (2003) mencionan que el escalar es aproximadamente (1/n) y finalmente Idzorek (2007) asume el valor de $\tau=0.025$.

De esta forma se construye la función que permitirá encontrar el vector de los Retornos Esperados para el modelo de Black Litterman:

$$E[R] = [(\tau\Sigma)^{-1} + P'\Omega^{-1}P]^{-1}[(\tau\Sigma)^{-1}\Pi + P'\Omega^{-1}Q] \quad (18)$$

Donde E [R], Vector de Retornos Esperados. τ , Grado de incertidumbre que se tiene sobre los activos. Σ , Matriz de Covarianza de los excesos de retornos. P, Matriz que introduce las Expectativas sobre los Activos de la Cartera. Ω , Incertidumbre sobre las Expectativas (views). Π , Retornos Implícitos de Equilibrio. Q, Vector de Expectativas sobre los Activos (views). Respecto a las Expectativas que son el insumo principal de esta metodología se definen mediante la siguiente expresión:

$$Q = \begin{bmatrix} Q_1 \\ \vdots \\ Q_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \vdots \\ \varepsilon_k \end{bmatrix} \quad (19)$$

Hay que mencionar que no es necesario tener una expectativa por cada activo, podemos tener menor número de expectativas con relación al número de activos o mayor número de expectativas con relación al número de activos. El término estocástico (ε) de los views (ecuación 19) no entra directamente en el modelo, su contribución a la metodología es la matriz incertidumbre sobre las expectativas (Ω), esto se debe a que el término estocástico (ε) se distribuye como una normal con media cero y matriz de varianza covarianza Ω , esta última se representa de la siguiente manera:

$$\Omega = \begin{bmatrix} \omega_1 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \omega_k \end{bmatrix} \quad (20)$$

La matriz Ω se compone de una diagonal principal que está compuesta por la varianza de los términos estocásticos (ε) de cada expectativa y toman el valor individual de (ω_k), todo lo que se encuentre fuera de la diagonal principal su valor será igual a cero, ya que Idzorek (2007) asume que las expectativas son independientes una de otra. Entonces, para obtener el valor ω se hace uso de la siguiente ecuación:

$$\omega = P_{n*k} \Sigma P'_{n*k} \quad (21)$$

El parámetro ω se define como el producto de la multiplicación de la matriz de las expectativas (P) por la matriz de las covarianzas de los excesos de retornos (Σ) y por la matriz transpuesta (P).

Por último la matriz P se diferencia del vector Q debido a que este contiene las expectativas cuantificadas, es decir el porcentaje que se le asigna a la visión P, por ejemplo, partiendo que se tienen tres activos (A, B y C), si la expectativa de que el rendimiento esperado de A es mayor al de B, también existe la expectativa de que el rendimiento esperado de B sea mayor al de C, entonces se espera que el rendimiento de A sea mayor al de C.

Para unir las expectativas expresadas en la matriz Q al activo correspondiente utiliza la matriz P donde para cada expectativa se tendrá un vector de orden $I \times N$; el número de expectativas (views) dependerá de cada inversionista, pero, no es necesaria una expectativa para cada activo. En consecuencia, el resultado es una matriz P de orden $K \times N$; donde K representa el número de expectativas (views) y N el número de instrumentos que conforma la cartera. En términos generales, la fila uno de la matriz P representa la primera expectativa, la fila dos representa la segunda expectativa, y así sucesivamente hasta llegar a la K-ésima fila que representa a su vez a la K-ésima expectativa.

Dentro de Idzorek (2002) se enumeran algunos métodos para especificar los valores de la matriz P, de estos, dos se ejemplifican dos métodos para usar la matriz P; en ambos métodos se indica que los valores de la matriz P se encontrarán entre (-1, 1) de acuerdo con el rendimiento esperado de los activos. Adicionalmente, los valores de la matriz son el resultado de ponderaciones y son iguales a la proporción de 1 entre el número de activos, según su magnitud ($1/N$), esta ponderación se le asigna al activo que se le está asociando la expectativa y se colocará su valor en la fila columna correspondiente.

En primer lugar se encuentra el método denominado esquema de ponderaciones iguales (*equal weighting scheme*) que es usado por Satchell y Scowcroft (2000). Para ilustrar este método se considera que se tiene los siguientes activos (A, B, C y D) que integran una cartera y se prevé que el rendimiento de estos sea: *i*) Expectativa 1 ($C_t > C_{t-1}$); *ii*) Expectativa 2 ($A > B$); y *iii*) Expectativa 3 ($C \text{ y } D > A \text{ y } B$) y se representa a través de la siguiente matriz:

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ -0.5 & -0.5 & 0.5 & 0.5 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \textit{Expectativa Absoluta} \\ \textit{Expectativa R.Simple} \\ \textit{Expectativa R.Múltiple} \end{array} \quad (22)$$

La matriz (22) se interpreta de la siguiente manera: En la fila uno se encuentra la primera expectativa, denominada Absoluta, donde sólo toma en cuenta al activo C, y significa que el activo C aumentará un $Q_1\%$ de rendimiento, sin compararse con ningún otro activo de la cartera. La segunda expectativa es la Relativa Simple, se interpreta que el instrumento A tendrá $Q_2\%$ de rendimiento mayor en comparación con el activo B; por último la tercera expectativa se trata de la Relativa Múltiple donde

se espera que los activos C y D tengan Q₃% más de rendimiento en comparación con los activos A y B.

El segundo método que es usado por Idzorek (2000) consiste en un esquema de ponderación de acuerdo con la capitalización de mercado (*market capitalization weighting scheme*). Este método en lugar de ponderar respecto a 1/N se enfoca en la capitalización de mercado, y se obtiene a partir del valor de capitalización del activo *i* dividido entre la suma de la capitalización de mercado de los activos que integran la expectativa; la diferencia entre el primer y el segundo método sólo afecta a las Expectativas Relativas Múltiples. Para ejemplificarlo se retoma las suposiciones empleadas en la matriz (22) y se agrega el *Market Cap*, además se asume que las capitalizaciones de los activos son las siguientes: (A = 90 u.m.) (B= 10 u.m.) (C= 90 u.m.) y (D= 10 u.m.), de esta manera los valores de la tercera expectativa cambiarán de la siguiente manera:

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ -0.9 & -0.1 & 0.9 & 0.1 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \textit{Expectativa Absoluta} \\ \textit{Expectativa R.Simple} \\ \textit{Expectativa R.Múltiple} \end{array} \quad (23)$$

Como en el ejemplo anterior los activos A y B tienen signo negativo al tener un rendimiento inferior, mientras los activos C y D tienen signo positivo debido a su rendimiento superior, sus respectivos valores resultan de la capitalización individual de cada activo entre la suma de los activos inferiores o superiores según sea el caso, para este ejemplo los valores se determinan de la siguiente manera:

$$\frac{\textit{Market Cap A}}{\textit{Market Cap A + B}}$$

$$\frac{\textit{Market Cap B}}{\textit{Market Cap A + B}}$$

$$\frac{\textit{Market Cap C}}{\textit{Market Cap C + D}}$$

$$\frac{\textit{Market Cap D}}{\textit{Market Cap C + D}}$$

Finalmente, los pesos de cada activo dentro de la cartera se definen a partir de la siguiente ecuación:

$$W_{BL} = (\delta\Sigma P)^{-1} \mu_{BL} \quad (24)$$

1.3. Modelos de Volatilidad

En las series financieras la varianza se convierte en un factor relevante ya que, esta se le asocia con la volatilidad y riesgo. En ese sentido Engle (2004), Galán y Villalba (2018) y Galán *et al.* (2018) introducen el concepto de “*volatilidad histórica*”, el cual hace referencia al periodo de estudio, si es muy largo el periodo, entonces la volatilidad de la serie pierde relevancia para el momento presente. En cambio, si el periodo es corto entonces la medición de la volatilidad tendrá mayor peso en el comportamiento de la serie en el tiempo presente. Engle enfatiza la importancia de establecer qué medida hay que utilizar para estudiar la volatilidad de cualquier serie de tiempo. Además de identificar los componentes que pueden influir sobre la volatilidad futura para una mejor estimación de las observaciones que están fuera de la muestra. La última consideración es que los periodos de estudio conllevan sus propios problemas, por lo tanto, en la estimación de la varianza futura no deberá suponer que se mantiene constante y de ahí la necesidad de una teoría de analice la volatilidad dinámica de las series de tiempo. Lo anterior son los principales aportes de Robert Engle que se encuentran integrados en los modelos ARCH (p, q).

Para la estimación del modelo ARCH no se deberá imponer restricciones, sin embargo, se toman en cuenta algunas características para darle validez al modelo, la primera de estas, los parámetros del modelo deben ser positivos con el fin de que las varianzas estimadas sean positivas. La siguiente característica es que las raíces del polinomio característico estén fuera del círculo unitario de tal forma se garantice el supuesto de la estacionariedad en varianza.

1.3.1 Modelos de Varianza Simétrica

El modelo ARCH (*Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*) de orden (p, q), nombre puesto por David Hendry, predice la varianza en función de las observaciones actuales, este modelo es una generalización de la varianza muestral, pues al ponderar la varianza se les da mayor peso a las observaciones recientes y se les resta a las más antiguas. El modelo ARCH se encuentra especificado a partir de una ecuación de varianza, el cual se especifica a continuación (Galán y Villalba, 2018):

$$\sigma^2 = \alpha_0 + \alpha_1 U_{t-1}^2 \quad (25)$$

Dónde α_0 , es la constante del modelo y representa el valor medio a largo plazo de la varianza. $\alpha_1 U_{t-1}^2$, es el error rezagado al cuadrado, también considerado como la innovación sobre la volatilidad. De esta manera con los modelos ARCH surgen varios aportes e innovaciones, también llamadas generalizaciones, que agregan valor y nuevas herramientas de estudio, la primera generalización se trata del modelo GARCH (*Generalized Autoregressive Conditionl Heteroskedasticity*), de orden (p,

q), desarrollada por Tim Bollerslev (1986). El GARCH es un modelo autorregresivo de medias móviles, cuyo supuesto principal consiste en que las ponderaciones residuos al cuadrado de los periodos anteriores disminuyen geométricamente. Este modelo incluye tres componentes de la varianza: *i*) varianza de largo plazo, *ii*) la predicción de la varianza se encuentra determinada por los residuales al cuadrado de periodos anteriores y *iii*) la predicción se lleva a cabo considerando la varianza de los periodos anteriores. De esta forma el GARCH (1, 1) se especifica de la siguiente manera (Galán *et al*, 2018):

$$\sigma^2 = \alpha_0 + \alpha_1 U_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad (26)$$

Dónde α_0 , es la constante del modelo y representa el valor medio a largo plazo de la varianza. $\alpha_1 U_{t-1}^2$, es el error rezagado al cuadrado, también considerado como la innovación sobre la volatilidad y β es la persistencia de la varianza pasada en la varianza actual y representa el término GARCH.

1.3.2 Modelos de Volatilidad Asimétrica

El modelo ARCH (p) y el modelo GARCH (p, q) no logran captar las características de asimetría de las series financieras, es así Nelson (1991) propone los modelos EGARCH (*Exponential GARCH*) e IGARCH (GARCH Integrado) para captar estas características, las cuales pueden ser categorizadas como modelos de varianza asimétrica. El principal aporte de este modelo consiste en predecir como los errores y varianza pasada afectan de manera asimétrica a la volatilidad del activo financiero. Contextualizando en el ámbito financiero por Engle (2004), una caída significativa en el precio de un activo tiene predicciones de mayor volatilidad en comparación con el aumento de su precio en la misma proporción; a esta propiedad se le conoce como efecto de apalancamiento. La ecuación de la varianza para este modelo tiene distintas variantes sobre su especificación, en primer lugar, como su nombre lo indica es tipo exponencial, por lo que su especificación se obtiene aplicando logaritmo a una especificación exponencial del GARCH, por tanto Novales (2013) define al EGARCH de la siguiente forma:

$$\ln \sigma^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \left(|\varepsilon_{t-1}| - \frac{\sqrt{2}}{\pi} \right) + \delta \varepsilon_{t-1} + \beta \ln \sigma_{t-1}^2 \quad (27)$$

Dónde α_1 : el parámetro que indicará la magnitud del efecto de asimetría, δ : representa el efecto de apalancamiento o asimetría, β : representa la persistencia de la volatilidad. En el modelo cabe mencionar ciertos aspectos relativos al apalancamiento, en primera, si el parámetro $\delta < 0$ refleja que los impactos negativos o innovaciones tienen mayor impacto sobre la varianza presente en comparación con los impactos positivos o de igual tamaño. También este mismo parámetro garantizará que los errores tengan correlaciones con las varianzas futuras, y por último, los impactos

en la varianza son lineales, si el impacto es positivo será de la forma $(\alpha + \delta)$ y si es negativo el impacto será de la forma $(\delta - \alpha)$.

Otra generalización propuesta por Engle y Bollerslev (1986) y Galán y Villalba (2018) es el modelo IGARCH (*Integrated Garch model*), de orden (p, q) donde una de las principales características es que la suma de los valores de α y β deberán estar cercana a uno para ser estacionario, pero si es igual a uno implica la presencia de una raíz unitaria. Según Novales (2013) a diferencia del modelo GARCH en este modelo cualquier choque sobre la varianza va a persistir y muy probablemente no desaparezca este efecto, además se necesitará periodos largos para que la varianza recupere su valor medio, por lo que su ecuación se define de la siguiente manera:

$$\sigma^2 = w + \sigma^2_{t-1} + \alpha(U^2_{t-1} - \sigma^2_{t-1}) \quad (28)$$

Existe una problemática y discusión con la manera de estimar los parámetros de un modelo ARCH, las variantes son las siguientes: Estimar por el Método Generalizado de los Momentos (GMM), para esto no es necesario conocer la verdadera función de distribución de las variables, por otro lado, la manera de resolverlo es más sencillo que por el método de Máxima Verosimilitud (MV), sin embargo el principal defecto del GMM frente al método de máxima verosimilitud es su baja eficiencia en la estimación cuando la verdadera función de distribución de las variables es la normal. Otros autores como Pagan y Schwert (1990) proponen estimaciones no paramétricas empleando el método de Kernel o a través de las cadenas de Fourier donde se utilizan sus momentos condicionados. Y por último Wooldridge (1992) propone una estimación cuasi-máximo verosímil donde los parámetros están en función de los primeros y los segundos momentos que se obtienen a partir del cuasi-máximo verosimilitud, el cual es asintóticamente normal.

1.3.3 Modelos de Volatilidad Multivariada

El modelo MGARCH es de tipo Autorregresivo de Heteroscedasticidad Condicional que involucra un sistema de ecuaciones debido a que este incorpora más de una variable de estudio, este modelo fue desarrollado por Bollerslev, Engle y Wooldridge (1988) y es muy útil para la valuación de activos pues se busca analizar la estructura de las covarianzas condicionales de los activos que conformarán una cartera. La especificación de este modelo en su forma más general es prácticamente la misma forma que la ecuación del modelo GARCH, con la diferencia de que el MGARCH incorpora más de una variable:

$$vech(\sigma^2) = C + \alpha vech(U^2_{t-1} U'^2_{t-1}) + \beta vech(\sigma^2_{t-1}) \quad (29)$$

Dónde Vech, hace referencia a una matriz NxN simétrica. σ^2 , es la matriz de varianza covarianza en el tiempo t. C, es la matriz de constantes del modelo. α , es la matriz de parámetros que responden al proceso ARCH, de errores al cuadrado rezagados. B, es la matriz de parámetros que responden al proceso GARCH, de la matriz var-cov rezagadas. El sistema de ecuaciones con dos activos que resulta del desarrollo de las matrices es el siguiente:

$$\sigma_{11t}^2 = C_{11} + \alpha_{11}U_{1,t-1}^2 + \beta_{11} \quad (30)$$

$$\sigma_{12t}^2 = C_{21} + \alpha_{12}U_{1,t-1}U_{2,t-1} + \beta_{12}U_{1,t-1} \quad (31)$$

$$\sigma_{22t}^2 = C_{22} + \alpha_{22}\sigma_{2,t-1}^2 + \beta_{22}\sigma_{t-1}^2 \quad (32)$$

El modelo GARCH Multivariado tiene varias representaciones siendo las siguientes las más populares: *i)* BEKK (Baba, Engle, Kraft y Kroner), Vidal (2015) la define como “la representación más parsimoniosa a la hora estimar los parámetros y modelar la varianza”, sin embargo para más de tres series el modelo comienza a tener problemas de estimación, una innovación nueva afectará a la varianza condicional de la variable que sufrió el impacto y además a las varianzas condicionales de las demás variables; *ii)* VECH (Vector de Varianza Heterocedástica Condicional) esta representación es usada para modelar problemas de asimetría, no contiene interdependencia dinámica entre volatilidades y al contrario del BEKK la estimación sufre problemas cuando n representa un número pequeño; en cuanto a los modelos diagonales existen los siguientes *iii)* DVECH y *iv)* DBEKK

Modelo CCC

De acuerdo con Scheicher (2001) la representación CCC (Correlación Condicional Constante) se concentra en el estudio de mercados financieros asumiendo una correlación constante, trabaja el supuesto de correlaciones entre las rentabilidades por pares de manera constante a través del tiempo y omiten el cambio de régimen en la volatilidad y no toman en cuenta factores macroeconómicos. El modelo fue propuesto por Bollerslev en 1990 supone una matriz de correlaciones constantes en el tiempo y asegura la no negatividad de la varianza, derivando en la siguiente expresión:

$$\sigma_t^2 = \Delta_t R_t \Delta_t \quad (33)$$

Donde σ_t^2 , Representa la matriz de covarianzas condicionales. R_t , Representa la matriz de correlación condicional. Δ_t , Representa la matriz de desviaciones estándar condicionales.

Modelo DCC

La representación DCC (Correlación Condicional Dinámica) es la más usada para demostrar la existencia del efecto contagio financiero y la interdependencia de las variables financieras. A diferencia del modelo CCC este modelo permite que las correlaciones cambien en el tiempo, y su estimación se lleva en dos etapas, en la primera etapa se estiman las varianzas condicionales, con la ecuación clásica del proceso GARCH y se estandarizan los errores, y en la segunda etapa se obtienen las correlaciones de los residuos, de igual forma con el proceso GARCH se llega a la siguiente expresión:

$$\sigma_t^2 = D_t R_t D_t \quad (34)$$

Donde R_t , es la matriz de correlaciones variantes en el tiempo. D_t , Es un vector de desviaciones estándar.

1.4. Análisis Bayesiano

En palabras de Paéz, *et al.*, (2011), la metodología bayesiana está basada en la interpretación subjetiva de la probabilidad a partir de un conocimiento previo resultante del análisis de datos y así inferir sobre los valores desconocidos. Esta metodología permite generar los insumos para la estimación de la matriz de las expectativas del modelo Black-Litterman. Para la presente investigación el modelo de probabilidad resultante servirá para estimar los rendimientos esperados de los activos con el conocimiento previo de su comportamiento, con esto se obtendrían parámetros con mayor robustez. Una característica de la Inferencia Bayesiana es que se tienen creencias propias, subjetivas, las cuales se les llama a priori para cualquier evento. Para ello es indispensable tener una base de datos y un horizonte temporal amplio que permita obtener las mejores decisiones con base al teorema de Bayes.

El teorema de Bayes fue propuesto por Thomas Bayes en 1763 y refleja la probabilidad condicional de un evento aleatorio (A) dado (B), en términos de la distribución de probabilidad condicional del evento (B) dado (A) y la distribución de probabilidad marginal de (A). En términos prácticos el teorema vincula la probabilidad de (A) dado (B) con la probabilidad de (B) dado (A), cuya expresión se muestra a continuación:

$$P(B) = P(B \cap A)/P(A) \quad (35)$$

Donde $P(B)$ es la probabilidad del evento (A) dado el evento (B). $P(B \cap A)$ es la probabilidad del suceso incluyente, es decir que los eventos (A) y (B) ocurran a la vez. Mientras $P(A)$ es la probabilidad del evento marginal (A). Sea A el conjunto de datos excluyentes $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ cuyas probabilidades individuales son diferentes de cero y además conocidas, por lo tanto, la probabilidad

del evento, marginal (B) estará dada por la sumatoria de la probabilidad del evento (B) dado el evento (A_i) por la probabilidad de A_i , de tal manera que la ecuación 35 se transforma en:

$$P(B) = \frac{P(A)*P(B|A)}{P(B)} = \frac{P(A)*P(B|A)}{\sum P(B|A_i) * P(A_i)} \quad (36)$$

Dentro del Teorema la probabilidad a priori se convierte en una probabilidad a posteriori con base a la Hipótesis planteada al momento que se incorpora la información, en este caso, en un primer momento se tiene una distribución de probabilidades de las expectativas, e incertidumbre, sobre los activos en cuestión, y al trabajar con los datos, el teorema devolverá una distribución nueva, que es la distribución de probabilidades ajustada por el comportamiento de los datos observados. De esta manera se define la probabilidad a posteriori como:

$$P(H_i|D) \quad (37)$$

La anterior función representa la probabilidad con la que los datos conocidos (D) apoyan la Hipótesis (H_i), expectativas, aunque se aclara que dichas expectativas o Hipótesis deben estar contenidas en la distribución de probabilidad. De acuerdo con la literatura existe el debate entre dos tipos de probabilidades, la bayesiana y la frecuentista, la diferencia radica en que la frecuentista aborda la probabilidad de manera objetiva, mientras la bayesiana se aborda de forma subjetiva, es decir la creencia sobre una Hipótesis con cierta evidencia, en otras palabras, una probabilidad condicional.

Otro elemento importante dentro del teorema es la función de verosimilitud, es decir para el caso $P(B|A)$, la función de verosimilitud se encuentra condicionada al conocimiento a priori de (B) dado el conocimiento del evento (A). Cuando alguna inferencia no es aceptada se debe a que la suposición es inapropiada y no es error del modelo inferencial, esto se debe a que las expectativas son erróneas y se convierten en retroalimentación para el modelo. De esta manera se genera la función de probabilidad de las expectativas dentro de la estadística Bayesiana, por lo que la estimación infiere los parámetros desconocidos a partir del conjunto de distribuciones posteriori.

De acuerdo con Muñoz (2018) el enfoque Bayesiano “hace que a los rendimientos esperados se les pueda inferir su distribución de probabilidad con base en las expectativas previas que se tengan sobre la evolución de los activos” esta distribución se le conoce como distribución a posteriori.

El teorema de Bayes es introducido como instrumento para generar los insumos del modelo Black-Litterman de la siguiente manera, para ello se asume en primera instancia que:

$$\Pi | \mu \sim N(\mu, \tau \Sigma) \quad (38)$$

$$P \cdot \mu \sim N(Q, \Omega) \quad (39)$$

De esta manera los rendimientos implícitos dados los retornos esperados se distribuyen como una normal con media μ y varianza $\tau\Sigma$, y el producto de la matriz P por la media de los rendimientos se distribuye como una normal con media Q (vector de expectativas) y varianza Ω (incertidumbre sobre las expectativas), donde sus respectivas funciones de densidad de probabilidad son:

$$fdp(\Pi|\mu) = \frac{k}{\sqrt{2\pi|\tau\Sigma|}} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2}(\Pi - \mu)'(\tau \cdot \Sigma)^{-1}(\Pi - \mu)\right) \quad (40)$$

$$fdp(P \cdot \mu) = \frac{k}{\sqrt{2\pi|\Omega|}} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2}(P \cdot \mu - Q)'\Omega^{-1}(P \cdot \mu - Q)\right) \quad (41)$$

Para conocer la rentabilidad de los activos se aplica el teorema de Bayes con las rentabilidades que se generan a partir del modelo de la siguiente manera:

$$P(\mu | \Pi) = \frac{P(\Pi | \mu) \cdot P(\mu)}{P(\Pi)} \quad (42)$$

Sustituyendo las ecuaciones 40 y 41 en la 42 el resultado es la función de densidad de probabilidad de los retornos esperados del modelo²:

$$fdp(\mu | \Pi) \propto \exp\left(-\frac{1}{2}(\Pi - \mu)'(\tau\Sigma)^{-1}(\Pi - \mu) - \frac{1}{2}(P \cdot \mu - Q)'\Omega^{-1}(P \cdot \mu - Q)\right) \quad (43)$$

A partir de lo anterior la función de retornos se obtiene la función generadora de momentos para la media y la varianza.

$$\text{Media: } E[R] = [(\tau\Sigma)^{-1} + P'\Omega^{-1}P]^{-1}[(\tau\Sigma)^{-1}\Pi + P'\Omega^{-1}Q] \quad (44)$$

$$\text{Varianza: } Var[R] = [(\tau\Sigma)^{-1} + P'\Omega^{-1}P]^{-1} \quad (45)$$

1.5. Análisis de Gestión/ Administración de Riesgo

El riesgo es una posible pérdida potencial ante determinados eventos futuros cuyo origen es incierto, de esta manera el enfoque financiero trata cómo los eventos no esperados influyen sobre la rentabilidad esperada o las tasas de rentabilidad de una cartera de inversión. Jorion (1997) define esta modalidad de riesgo como la dispersión de resultados inesperados ocasionada por movimientos en las variables financieras. Así mismo, dentro de este concepto intervienen tres factores los cuales se encuentran relacionados directamente con la materialización del riesgo: i) la causa, es la condición

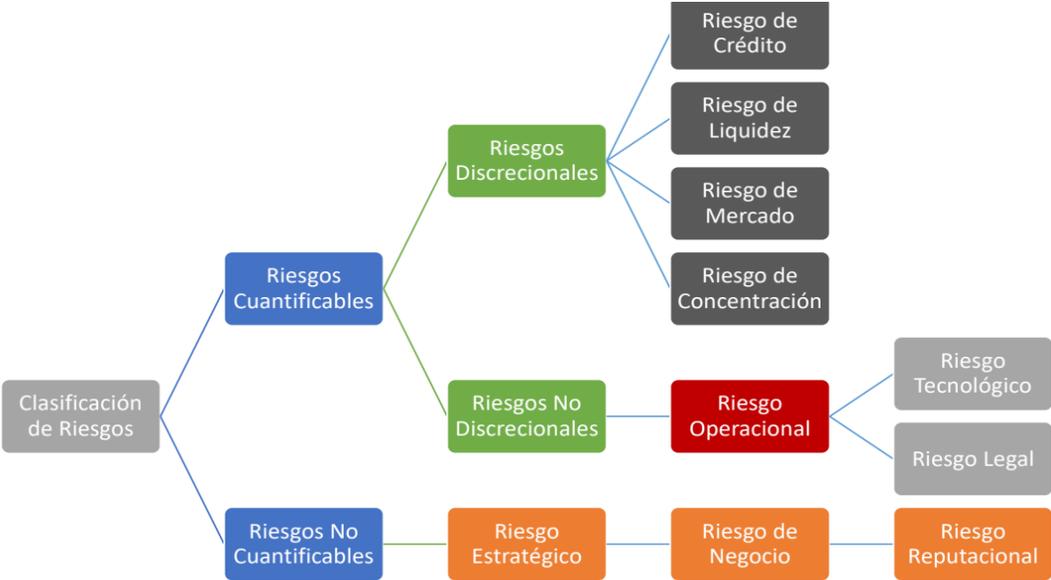
² Funciones tomadas de (Gálvez, 2008)

que propició que un evento ocurra. *ii*) el evento, este representa la situación que afectará la trayectoria de las variables de estudio y *iii*) efecto, la consecuencia por haberse materializado el riesgo.

Es así que el objetivo principal de la administración del riesgo consiste en dos aspectos generales: *i*) asegurar que un agente no sufra pérdidas económicas inaceptables, es decir todas aquellas pérdidas que dicho agente no tolerará, ya que cada agente tiene una aversión al riesgo, una exposición al riesgo y/o un nivel de pérdidas tolerables y *ii*) mejorar el desempeño financiero de los agentes económicos con base en el rendimiento esperado. De acuerdo con De Lara (2005) el proceso de la administración de riesgos consta de 3 etapas, las cuales son:

1. Identificación de riesgos. Para ello, todo riesgo debe estar clasificado de acuerdo a su naturaleza véase Esquema 1, en este esquema dos principales clasificaciones de los riesgos: *i*) Riesgos Cuantificables, dentro de estos podemos encontrar los Riesgos Discrecionales, estos surgen a partir de tomar posición de riesgo y con los cuales es posible generar bases de datos y estadísticas con el fin de medir las pérdidas potenciales, dentro de estos riesgos se encuentran los riesgos de mercado, crédito y liquidez; por otro lado, se encuentran los Riesgos NO Discrecionales, que resultan de la operación del negocio e inciden en el patrimonio, como son riesgo operacional, tecnológico y legal. *ii*) Riesgos No Cuantificables, estos se derivan de eventos imprevistos de los cuales no se puede formar una base de datos para medir posibles pérdidas, aquí se encuentran los riesgos estratégicos, de negocio o reputacional. De acuerdo con la Comisión Nacional Bancaria y de Valores, se muestra una explicación breve de los riesgos mencionados (Cuadro 1)

.Esquema 1: Tipos de Riesgos



Fuente: Tomado de Ruiz (2019)

Cuadro 1. Definición de Riesgos

Tipo de Riesgo	Definición
Cuantificables	Riesgos los cuales pueden formar bases estadísticas que permitan medir sus pérdidas
No Discrecionales	Riesgo resultante de la operación del negocio
Operacional	Pérdidas por fallas en control interno, transición de operación, proceso y almacenamiento de operaciones
Tecnológico	Fallas en el uso de hardware, software, aplicaciones y redes
Legal	Pérdidas por incumplimiento de disposiciones legales
No Cuantificable	Riesgos que no pueden formar bases para medir sus pérdidas
Reputacional	Pérdida durante el proceso ocasionada por el deterioro en la percepción de las partes involucradas
Crédito	Riesgo de caer en incumplimiento de pago
Liquidez	Pérdida ocasionada por la falta de liquidez en los activos, es decir convertibilidad de los activos en efectivo
Mercado	Pérdidas que pueden ocurrir por el movimiento de las variables económicas
Concentración	Pérdidas ocasionadas por mantener una inversión en un solo sector y activo
Estratégico	Pérdida asociada a fallos en la estrategia seleccionada, a la mala toma de decisiones
Ético	Relacionado con una actuación inapropiada por parte de los agentes económicos
Técnicos	Errores en la metodología para calcular y medir riesgos, es decir errores en los modelos
Regulatorio	Relacionados a las modificaciones que pueden ocurrir en el entorno normativo

Fuente: Elaboración propia

2. Cuantificar y Controlar el riesgo mediante el establecimiento de los niveles de tolerancia: En el proceso de cuantificar el riesgo se han desarrollado a lo largo del tiempo distintas metodologías particulares para los distintos tipos de riesgo, entre ellos se encuentran el valor en riesgo (VaR), duración, convexidad, análisis de sensibilidad para el riesgo de mercado, así como obtener las probabilidades de impago, y además de las desarrolladas por JPM Morgan (*Creditmetrics*) para medir el riesgo crediticio. Como parte del control de riesgos, se tiene el *mark-to-market*³ el cual permite obtener información sobre los precios y tasas de interés del mercado. Otra manera de controlar el riesgo es mediante el uso de las volatilidades y correlaciones el cual permite obtener el valor en riesgo y así conocer la máxima pérdida esperada de un portafolio de inversión

³ El concepto hace referencia a la pérdida o ganancia en una operación de una cartera de inversión

3. Modificar o Nulificar los riesgos identificados para una reducción en la exposición del riesgo cuando se adquiere una cobertura: Para ello, se plantea un modelo a seguir que incluye los límites aceptables de ciertos riesgos facilitando así la construcción y monitoreo de las estrategias de decisión que conlleve en aceptar un nivel de riesgo óptimo considerando el perfil de cada inversor. A pesar que el riesgo no se elimina por completo, si se puede mitigar a partir del modelo construido de manera óptima.

A partir de estas tres etapas, la gestión del riesgo consiste en identificar, cuantificar y administrar la incertidumbre sobre los resultados esperados. Por tanto, las características más importantes de la administración de riesgos son: *i)* gestión, sirve como una herramienta para la toma de decisiones con un peso significativo; *ii)* riesgo que se incurre al gestionar la estrategia de inversión de una determinada cartera óptima; y *iii)* control y monitoreo de la cartera mediante el uso de otras herramientas.

Beneficios de la Administración de Riesgos: Permiten identificar los tipos de riesgos a los que se está expuesto, facilitando el pronóstico sobre las pérdidas esperadas y no-esperadas que potencialmente podrían ocurrir, permitiendo así la asignación del llamado Capital en Riesgo que de soporte a la operación del inversor a fin de alcanzar la mayor rentabilidad posible según sus objetivos planteados en la estrategia previamente definida.

De acuerdo con Hanson y Escobar (2005) existen diversos enfoques que se utilizan para la administración y evaluación de riesgos, donde los tres más populares se describen a continuación:

1. El enfoque australiano generalmente es utilizado para cualquier tipo de entidad y etapa de la vida de un proyecto, ya que identifica todos los riesgos existentes a partir de distintas metodologías, y así poder establecer el contexto estratégico de la organización y administración del riesgo, así como identificar los riesgos para su análisis, evaluación, tratamiento, monitoreo, revisión y finalmente comunicarlos. En cuanto a las técnicas de evaluación se utilizan técnicas cualitativas, semi-cualitativas y cuantitativas.

2. Coso II. Este es utilizado para cualquier tipo de entidad que deba atender el riesgo corporativo. Se enfoca más en los riesgos que pueden obstruir el cumplimiento de las metas establecidas por la corporación. Para ello se debe tener en cuenta cómo se identifican: los eventos, la evaluación y respuesta de los riesgos, además cuáles son las actividades de control, como se genera la información, como se comunican las estrategias y su supervisión. En cuanto a las técnicas de evaluación se utilizan las cualitativas y cuantitativas.

3. Enfoque de Basilea II. Este se encuentra enfocado especialmente para las Instituciones Financieras y se focaliza para la de los riesgos crediticios, operativos y financieros. Este enfoque no tiene una metodología *ad hoc* como los enfoques anteriores, la cual dependerá del tipo de riesgo que se busca cubrir, para ello se utilizan técnicas de evaluación cuantitativas al tratarse de riesgos cuantificables.

Conclusión:

Recapitulando, los modelos que fueron revisados en el presente capítulo permiten llegar a la conclusión que para obtener una óptima valuación de activos que generen los rendimientos que los inversionistas esperan obtener bajo un ambiente estocástico. Esto a su vez facilitará una adecuada toma de decisiones por parte del inversor según los diferentes tipos de riesgo que deberán enfrentarse y en su caso identificarlos, cuantificarlos, gestionarlos y mitigarlos.

Adicionalmente es importante mencionar que además de conocer y entender la metodología de los modelos de valuación de cartera y riesgos se debe comprender la volatilidad de las series financieras para su adecuada modelación. Por su lado, el análisis bayesiano indica cómo se emplean las probabilidades de ocurrencia para generar las funciones de distribución de probabilidad de las cuales se obtienen las expectativas de los inversionistas y son incorporadas a los modelos de valuación como el de Black-Litterman.

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LAS ACCIONES DE UNA CARTERA ÓPTIMA

En este capítulo se emplea los distintos tipos de análisis más comunes para la selección de los activos que formarán parte de una cartera; para ello se describe cada metodología y se aplica para las acciones de las empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores. De esta manera una adecuada selección de acciones debe considerar los siguientes tres elementos clave: *i*) los movimientos en el precio de la acción (Análisis Técnico). *ii*) la estructura financiera de la empresa (Análisis Fundamental) y *iii*) el comportamiento del entorno macroeconómico (Análisis Macroeconómico).

2.1. Selección de activos

Para llevar a cabo una buena selección de activos se hace uso del análisis técnico, fundamental y macroeconómico, de tal forma se seleccionen aquellos activos que presentan un buen desempeño de acuerdo a sus fundamentales, es decir una situación financiera sólida que dé soporte a la trayectoria observada dada la situación económica del país. De acuerdo con la literatura, es preferible integrar una cartera cuyas acciones son parte de un mismo mercado, así como considerar el perfil de los inversores.

2.1.1 Análisis Técnico

Para Murphy (2000) este análisis “es el estudio de los movimientos del mercado, principalmente mediante el uso de gráficos, con el propósito de pronosticar las futuras tendencias de los precios”. Este análisis se apoya en métodos cuantitativos como la estadística que se aplica tanto a los precios como a los volúmenes de operación para identificar las señales de compraventa de los activos. Bajo el enfoque técnico, Murphy (2000) menciona las siguientes tres premisas: *i*) El precio lo descuenta todo; esto hace referencia que cualquier evento puede afectar al desempeño del activo. Entre los posibles eventos se encuentran el económico, el político, el psicológico, entre otros, los cuales pueden

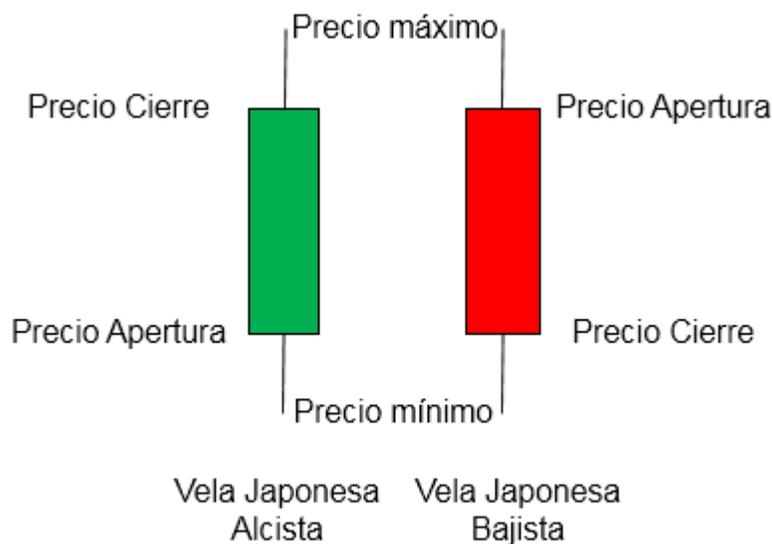
repercutir sobre la trayectoria de los precios y por tanto en el equilibrio oferta-demanda de los activos negociados. *ii*) Los precios se mueven por tendencia; esta premisa es una adaptación de la primera ley del movimiento de Newton aplicada al campo de las finanzas. En ese sentido, cualquier activo que sigue una misma tendencia continuará en ella hasta que se generen las señales de cambio de tendencia. *iii*) La historia se repite; a lo largo del tiempo los patrones gráficos se han ido identificando y clasificando, estos reflejan el comportamiento psicológico de los inversores ante los movimientos alcistas y bajistas de los precios, ya que la psicología humana conlleva a asumir que las tendencias observadas en el pasado se pueden repetir en el futuro.

Es así que en el campo del análisis técnico existe una amplia gama de indicadores y con variantes que son utilizados para determinar posibles tendencias de las series financieras. En el presente documento sólo se abordarán los más populares:

- ❖ **Medias Móviles (MA):** es una media aritmética aplicada a un conjunto de datos por un periodo definido, de acuerdo con el periodo de la media móvil se puede determinar el comportamiento o la trayectoria de la serie en el corto, mediano y largo plazo. Por ejemplo, para el corto plazo se utiliza MA de orden 20, en el mediano una MA de orden 50 y para el largo plazo una MA de orden 200.
- ❖ **Índice de Movimiento Discrecional (DMI):** refleja la calidad de la tendencia del mercado y existen dos magnitudes: positiva y negativa, si la negativa supera a la positiva entonces la tendencia del mercado será bajista; si la positiva supera a la negativa entonces existe tendencia alcista.
- ❖ **Media Móvil de Convergencia-Divergencia (MACD):** es un indicador similar a las medias móviles, la diferencia radica en que estas medias móviles son de forma exponencial e incorpora un histograma indicando ya sea la convergencia o divergencia entre la tendencia del precio y la tendencia de las medias.
- ❖ **Índice de Fuerza Relativa (RSI):** Refleja si el activo en cuestión se encuentra en sobrecompra o sobreventa, este indicador se mueve dentro de un canal cuyos valores están entre 30 y 70; cuando el índice sale por encima del intervalo del canal el activo se encuentra en una situación de sobrecompra, en cambio, cuando se ubica por debajo del límite inferior del intervalo se dice entonces que el activo está en una posición de sobre venta.
- ❖ **Bandas de Bollinger:** Es un indicador que está asociado a la volatilidad, en primera instancia muestra un canal con intervalos que dependen del número de desviaciones estándar con las que se está calculando, por otro lado, cuando las bandas se contraen quiere decir que la volatilidad del activo está disminuyendo, y viceversa.

Para un buen análisis técnico el analista debe tener un buen dominio de los tecnicismos ya que así podrá interpretar de mejor manera los gráficos y así identificar de los patrones. Entre los tecnicismos más comunes que se deben aprender son los siguientes: *i)* Velas japonesas, es la forma más popular de observar gráficamente los movimientos de los precios, estas se forman a partir del precio de apertura, precio mínimo, máximo y el del cierre; varían de color dependiendo del movimiento del precio, cuando el precio de cierre es mayor al de apertura se presenta un movimiento alcista y la vela será de color verde, por el contrario, si el precio de cierre es menor al de apertura se presenta un movimiento bajista y la vela será de color rojo.

Imagen 1. Velas japonesas

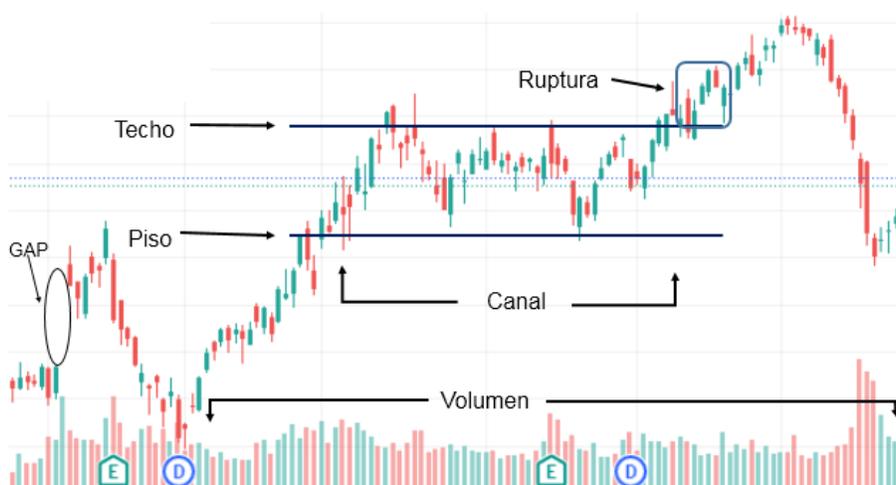


Fuente: Imagen Propia

ii) Piso o suelo, se refiere a una línea imaginaria trazada sobre el nivel de precio mínimo, a partir del cual el precio se mueve. *iii)* Techo o soporte, se trata de una línea imaginaria trazada en un nivel de precio máximo, donde el precio se desempeña por debajo de este nivel. *iv)* Canal, se forma a partir de un piso y un techo, con un nivel de precio correspondiente a cada uno, el precio oscila entre estos dos, también se le conoce como acumulación o consolidación después de una marcada tendencia alcista o bajista. *v)* Retroceso, es un movimiento pequeño contrario a la tendencia del precio, la trayectoria no siempre es lineal, suele ir acompañada de pequeñas subidas y bajadas; los retrocesos no son signos de cambio de tendencia, son solo un “respiro” para continuar con la tendencia. *vi)* Gap,

este ocurre cuando el precio de apertura de la vela en el tiempo t se encuentra considerablemente alejado del precio del cierre en el tiempo $t-1$, gráficamente se observa como un “hueco” entre las velas. *vii*) Cuña, ocurre cuando una línea de tendencia, alcista o bajista, se intercepta con una línea de soporte o piso. *viii*) Ruptura, se dice que hay una ruptura cuando el precio del activo perfora alguna línea de tendencia, piso, soporte o canal. *ix*) Volumen, se refiere a la cantidad de operaciones, compra y venta sobre el activo.

Imagen 2. Elementos del Análisis Técnico



Fuente: Elaboración propia

A partir de los términos antes mencionados se pueden encontrar e identificar patrones de precios los cuales ayudan a visualizar próximos movimientos, existen dos grandes clasificaciones: *i*) Patrón de cambio, el cual indica un cambio de tendencia, los más conocidos son hombro-cabeza-hombro, doble y triple techo o suelo, y *ii*) Patrón de continuidad, este indica una pequeña pausa o acumulación para dar continuidad a la tendencia principal, los más conocidos son triángulos y banderas. Existen infinidad de patrones de cada clasificación que se pueden combinar entre sí, y no están restringidos a un tipo de activo o mercado en específico.

2.1.2 Análisis Fundamental

Para Murphy (2000) el enfoque fundamental examina todos los factores relevantes que afectan al precio de mercado de las acciones de una determinada empresa, para determinar así su valor intrínseco, este último se puede entender como el valor *real* de la acción según su oferta y demanda; hay que mencionar que este no es un valor puntual, sino un valor de referencia. El análisis fundamental proporciona un marco teórico con el cual es posible valorar a una empresa, a través de ratios o razones financieras que se obtienen a partir de los principios de la contabilidad financiera:

relevancia, confiabilidad, neutralidad y comparabilidad. Ya que a partir de estos se generan los siguientes indicadores o razones financieras: *i)* de liquidez, que miden e indican la capacidad de la empresa para hacer frente a sus compromisos. *ii)* de rentabilidad, reflejan el rendimiento financiero de los recursos invertidos en la empresa y *iii)* estructura financiera, muestran la fortaleza o solidez financiera de la empresa. Este enfoque se puede abordar desde la situación general de la economía hacia la salud financiera de la empresa (*Top-Down*) o viceversa (*Button-up*), el único requerimiento es que sea cual sea la dirección de estudio este debe estar enfocado en proyectar los precios futuros de la acciones.

De acuerdo con Gitman y Joehnk (2009) y Brealey *et al* (2020) algunos de estos ratios financieros se mencionan a continuación:

- ❖ Beneficio por acción (BPA): como su nombre lo indica es el monto, monetario, de beneficio que corresponde a cada acción. (Beneficio Neto / Número medio de acciones en circulación)
- ❖ Precio-Beneficio (PER), número de veces que el beneficio anual se encuentra incluido en el precio de la acción, si el PER es bajo entonces el precio de la acción es barato y viceversa, sin embargo, cuando nos encontramos con un PER alto quiere decir que los inversionistas están dispuestos a pagar el precio de la acción porque esperan que la empresa siga aumentando su valor, del caso contrario con un PER bajo los inversionistas no esperan un crecimiento de la empresa. (Precio de la acción / Beneficio por Acción)
- ❖ Razón Reparto de Dividendos (Dividend Pay-out Ratio): Es el porcentaje de beneficios que la compañía reparte en forma de dividendos, normalmente cuando una empresa se encuentra en fase de expansión su Pay-out es menor, debido a que necesita constante reinversión para expandirse, por otro lado, cuando una empresa se encuentra en fase madura tiene la capacidad de aumentar el porcentaje que reparte de beneficios en forma de dividendos. (Total de dividendos / Ingreso Neto).
- ❖ Rentabilidad por Dividendo (Dividend yield): Se trata del porcentaje del precio que la compañía paga por dividendo, de otra manera se puede ver como el rendimiento de la inversión realizada sin considerar el movimiento del precio de la acción. (Dividendo anual / Precio de la acción).
- ❖ Valor en Libros por Acción (Book Value per Share): es la relación entre el capital disponible para los accionistas dividido entre el número de acciones en circulación, representa el valor mínimo del capital de una compañía y sirve para medir el valor en libros de la acción. (Total de Activos – Total de Pasivos/ Total de acciones en circulación).

- ❖ Razón Precio/Valor Contable (Price to Book Value Ratio): Muestra la relación entre el precio de la acción y el valor contable, cuando el ratio disminuye por debajo de la unidad nos indica que el valor de la acción se encuentra cotizando por debajo de su valor en libros y viceversa. Indica si el precio de mercado de una acción se encuentra sobrevalorada o infravalorada con respecto a su información financiera. (Precio de la acción en el mercado / Valor en libros de la acción)
- ❖ Razón EV/EBITDA: Esta razón muestra la relación EV: Valor de la empresa (capitalización bursátil + deuda neta) respecto al EBITDA (ingresos antes de intereses, impuestos, depreciación y amortización), este indicador muestra el porcentaje del valor de la empresa respecto a los ingresos brutos que genera. Este indicador permite saber si la empresa se encuentra infravalorada o sobrevalorada, solo hay que compararlo con la media del sector, por debajo de la media está infravalorada, superior la media, sobrevalorada.
- ❖ Retorno de Activos (ROA): mide la capacidad de la empresa para generar ganancias a partir de sus activos (capital propio) y si está haciendo un uso correcto de sus propios recursos. (Beneficio Neto / Activos)
- ❖ Retorno de Capital (ROE): mide la capacidad de la empresa para generar ganancias a partir del capital total, el cual incluye el capital propio y el capital de terceros, (Beneficio Neto / Patrimonio Neto)

2.1.3 Expectativas sobre la Economía

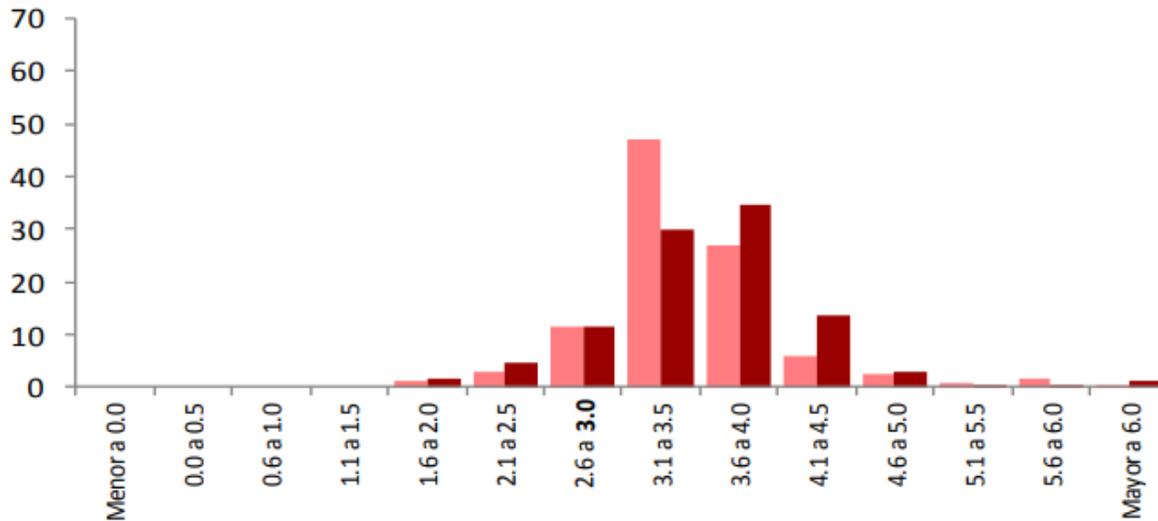
Se debe tener en cuenta que los mercados financieros reaccionan a los acontecimientos de la economía en general, por lo que el análisis de las principales variables macroeconómicas es importante para proyectar el rumbo de los mercados financieros, de tal manera que en esta investigación se apoya en la *Encuesta sobre las expectativas de los especialistas en economía del sector privado: Abril 2020* que publica Banxico para tener un panorama sobre la economía.

Las expectativas sobre la inflación a 12 meses, de Abril 2020 a Abril 2021 se sitúan en una media de 3.66% y una mediana de 3.81%, los expertos esperan que el Banco de México cumpla su objetivo de inflación general de 3% anual con una variación de más menos 1%. Para el periodo que comprende nuestro estudio la correlación entre el Índice Nacional de Precios al Consumidor y el índice S&P/BMV⁴ es de 0.71, esto indica que existe una relación positiva menor a la unidad, *a priori* se puede concluir que el índice S&P/BMV podría crecer en promedio 2.13% a causa de la inflación, sin embargo el reto para las empresas es que la inflación no impacte directamente a sus costos de

⁴ Se calculó el coeficiente de correlación con series de Investing e INEGI.

producción y operación. En la siguiente gráfica se muestra el histograma de las expectativas de inflación de las encuestas que fueron realizadas en Marzo 2020 y Abril 2020 para los siguientes 12 meses, en dicho gráfica se observa que en Abril la expectativa de crecimiento de la inflación disminuyó con relación al mes anterior:

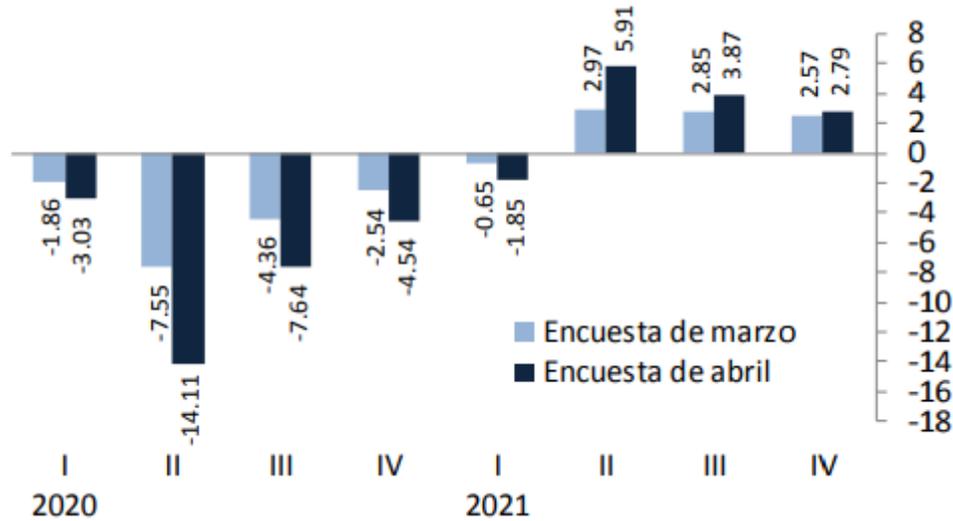
Gráfica 2: Expectativas de inflación anual



Fuente: Gráfica tomada de la Encuesta sobre las expectativas de los especialistas en economía del sector privado, Abril 2020 (Banxico 2020, pp. 4).

El PIB es el indicador más importante dentro del análisis macroeconómico, en él se ve reflejado el nivel de ingreso o gasto de un país, dependiendo si se analiza del lado de la oferta o del lado de la demanda. En ese sentido, en la gráfica 3 se muestra una variación negativa del PIB trimestral en tasa anual, siendo el segundo trimestre el más bajo, para iniciar posteriormente una fase de recuperación, es hasta el segundo trimestre de 2021 cuando la variación es positiva. En la misma gráfica se aprecia que el nivel del PIB a lo largo de 2020 es menor en comparación con 2019 y mayor para 2021, es decir, dado que el nivel de ingreso será bajo esto impactará negativamente sobre la decisiones de consumo de los agentes, por lo que se desacelerará la economía, afectando así a las empresas; las cuales al no tener una situación financiera sólida sus utilidades se verán afectadas lo que generará desconfianza y malas expectativas a los inversores.

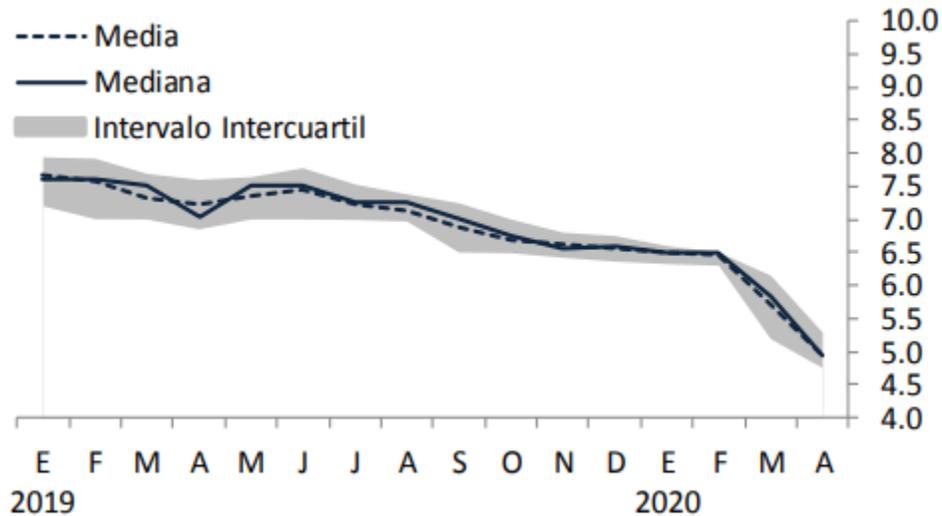
Gráfica 3. Pronósticos de la variación del PIB trimestral, tasa anual en por ciento



Fuente: Gráfica tomada de la Encuesta sobre las expectativas de los especialistas en economía del sector privado, Abril 2020 (Banxico 2020, pp. 8).

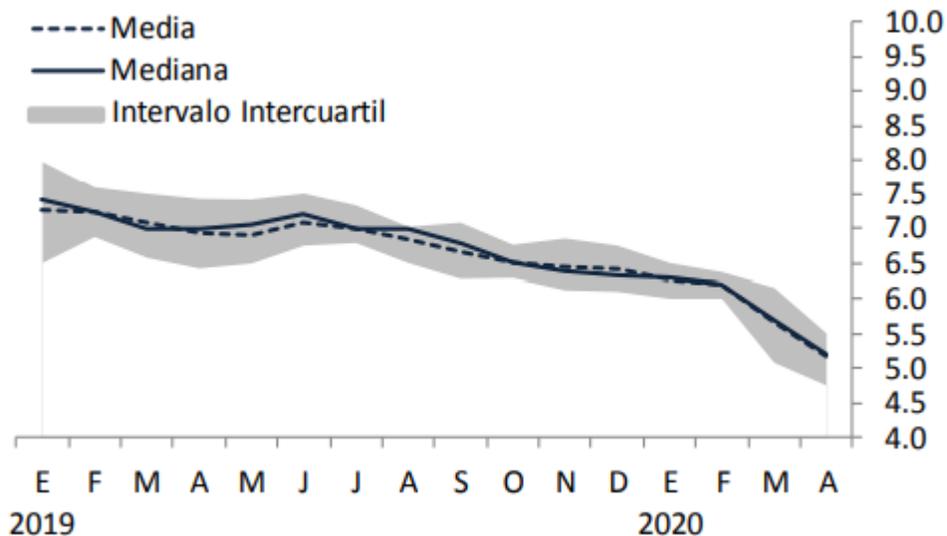
Otra variable fundamental para el análisis económico es la tasa de interés. De acuerdo con la literatura, se utiliza la tasa de rendimiento del Cete a 28 días como variable proxy a la tasa de interés libre de riesgo. En las encuestas de Marzo y Abril reportan que el rendimiento del Cete a 28 días fluctuará alrededor de una media de 5.70% y 4.95% respectivamente para finales del 2020, mientras que para 2021 su media será de 5.65% y 5.16%. Con base a la encuesta la expectativa sobre el comportamiento de la tasa de interés ha disminuido para ambos años, por lo que se espera un retroceso del rendimiento del Cete 28 para finales de 2020 y un incremento para 2021. A su vez la tasa de fondeo interbancario y el rendimiento del Bono M a 10 años siguen el mismo comportamiento del Cete. Esta baja en las tasas puede estar fundamentado en la expectativa de que el PIB tendrá una disminución, y esto desincentivará la actividad en el sector financiero, lo anterior ocurre como un mecanismo para incentivar la actividad económica debido a un bajo costo del crédito, en consecuencia los inversionistas van a preferir al sector real que el monetario. Por lo tanto, una baja tasa de interés afecta negativamente a la actividad bursátil.

Gráfica 4: Expectativas de tasa de interés del Cete a 28 días para el cierre de 2020



Fuente: Gráfica tomada de la Encuesta sobre las expectativas de los especialistas en economía del sector privado, Abril 2020 (Banxico 2020, pp. 11).

Gráfica 5: Expectativas de tasa de interés del Cete a 28 días para el cierre de 2021

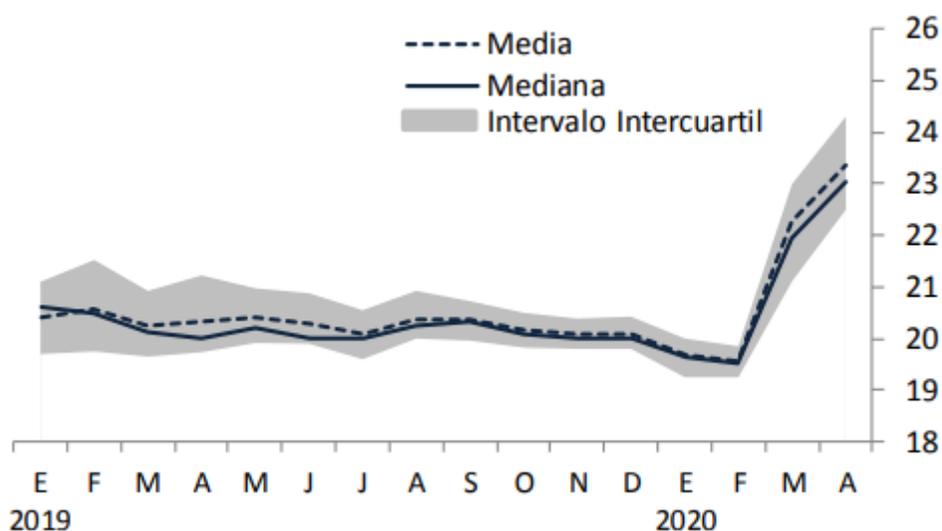


Fuente: Gráfica tomada de la Encuesta sobre las expectativas de los especialistas en economía del sector privado, Abril 2020 (Banxico 2020, pp. 11).

En cuanto al Tipo de Cambio durante el periodo de estudio ha fluctuado en una media de \$19.50 pesos por dólar con un máximo de \$25.36 y un mínimo de \$18.02 pesos por dólar, el cual representa un rango muy amplio. Un tipo de cambio elevado refleja una debilidad en la economía doméstica, para finales de 2020 los expertos reportan una media de \$23.36 pesos por dólar, y un nivel de \$23.06

pesos por dólar para finales del año 2021, son niveles mayores con relación a la media de nuestro periodo. México al ser una economía que importa insumos una depreciación cambiaria abrupta y constante elevará los costos de las empresas, impactando al consumidor final y las utilidades las empresas que tengan mayor demanda de dólares se verán afectados.

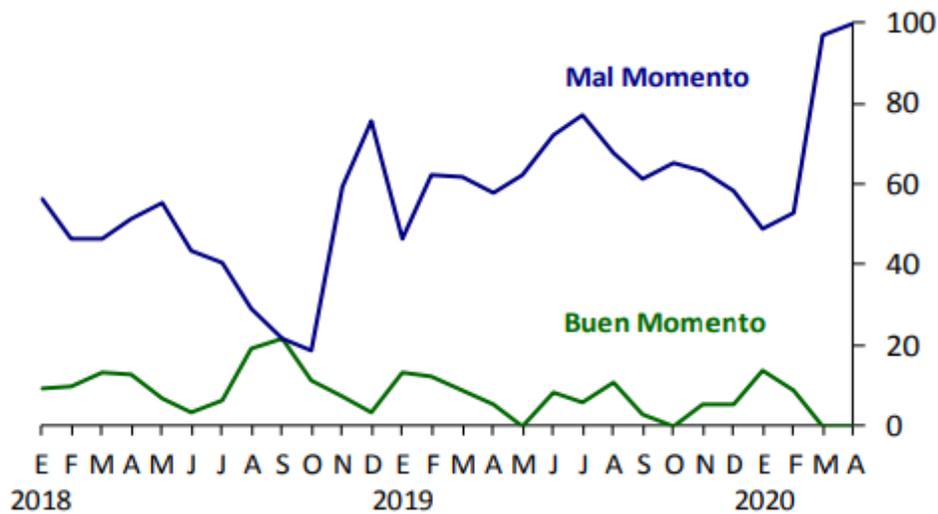
Gráfica 6: Expectativas del tipo de cambio para el cierre de 2020



Fuente: Gráfica tomada de la Encuesta sobre las expectativas de los especialistas en economía del sector privado, Abril 2020 (Banxico 2020, pp. 13).

Finalmente en la gráfica 6 se presenta la percepción general de los expertos que participan en la encuesta sobre el grado de certidumbre que prevalece sobre las inversiones. La pregunta de la encuesta fue ¿Cómo considera que sea la coyuntura actual para efectuar inversiones? Las respuestas obtenidas reflejan que los primeros meses de 2018 prevalecía un mal momento para invertir debido a las elecciones presidenciales, este sentir se disipó después de la elección ya que la tendencia mostraba buenas expectativas para la inversión. A pesar de que en la gráfica predomina “Mal momento” para invertir algunos instrumentos de la BMV y sobre todo del SIC han tenido rendimientos anuales positivos.

Gráfica 7: Percepción del entorno económico: coyuntura actual para realizar inversiones



Fuente: Gráfica tomada de la Encuesta sobre las expectativas de los especialistas en economía del sector privado, Abril 2020 (Banxico 2020, pp. 13).

2.1.4 Descripción de los activos

Genomma Lab Internacional (LAB): Es una empresa mexicana del sector salud cuya actividad económica es el desarrollo, comercialización y distribución de medicamentos que no requieren receta para su venta, así como productos de belleza y cuidado personal. **Grupo Elektra (Elektra):** Es una compañía mexicana que pertenece al sector de bienes y servicios de consumo no básico, además presta servicios financieros y de comercio especializado a los sectores de bajos recursos. **Wal-Mart de México (WALMEX):** Es una corporación multinacional de origen estadounidense del sector productos de consumo frecuente cuya actividad económica es ser controladora de cadenas de tiendas de descuento y ropa. **Quálitas Controladora (Q):** Es una compañía mexicana del sector financiero cuya principal actividad económica es organizar, promocionar, así como, administrar toda clase de sociedades civiles mercantiles y es la compañía con mayor presencia en seguros automotrices de México. **Netflix Inc (NFLX):** Es una firma del sector servicios y bienes de consumo no básico del ramo ventas por catálogo y por internet.

En el Cuadro 2 se muestra la estadística descriptiva de los activos que sirve para tener una vista rápida sobre el comportamiento del precio de los activos. En el cuadro se encuentra el precio promedio de los activos a lo largo del periodo, el cual sirve como punto de referencia para tener en cuenta hacia donde puede converger el precio, también contiene la desviación estándar que es útil como medida

de volatilidad, además indica la variación promedio del precio entre cada periodo. Se incluye los máximos y los mínimos para el periodo de estudio.

En el cuadro se incluye el sesgo y la curtosis, así como la normalidad medida a través del estadístico Jarque-Bera, para este caso las series de tiempo analizadas no satisfacen el supuesto de la normalidad, debido a que el estadístico Jarque-Bera es mayor a 5.9. Finalmente los dos últimos estadísticos hacen referencia a la correlación serial de los precios, a través del estadístico Ljung-Box y la estimación Portmanteau (Q), este último es análogo a la Ljung-Box. El primer estadístico se le aplicó 1 rezago mientras el segundo 40, a través del p-value se rechaza la hipótesis nula de que la serie no presenta correlación serial, esta situación se observa en los cinco activos, es decir si presentan autocorrelación.

Cuadro 2. Estadística Descriptiva del precio de los Activos

Precios	LABB	ELEKTRA	WALMEX	Q	NFLX
Media	17.09	1,265.39	54.68	65.40	6,679.95
Desv. Est.	2.67	153.56	2.58	15.59	1,073.01
Varianza	7.15	23,579.69	6.68	243.06	1,151,359.04
Mínimo	11.93	951.73	47.76	42.81	4,945.75
Máximo	22.44	1,463.60	60.10	99.36	10,691.51
Sesgo	-0.27	-0.69	-0.70	0.26	1.61
Curtosis	2.26	1.79	3.00	1.72	6.48
Jarque-Bera	11.53	46.38	27.21	26.32	312.52
Ljung Box	321.35	328.70	288.87	324.92	314.19
Portmanteau (Q)	7,936.81	9,818.68	4,127.05	8,612.01	4,445.47

Fuente: Elaboración propia

Otra manera de observar el comportamiento de los activos es a partir de las gráficas 7a a 11b se muestra la primera diferencia de los precios de los acciones así como de sus rendimientos.

En las gráficas en donde se le aplicó una diferencia a los precios de las acciones coinciden en la acumulación de varianza en varios periodos, como es el caso del inicio del periodo enero 2019, y a finales del mes de julio y del año 2019, en estos periodos se aprecia una alta variación en particular desde octubre 2019, sin embargo, la mayoría coincide en los meses de noviembre y diciembre de 2019. Es común observar situaciones de alta volatilidad que vienen seguidos por periodos con poca volatilidad, en este caso se observa a finales de 2019. Para el primer mes de 2020 fue un periodo relativamente más estable, posteriormente en los meses de febrero, marzo y abril de 2020 se

caracterizó por una alta volatilidad debido al efecto del virus SARS-CoV 2 y a la contingencia sanitaria implementada por las economías.

Adicionalmente, en el cuadro 3 se aprecia el comportamiento de las principales variables de la macroeconomía de México, en las cuales muestran los siguientes aspectos: *i)* el PIB y el IGAE indican una expansión en la economía mexicana durante 2019 y una contracción para el primer trimestre de 2020 debido al virus Covid-19; *ii)* la inflación estuvo dentro del objetivo del banco central; *iii)* el tipo de cambio se mostró un comportamiento relativamente estable durante el 2019 mientras para el primer trimestre de 2020 tuvo una fuerte depreciación debido a los diferentes choques externos que vivió la economía mexicana en ese periodo; *iv)* el IPC tuvo un comportamiento plano en su rendimiento ya que no se expandió de manera significativa incluso hubo periodos con rendimientos negativos; esto implica que el mercado bursátil mexicano no fue la mejor alternativa por su pobre o nula plusvalía; *v)* la inversión extranjera directa se contrajo, de ahí, la razón del por qué el IPC mexicano tuvo un rendimiento bajo, es decir, los inversores consideraron que en 2019 México no fue una opción para invertir; *vi)* de manera correlacionada a los puntos anteriores se explica por qué el riesgo país medido a través del EMBI muestra un incremento, es decir, aumentó la percepción de que México era un país de alto riesgo; y *vii)* el rendimiento del Cete durante el periodo de estudio fue alto debido a que la economía mexicana mostraba un riesgo país alto, un bajo nivel de captación de inversión, un índice bursátil con rendimiento pobre, y por tanto los inversores decidieron invertir en deuda pública o del gobierno.

Cuadro 3. Indicadores Económicos

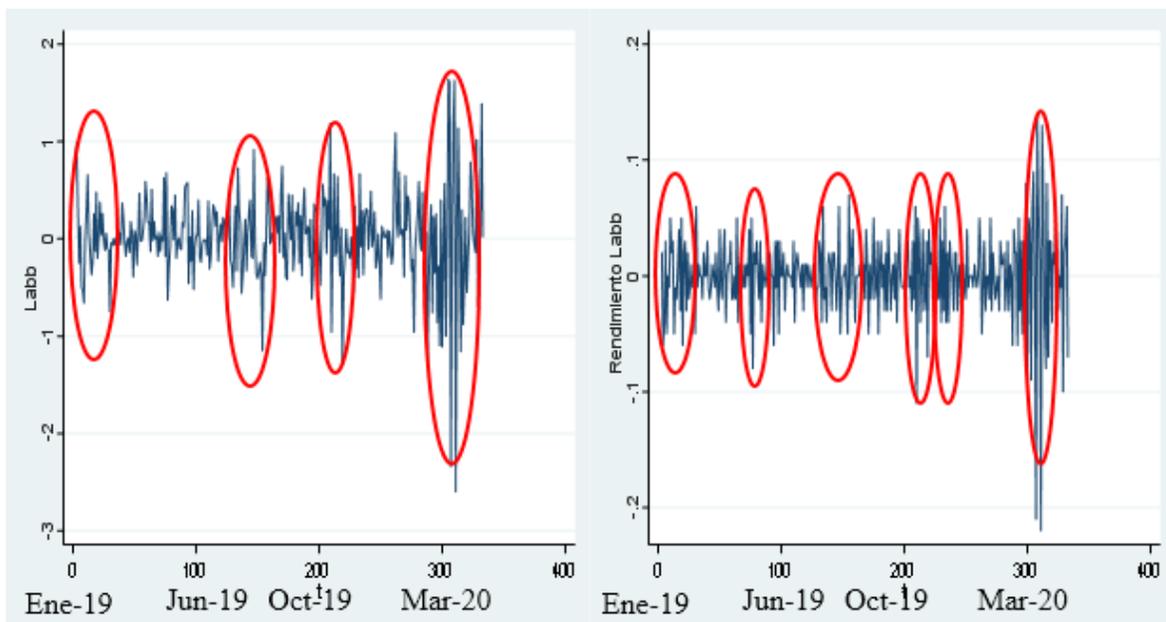
(Datos trimestrales)

Indicadores	Periodo				
	2019 Q1	2019 Q2	2019 Q3	2019 Q4	2020 Q1
PIB	18,247,589	18,474,906	18,376,101	18,850,755	18,013,061
IGAE	111.27	112.71	111.87	114.99	110.02
Inflacion	0.45	-0.18	0.62	1.91	0.85
Tipo de cambio FIX	19.3779	19.2087	19.7345	18.8642	23.4847
IPC BMV/S&P	43,281.28	43,161.17	43,011.27	43,541.02	34,554.53
IED	14,508,265	6,416,431	8,319,621	4,999,592	16,750,890
EMBI	206	202	211	177	206
CETE 28	7.85	8.18	7.61	7.25	6.59

Fuente: Elaboración propia

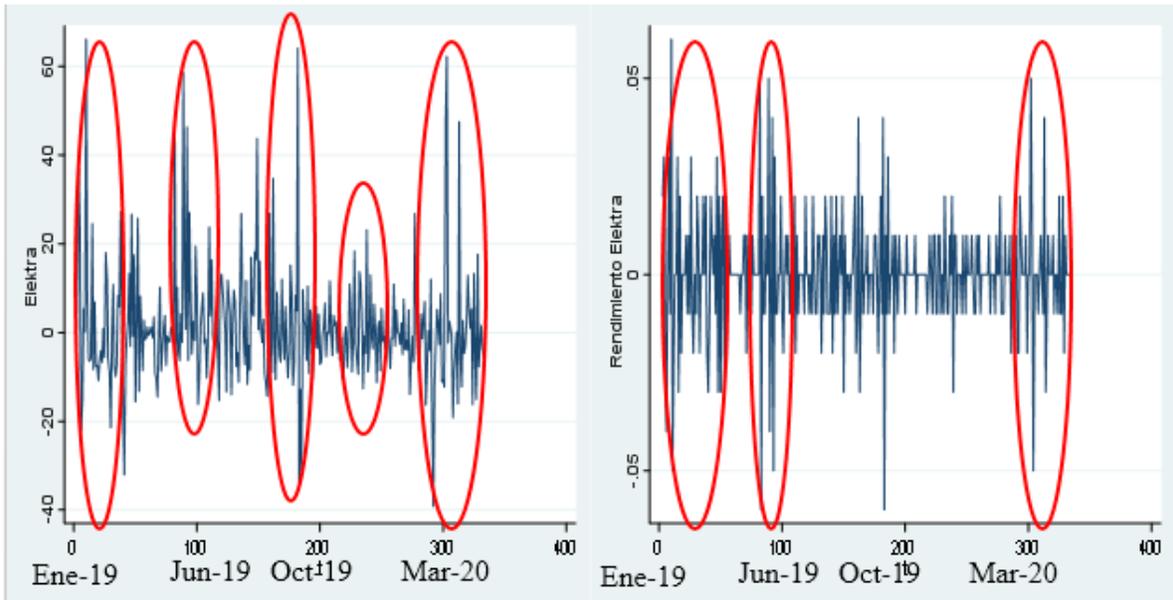
Lo anterior se ve reflejado en la volatilidad y en el rendimiento de las acciones ya descritas (LAB, ELEKTRA, WALMEX, Q y NFLX). En general su volatilidad coinciden en varios momentos, el primero de ellos es a inicios de 2019, como acontecimiento político se tiene los primeros meses de gobierno del presidente lo cual generaba incertidumbre en los mercados, en este primer trimestre se tiene un tipo de cambio por encima de la media del periodo, así como un nivel de riesgo país elevado. El segundo momento la volatilidad de las acciones coinciden en el tercer trimestre de 2019, en este trimestre el PIB y el IGAE tienen un nivel menor respecto al trimestre anterior, la inflación se encuentra por encima de los 2 trimestres previos, el tipo de cambio comienza a mostrar una trayectoria ascendente, en los mercados financieros el IPC mantiene la tendencia a la baja mostrada desde el primer trimestre, el riesgo país llega al punto más alto dentro del periodo de estudio y la tasa de rendimiento del Cete 28 disminuye después de haber tocado uno de sus mayores puntos en el trimestre pasado. Finalmente el primer trimestre de 2020 es el último periodo donde se da una alta volatilidad cuando el PIB y el IGAE observan su mínimo. Esto se aprecia mejor en las gráficas 7 a 11.

Gráficas 7a y 7b: Volatilidad y rendimiento del precio de LAB



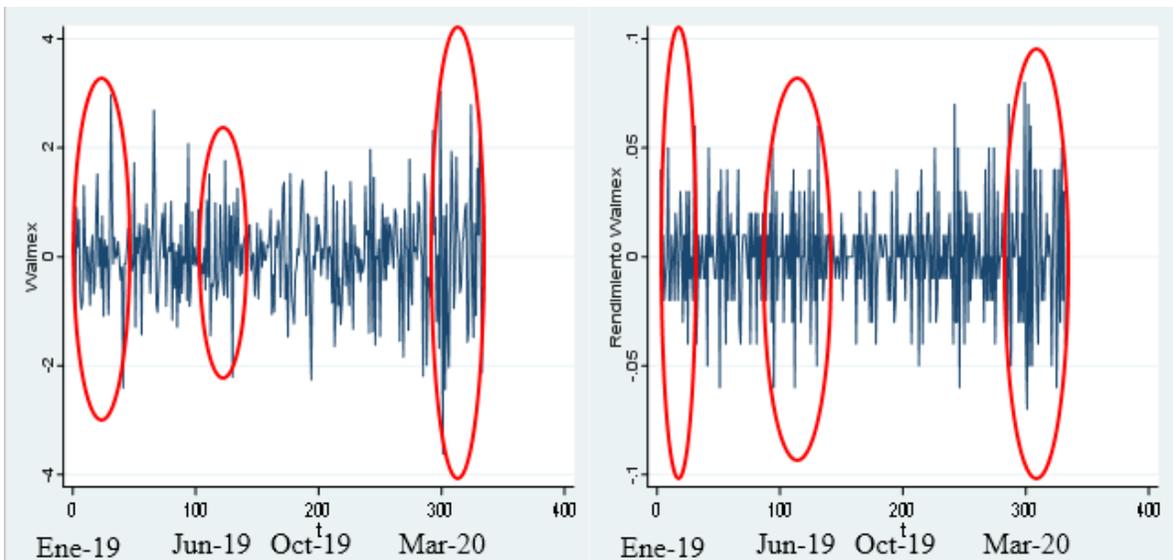
Fuente: Elaboración Propia

Gráficas 8a y 8b: Volatilidad y rendimiento del precio de Elektra



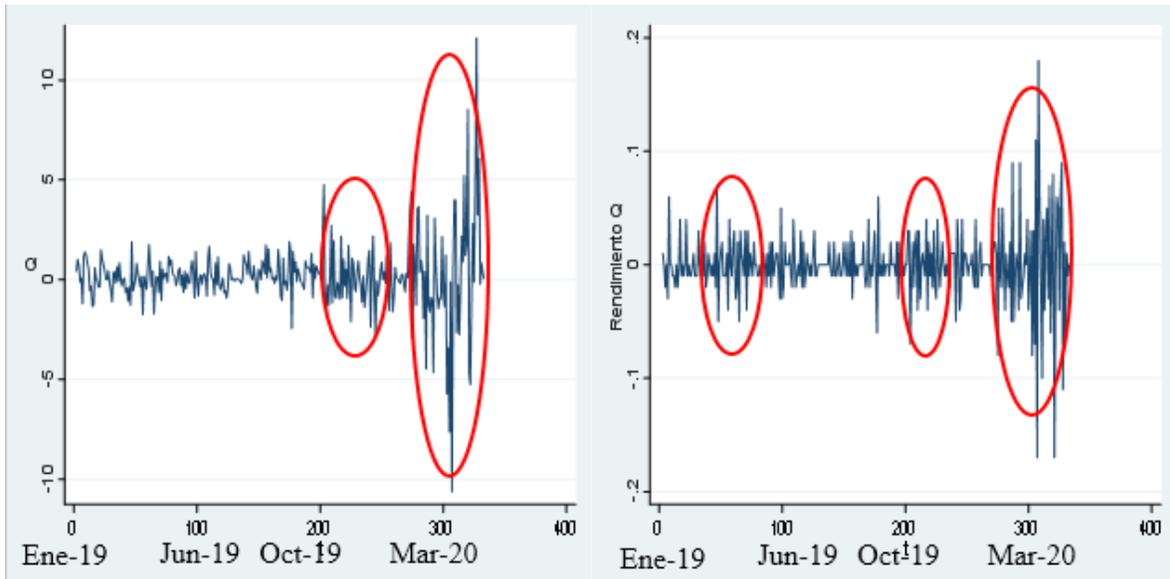
Fuente: Elaboración Propia

Gráficas 9a y 9b: Volatilidad y rendimiento del precio de Walmex



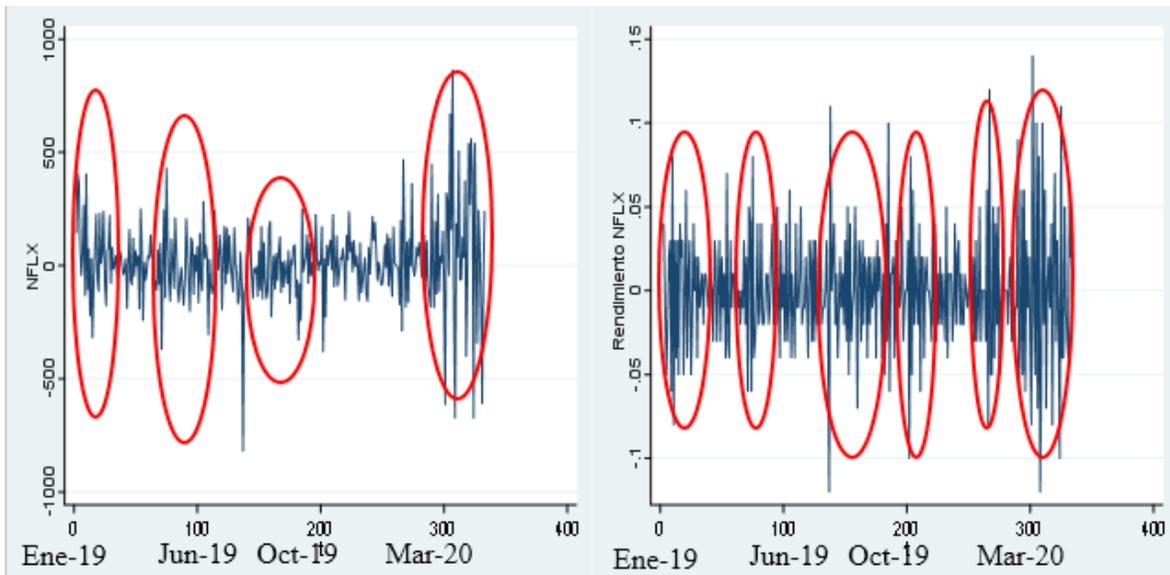
Fuente: Elaboración Propia

Gráficas 10a y 10b: Volatilidad y rendimiento del precio de Q



Fuente: Elaboración Propia

Gráficas 11a y 11b: Volatilidad y rendimiento del precio de NFLX



Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro 4 se presenta el análisis fundamental con los ratios o razones de las acciones que se han mencionado anteriormente para los años 2018 y 2019. Su cálculo se obtuvo a partir de la información de los reportes financieros-contables anuales de las empresas.

Cuadro 4: Ratios del Análisis fundamental

	LABB		ELEKTRA		WALMEX		Q		NFLX	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
PER	11.67	20.10	14.69	19.63	23.80	24.95	7.41	6.30	114.85	77.20
Pay-out	0.72	1.05	0.07	0.07	0.70	0.95	0.06	0.15	-	-
Dividend yield	0.07	0.04	0.005	0.003	0.03	0.04	0.02	0.01	-	-
Beneficio por Acción	1.08	0.75	64.80	70.7	2.10	2.17	5.58	12.61	2.78	4.26
Price to Book Value	1.65	2.36	2.57	3.24	5.29	5.62	1.98	2.49	27.49	19.61
EBITDA	121	130	918	1,009	3,759	3,109	195	382	12,008	9,262
EV/EBITDA	7.01	10.6	10.71	15.50	11.85	13.55	4.22	4.24	12.51	17.30
DN/EBITDA	1.88	2.08	0.15	0.27	-	-	-	-	0.99	0.97
Sharpe	-1.73	1.18	0.71	1.72	-0.07	0.12	0.23	2.50	0.52	0.29

Fuente: Elaboración Propia

- ❖ El ratio PER indica que para las acciones LAB, ELEKTRA, WALMEX Y Q tuvieron un incremento respecto al año anterior excepto NFLX, esto se debió a que el beneficio o utilidades de la empresa tuvieron un crecimiento mayor en relación con el precio de la acción ya que este fue menor a su tasa beneficio por acción. A pesar de esto el beneficio de la acción de Netflix es mayor al de Quálitas.
- ❖ En promedio de las cinco acciones el ratio Pay-out se incrementó para el periodo de 2018 a 2019, en donde Lab tuvo el mayor ratio, pagando \$0.72 pesos de dividendo por cada peso de ingreso por acción y \$1.05 pesos de dividendo por cada peso de ingreso para 2019. Mientras Elektra fue la empresa que tuvo el menor ratio al pagar \$0.07 pesos en dividendos por cada peso de ingreso para ambos años. Cabe mencionar que Netflix en estos años no hizo pago de dividendos.
- ❖ Para el Ratio Dividend Yield, Lab tuvo el ratio más alto al pagar \$0.07 de dividendos por acción por cada peso de la acción en 2018, mientras que en 2019 pagó \$0.04 de dividendos por acción, y de la misma manera Elektra paga menos dividendos con \$0.005 por cada peso de la acción. En ese periodo Netflix no pagó dividendos.
- ❖ El Beneficio por Acción (BPA). De acuerdo con el Cuadro 4 la acción de Lab muestra que el monto de beneficios en lugar de incrementarse experimentaron una contracción. En cambio Elektra tuvo la mayor BPA al pasar de \$64.80 a \$70.7 beneficios por acción, seguida de

Netflix cuyos beneficios pasaron de \$2.78 a 4.26, quienes reportaron una menor utilidad fueron Qualitas y Walmex.

- ❖ El ratio Price to Book, este indicador indica si la acción se encuentra subvaluada o sobrevaluada respecto a su valor contable. En ese sentido, el Cuadro 4 muestra que el precio de los activos es superior al valor contable de los mismos, en otras palabras están sobrevaluados, donde la acción de Netflix es la que muestra una mayor inflación en su precio a una razón de 27.49 veces mayor en 2018 y 19.61 en 2019. Mientras que Lab tiene un ratio de 1.65 y 2.36 para 2018 y 2019.

A ese análisis se incorpora el EBITDA que es utilizado para tener una referencia sobre la rentabilidad de la empresa en donde se considera a los ingresos antes de impuestos, amortización y depreciación. La empresa con mayor EBITDA es Netflix con \$12,008 USD y \$9,262 USD para 2018 y 2019 respectivamente, seguida por Walmex con \$3,759 USD y \$3,109 USD de EBITDA en 2018 y 2019, Elektra con \$918 USD y \$1,009 USD en 2018 y 2019, Quálitas con \$195 USD en 2018 y \$382 en 2019 y finalmente Lab con \$121USD en 2018 y \$130 en 2019.

En el Cuadro 4 se presentan dos indicadores relacionados con el EBITDA, en primer lugar, EV/EBITDA que muestra la relación entre el valor de la empresa (EV) con el EBITDA. En este sentido, Netflix tiene el mayor ratio 12.51 y 17.30 veces el nivel de EBITDA en 2018 y 2019; mientras que la empresa con el menor ratio es Quálitas al presentar una razón de 4.22 y 4.24 veces el nivel de EBITDA. El segundo indicador es DN/EBITDA el cual muestra la relación entre la deuda neta con respecto al EBITDA, en ese sentido Lab tiene una razón de deuda neta de 1.88 y 2.08 veces mayor a sus ingresos para 2018 y 2019, esto refleja que el nivel de apalancamiento es prácticamente el doble del EBITDA registrado. La empresa que cuenta con el menor ratio es Elektra con un nivel de deuda neta de 0.15 y 0.27 veces el nivel de EBITDA registrado, es decir, cuenta con un apalancamiento bajo. Para los casos de Walmex y Quálitas no se cuenta con la información debido a que esas empresas mencionan en sus estados financieros que no pueden tener deuda.

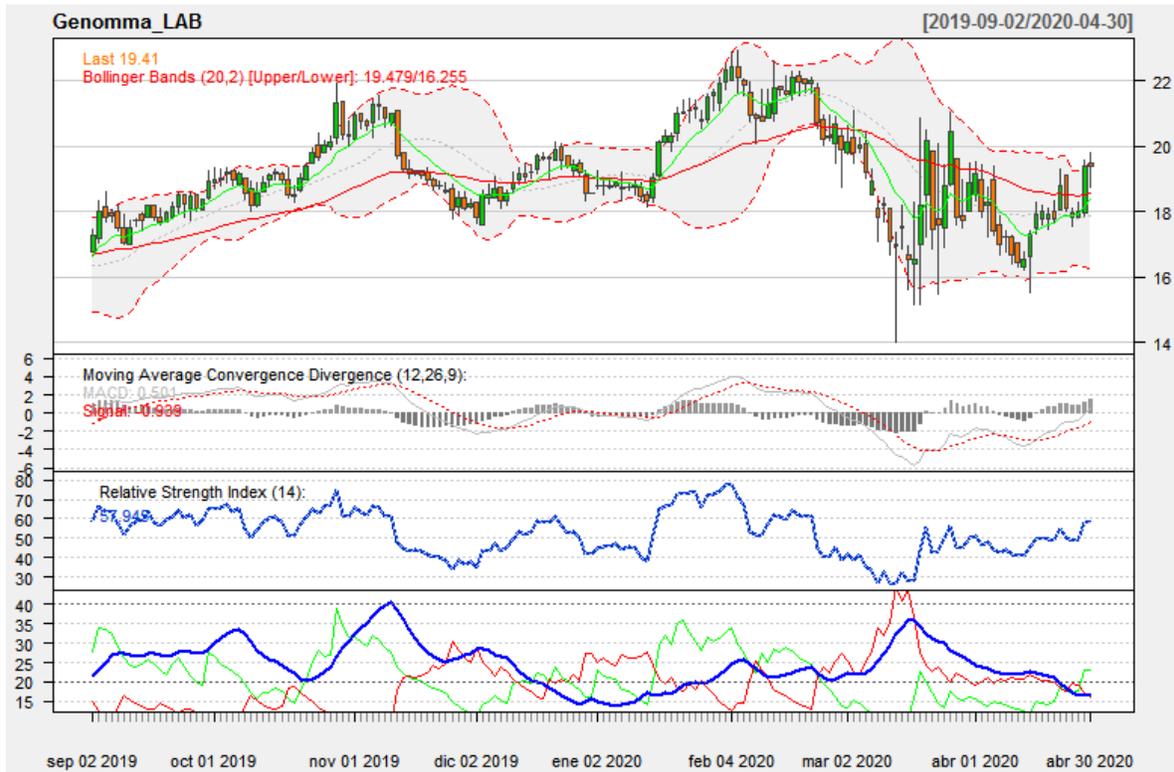
El último ratio del análisis que se encuentra en el Cuadro 4 es el Ratio Sharpe, el cual muestra la relación que existe entre el rendimiento otorgado y el riesgo; su metodología fue propuesta por William Sharpe. De esta manera, la acción de Quálitas presenta el mayor ratio en 2019 con 2.5 unidades de rendimiento por unidad de riesgo incurrida, seguida por Elektra en 2019 con 1.72. Los ratios más bajos fueron para Lab y Walmex, Lab en 2018 tuvo -1.73 y -0.07 respectivamente. Mientras que Netflix disminuyó.

Análisis Técnico de las acciones.

Para el análisis técnico se utilizaron los siguientes métodos: *i*) Medias móviles, es el método que permite observar la tendencia de la serie en el corto plazo (10 periodos), mediano plazo (50 periodos) y largo plazo (100 o más periodos); *ii*) Bandas de Bollinger, este permite visualizar la volatilidad del precio de la acción dentro de un intervalo que se obtiene a partir de información rezagada (mínimo 20 periodos) y a dos desviaciones estándar; *iii*) MACD, a diferencia de la media móvil incorpora la divergencia o convergencia del precio respecto a las medias móviles; *iv*) RSI, es un indicador que permite determinar el nivel de sub o sobre venta de la acción dentro de un intervalo de tiempo (rezago de 14 periodos); y *v*) DMI, permite visualizar la tendencia futura del activo (mínimo 14 periodos de rezago). Para llevar a cabo este análisis se hizo uso del programa R Studio con información obtenida de la plataforma de *Yahoo Finance* para el periodo comprendido que va de 02/01/2019 al 30/04/2020 con una temporalidad diaria.

Para la acción de LAB se puede observar en la Gráfica 12 que su precio de corto plazo se ha mantiene por encima de su valor de mediano plazo. En marzo de 2020 experimenta una caída con respecto a su precio de mediano plazo, coincidiendo en un periodo de volatilidad el cual se confirma con el tamaño de las velas que es mayor en comparación con el inicio de la volatilidad. Además las bandas de Bollinger se vuelven más angostas, indicando que el precio de la acción LAB ha entrado en una fase de volatilidad. Por su parte los demás indicadores señalan que al final del periodo de estudio el precio de la acción observe un cambio de trayectoria.

Gráfica 12: Comportamiento de Genomma LABB



Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la acción de ELEKTRA se utiliza la Gráfica 13 en la cual muestra, en primera instancia, que el precio de la acción presenta poca variación, por lo que el precio de corto plazo se ha mantenido constante y sin alejarse de su valor de largo plazo. Por lo anterior el RSI se mantiene constante entre los 40 y 60 puntos, esto se confirma a través del histograma obtenido a través del MACD y además indica que el precio presenta poca divergencia con respecto a su valor de largo plazo. Cabe señalar que el precio de ELEKTRA muestra un comportamiento sin volatilidad, y con un buen rendimiento debido a su solidez financiera.

Gráfica 13: Comportamiento de Elektra



Fuente: Elaboración propia

Para el caso de Walmex se utiliza la Gráfica 14 en donde se aprecia a través del MACD y RSI que el precio de la acción tiene un comportamiento cíclico, además estos indicadores junto con el DMI se encuentran en una trayectoria bajista rumbo a su precio de largo plazo. Esto indica que después del rally de inicios de marzo 2020 y en donde el precio subió de \$50 a \$60 por acción, se espera que el precio disminuya a su valor de mediano plazo.

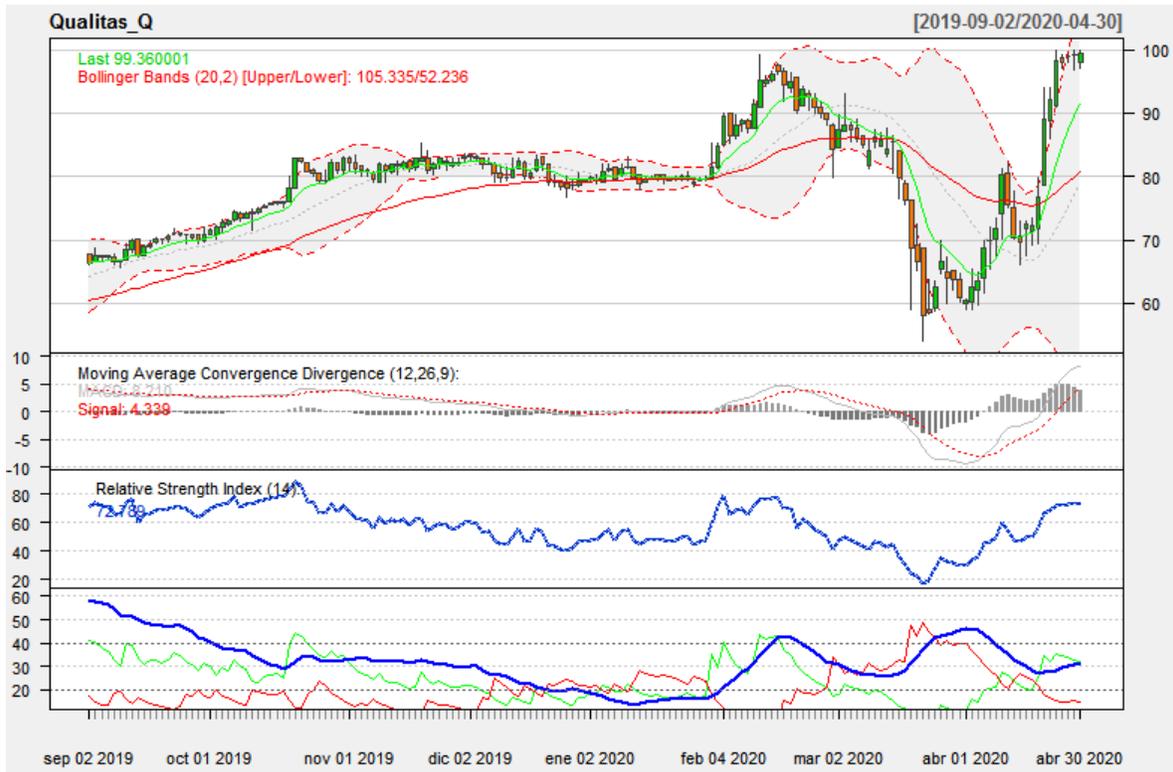
Gráfica 14: Comportamiento de Walmex



Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 15 del precio de Quálitas (Q) se observan tres fases: *i*) al inicio del periodo de enero 2019 una tendencia positiva hasta noviembre 2019; *ii*) periodo de acumulación de noviembre 2019 a febrero de 2020; y *iii*) periodo de volatilidad de febrero 2020 a abril 2020 marcado por la crisis COVID. Cabe señalar que el RSI muestra que al final del periodo el precio de la acción de Quálitas se encuentra en una situación de sobrecompra, mientras que el indicador MACD señala una divergencia del precio con respecto a su valor de corto plazo. Por tanto, no se puede asegurar que el precio de la acción disminuya drásticamente debido a que la trayectoria promedio del DMI no se encuentra en un punto alto en comparación con niveles anteriores.

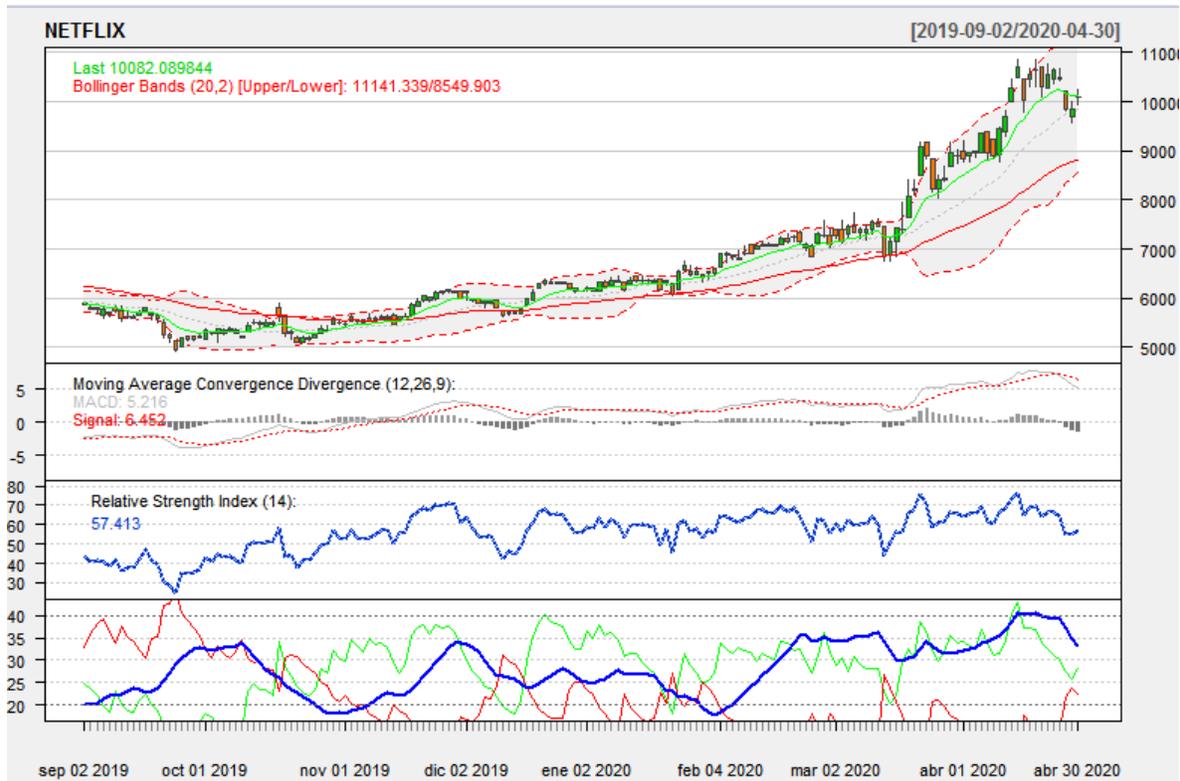
Gráfica 15: Comportamiento de Q



Fuente: Elaboración propia

Finalmente la Gráfica 16 se presenta la acción de Netflix, la cual tiene una tendencia muy marcada a la alza, además la mayor parte del periodo el precio de corto plazo se encuentra por encima de su valor de mediano plazo. Adicionalmente, desde noviembre de 2019 hasta el final del periodo de estudio el precio de corto plazo no descendió. Además el histograma del MACD indica que no hay demasiada divergencia entre el precio y el precio de corto plazo y junto con el RSI indica que la acción de Netflix entró en una fase alcista. Por su parte, el indicador DMI señala un retroceso en el mes de abril 2020, lo cual puede ser interpretado que el precio continuará con una trayectoria alcista al ser un movimiento positivo y superior al negativo ($DMI+ > DMI-$).

Gráfica 16: Comportamiento de Netflix



Fuente: Elaboración propia

Conclusión:

En este capítulo se expuso la relevancia de los tres tipos de análisis para la adecuada selección de acciones. En primera instancia el análisis técnico ofrece una visión sobre la trayectoria del precio, así como los posibles movimientos futuros que son proyectados a través de indicadores. En segunda instancia el análisis fundamental permite al inversor conocer la salud financiera de la empresa a través de razones financieras y contables partiendo de los estados financieros. Finalmente las perspectivas macroeconómicas que son obtenidas por los expertos del sector privado ayudan a proyectar como ciertas variables de la macroeconomía pueden afectar al desempeño de cartera.

CAPÍTULO 3

VALUACIÓN DE LA CARTERA: MARKOWITZ VS BLACK-LITTERMAN

En este capítulo se valúa la cartera a través de la metodología de Markowitz y Black-Litterman para determinar cuál de estos métodos arroja un mejor rendimiento. Para desarrollar el modelo de Markowitz primero se estima un modelo MGARCH, con el objetivo de capturar la información de la varianza de las series e introducirla como insumo al modelo de Markowitz, posteriormente se optimiza la cartera y se aplica la metodología VaR para obtener los niveles de pérdida que puede tolerar el inversor. En segundo lugar, mediante el método de Black-Litterman se define una cartera óptima la cual será utilizada para generar las expectativas del inversor, posteriormente se optimiza la cartera y se aplica la metodología VaR. Con los dos resultados de los modelos se realiza un análisis comparativo entre los modelos utilizados.

3.1. Desarrollo de Modelos

3.1.1 Modelo MGARCH

A través del software STATA se estimaron los diferentes modelos multivariados, las series se transformaron en logaritmo y después se diferenciaron⁵ de acuerdo a su orden de integración, por un lado, los modelos VCC y DVECH no se pudieron estimar, debido a la ausencia de convergencia, mientras que los modelos de correlación condicional (CCC y DCC) si se pudieron estimar. La especificación de los modelos fue a partir de los modelos ARCH (1) y GARCH (1) y sin constante. Para seleccionar el modelo *ad hoc* se utilizó el criterio de información bayesiano (BIC), para este

⁵ Al transformar las series en logaritmo y diferenciarlas se obtienen sus rendimientos. Por otro lado el orden de integración se obtiene a partir de las pruebas de raíz unitaria de Dickey Fuller Aumentada (ADF).

caso se eligió el modelo de correlación condicional dinámica (DCC) al tener un BIC en términos absolutos de 8,489.87, que es menor al modelo CCC que arrojó un BIC en valores absolutos de 8,496.71.

El Cuadro 5 muestra los parámetros arrojados por el modelo MGARCH DCC, la segunda columna (C) muestra los términos constantes de cada ecuación, mientras que la tercera muestra el ARCH a través de su término error al cuadrado en $t-i$ ($[\varepsilon_{n,t-i}][\varepsilon_{n,t-i}]$) de cada ecuación y por último en la última columna es el GARCH el cual muestra la varianza en $t-i$ ($\sigma_{n,t-i}^2$). Los parámetros son estadísticamente significativos a un nivel de confianza de 95% y se encuentran marcados con un asterisco (*). De los resultados del Cuadro 5 lo más relevante es la persistencia de la volatilidad (GARCH) de los cinco activos estudiados. En ese sentido el activo con menor persistencia es Netflix (74%) y el de mayor persistencia es Walmex (96%). El término ARCH determina como un choque aleatorio (estocástico) influye sobre la varianza en el tiempo t . En ese sentido un choque sobre Walmex afecta a su varianza hasta un 3%. Mientras para Quálitas un choque repercute en su acción hasta un 22%.

Cuadro 5. Parámetros del Modelo MGARCH DCC, ARCH (1) GARCH (1)⁶

DCC	C	ARCH	GARCH
Genomma Labb	0.000034	0.1050*	0.8380*
Elektra	0.000012*	0.1021*	0.8063*
Walmex	0.000002	0.0302*	0.9651*
Quálitas	0.00002*	0.2152*	0.7582*
Netflix	0.00009*	0.1100*	0.7480*

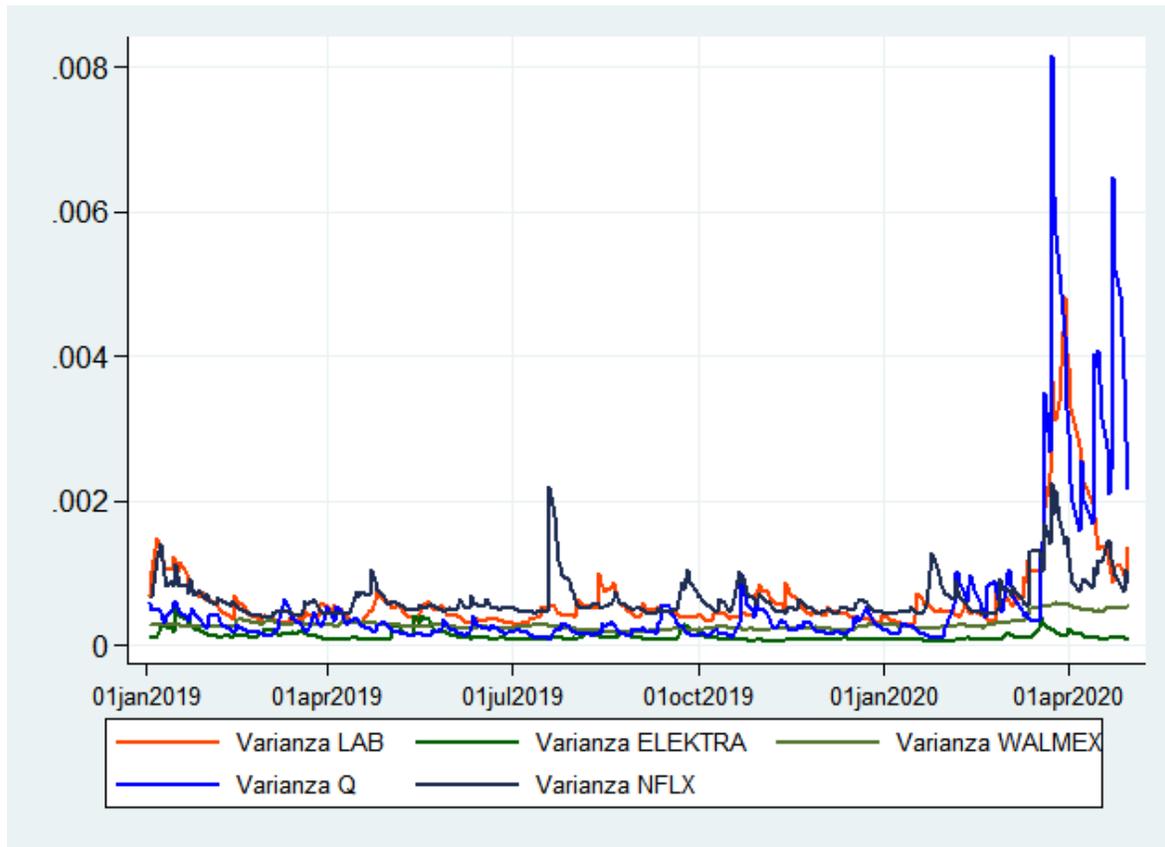
Fuente: Elaboración propia con los datos arrojados por la estimación

La Gráfica 17 muestra la varianza de los cinco activos durante el periodo de estudio, en el primer semestre de 2019 se aprecia un comportamiento estable para cada acción, siendo las de NFLX y LABB las que tienen una varianza por encima de las demás. Mientras en el segundo semestre, la varianza comienza a presentar perturbaciones cíclicas formando crestas periódicas en la mayoría de los activos. Es a partir de abril 2020 que la varianza de los activos comienza a tener una mayor fluctuación con respecto a los meses anteriores y alcanzando su punto más alto. A partir de este

⁶ Para Script del Modelo y Modelo Estimado véase Anexos

periodo, la varianza comienza a tener movimientos más largos y prolongados, siendo la acción de Quálitas la que presenta mayores oscilaciones. Para el caso particular de LABB y NFLX estas acciones presentan una mayor volatilidad a partir del mes de abril. Cabe mencionar que las acciones de ELEKTRA y WALMEX son las que presentan menor volatilidad.

Gráfica 17: Varianzas obtenidas a través del modelo MGARCH.



Fuente: Elaboración propia

Lo que se usará como insumo para optimizar la cartera mediante la metodología Markowitz será el nivel de riesgo de cada acción, medido a través de la desviación estándar anual, en ese sentido, con las varianzas presentadas en la Gráfica 17 se obtiene la varianza del periodo para cada activo y al aplicarles raíz cuadrada y anualizarlas obtenemos el nivel de riesgo para cada acción. Los resultados se presentan en el Cuadro 6:

Cuadro 6. Varianza y Riesgo del periodo para cada activo

	LABB	ELEKTRA	WALMEX	Q	NFLX
var periodo	0.0006609	0.0001301	0.0002866	0.0005925	0.0006645
d.e. periodo	0.0257078	0.0114057	0.0169292	0.0243421	0.0257770
d.e. anual	40.81%	18.11%	26.87%	38.64%	40.92%

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Cartera Óptima con Modelo MGARCH

Para optimizar la primera cartera se hizo uso de la metodología de Markowitz, tomando como insumo el nivel de riesgo anual (Cuadro 6) y la matriz de correlaciones dinámicas que se obtuvieron a partir del modelo MGARCH (Cuadro 8). Por otro lado, el Cuadro 7 muestra la matriz de riesgo rendimiento anualizado para los activos. Dentro de las cinco acciones, Quálitas (63.91%) es la que presenta un mayor rendimiento anual, mientras que Walmex (11.65%) es la que tiene el menor rendimiento. La acción más riesgosa es Netflix (40.92%) y la menor es Elektra (18.11%).

Cuadro 7: Matriz Rendimiento-Riesgo Anual de los activos

	Rendimiento	Riesgo
LABB	36.94%	40.81%
ELEKTRA	28.09%	18.11%
WALMEX	11.65%	26.87%
Q	63.91%	38.64%
NFLX	50.34%	40.92%

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 8 se presenta la matriz de correlaciones dinámicas entre los rendimientos de los activos, los cuales cumplen los supuestos del modelo Markowitz, es decir, la correlación entre los rendimientos activos no debe superar una correlación 0.20; de esta manera las acciones de Walmex y LABB son las que presentan una mayor correlación entre ellas (19%). Las correlaciones de los rendimientos restantes se mantienen fluctuando al 10%, además de ser positivas, con la excepción de Elektra con Walmex, Elektra con Quálitas y Netflix con Quálitas.

Cuadro 8: Matriz de Correlación Dinámica de la Cartera 1

	LABB	ELEKTRA	WALMEX	Q	NFLX
LABB	1				
ELEKTRA	0.06	1			
WALMEX	0.19	-0.1	1		
Q	0.14	-0.07	0.13	1	
NFLX	0.08	0.002	0.07	-0.08	1

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, con los elementos obtenidos se puede calcular la matriz de Markowitz y cuyos resultados aparecen en el Cuadro 9.

Cuadro 9: Matriz Markowitz

	LABB	ELEKTRA	WALMEX	Q	NFLX
LABB	0.1665				
ELEKTRA	0.0045	0.0328			
WALMEX	0.0213	-0.0053	0.0722		
Q	0.0221	-0.0055	0.0136	0.1493	
NFLX	0.0141	0.0002	0.0086	-0.0139	0.1674

Fuente: Elaboración propia

Con las anteriores matrices se lleva a cabo la optimización de la cartera a través del modelo de Markowitz, este proceso arroja la combinación de ponderaciones de cada activo dentro de la cartera, las cuales generan el mayor rendimiento posible con el menor nivel de riesgo asociado. En el Cuadro 10 contiene la información estadística de la cartera óptima, donde la tasa libre de riesgo utilizada es el rendimiento del Cete 28. Con una varianza es de 0.024, la cual indica que el riesgo asociado a la cartera es de 15.45%, representando así un nivel menor de riesgo en comparación a cualquiera de los activos individuales. Por otro lado, el rendimiento esperado anual es de 42.78%, el cual supera individualmente a tres de los cinco activos de la cartera. En ese sentido, el Ratio Sharpe con valor de 2.39 muestra que esta cartera otorga 2.39 unidades de rendimiento por cada unidad de riesgo incurrido.

Cuadro 10: Descripción de la Cartera Óptima 1

Tasa Libre de Riesgo	5.84%
Varianza Cartera	0.024
Riesgo	15.45%
Rendimiento	42.78%
Sharpe	2.39

Fuente: Elaboración propia

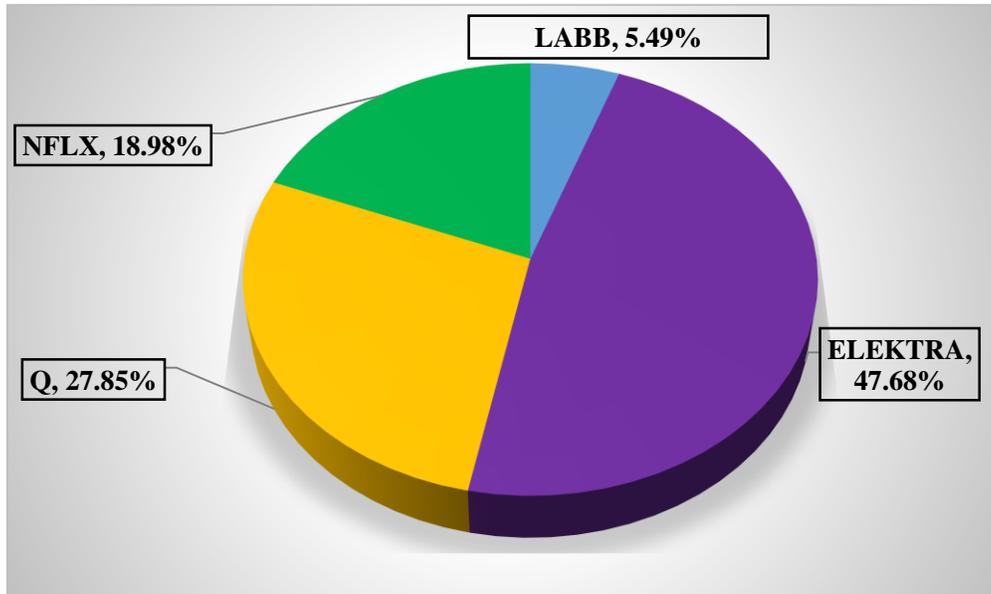
De acuerdo con el modelo empleado su optimización considera el caso de un inversionista con riesgo moderado. Cuyos resultados se presentan en el Cuadro 10 y además, surgen a partir de las ponderaciones siguientes que fueron utilizadas para definir la cartera: en primer lugar se encuentra ELEKTRA teniendo casi la mitad de participación dentro de la cartera con un peso de 47.7%, en segundo lugar esta Quálitas con una participación de 27.8%, le sigue NFLX con 19% y finalmente LABB es la acción con menor ponderación con 5.5%. Cabe mencionar que, de acuerdo con el modelo, para lograr el mayor rendimiento posible no se deben destinar recursos a WALMEX, es por eso que su ponderación es cero.

Cuadro 11: Ponderaciones de la Cartera Óptima 1

	w
ELEKTRA	47.7%
Q	27.8%
NFLX	19.0%
LABB	5.5%
WALMEX	0.0%
Total	100%

Fuente: Elaboración propia

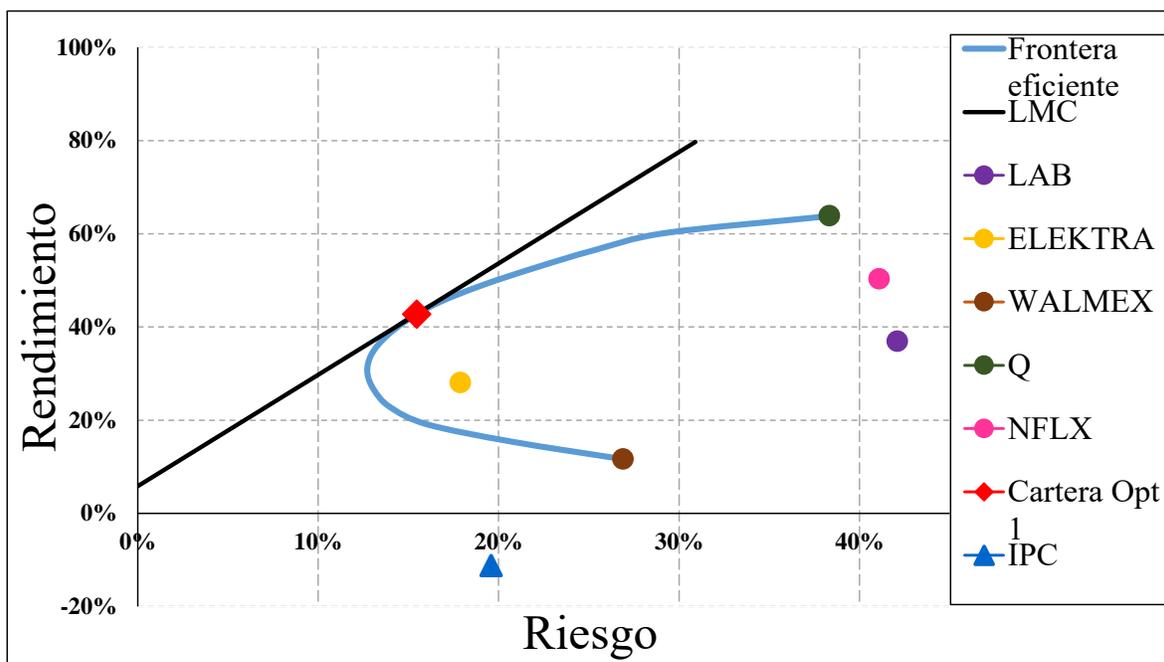
Gráfica 18: Ponderación óptima de las acciones dentro de la Cartera



Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 19 se encuentra la clásica representación de la cartera óptima, la cual recopila diferentes conceptos de la teoría de carteras. Por un lado se encuentra la Línea de Mercado de Capitales (LMC), la cual muestra la relación rendimiento-riesgo cuando se invierte en renta variable y renta fija en distintas proporciones; sobre la LMC cuanto más se aleja del eje de las abscisas (el eje Y), la inversión en renta variable aumenta (específicamente en la cartera). Además se encuentra la llamada Frontera Eficiente, que resulta de distintas combinaciones en la ponderación individual de los activos dentro de la cartera, como su nombre lo indica, cualquier punto sobre la frontera es eficiente, sin embargo solo un punto es óptimo. Es decir, de todas las combinaciones a partir de las ponderaciones el punto óptimo se encuentra donde la frontera eficiente toca tangencialmente a la línea de mercado de capitales. Finalmente para efectos comparativos la Gráfica 19 incluye el desempeño que tuvieron los activos y el IPC-BMV individualmente, los cuales se encuentran por debajo del rendimiento de la frontera eficiente y tienen un riesgo mayor, además señalar que el *benchmark model* tuvo un rendimiento negativo durante el periodo de estudio.

Gráfica 19: Cartera Óptima Markowitz



Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Análisis VaR para la cartera Markowitz

Para aplicar la metodología *Value at Risk* (VaR) para la administración del riesgo se asume el supuesto de realizar una inversión de \$1,000,000 pesos mexicanos (MXN). Para obtener la inversión monetaria por cada activo basta con multiplicar su ponderación dentro del portafolio por el monto total de la inversión. El número de títulos adquiridos provienen del cociente de la inversión por acción entre el último precio de la serie, con esto se supone que la inversión se realiza en el último periodo de la serie. La descripción de la inversión se muestra en el Cuadro 12.

Cuadro 12: Descripción de la Inversión

	LABB	ELEKTRA	WALMEX	Q	NFLX
Ponderación	5.5%	47.7%	0.0%	27.8%	19.0%
Inversión \$	\$ 54,912.66	\$ 476,799.20	\$ -	\$ 278,468.59	\$ 189,819.53
# Títulos	2,829	344	-	2,802	18

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de riesgo se hizo uso de dos tipos de VaR, el histórico y el paramétrico cuyos resultados son presentados en el Cuadro 13. En primer lugar, la metodología del VaR histórico se basa, como su nombre lo indica, en el histórico de los rendimientos para obtener las pérdidas y

ganancias de la serie con las que se genera una distribución y mediante un nivel de confianza para encontrar las máximas pérdidas diarias; hay que mencionar que entre mayor sea el nivel de confianza las pérdidas serán mayores. La tolerancia al riesgo de cada inversionista determinará el nivel de confianza que se elija, que tradicionalmente es de 95%. En el Cuadro 13 se incluyen tres niveles de confianza (90%, 95% y 99%). Para la actual cartera se tiene una máxima pérdida esperada diaria a un nivel del 95% de \$13,333.17 MXN, que representa el 1.33% de la posición del portafolio, es decir la cartera puede resistir ese nivel de pérdida en un día.

Por otro lado, el análisis paramétrico se centra en el producto del nivel de confianza con los montos de inversión, el riesgo y de la temporalidad. Con este método se espera obtener el mayor nivel de pérdida esperada. Para el caso de un nivel de confianza al 95% se tiene que la máxima pérdida esperada diaria es de \$16,012.21 MXN que representa el 1.60% de la posición de nuestro portafolio.

Cuadro 13: VaR Cartera 1

VaR Significancia	Histórico			Paramétrico		
	\$	%	Efec Div	\$	%	Efec Div
1%	-\$ 28,597.96	-2.86%	\$ 26,277.52	-\$ 22,646.38	-2.26%	\$ 31,017.64
5%	-\$ 13,333.17	-1.33%	\$ 7,892.20	-\$ 16,012.21	-1.60%	\$ 21,931.15
10%	-\$ 8,699.35	-0.87%	\$ 5,311.13	-\$ 12,475.56	-1.25%	\$ 17,087.17

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, en la tercera columna del Cuadro 13 se encuentra el Efecto Diversificación, este indicador muestra la pérdida que se está evitando al invertir en la cartera óptima en lugar de una invertir en los activos de manera individual, esto se calcula a partir de la diferencia entre la pérdida máxima de la cartera y la sumatoria de las pérdidas máximas de los activos individuales, de esta manera el efecto de la diversificación es de \$7,892.20 MXN para el VaR Histórico, mientras el VaR Paramétrico es de \$21,931.15 MXN. El análisis del VaR nos da una idea sobre los niveles de pérdida que el inversionista puede soportar. Por lo que la recomendación para todo inversionista es, cuando la cartera llega a estos niveles de pérdida, se debe cerrar la posición para evitar mayores pérdidas. Sin embargo, es decisión del inversionista cuál será su postura a tomar: tomar como referencia los resultados del VaR Histórico o del Paramétrico, así como el nivel de confianza

3.1.4 Modelo Black-Litterman

La segunda metodología para evaluar una cartera óptima es a través del modelo Black-Litterman, mediante el cual se obtiene un vector denominado Exceso de Retornos Esperados (*Expected Excess Returns*) para un conjunto dado de acciones. Cabe mencionar que aquellos datos que usan el término “Exceso” es un valor que ya se ha descontado la tasa libre de riesgo, además es un término análogo a la prima por riesgo usada en el modelo CAPM. En este trabajo se desarrollará la metodología bajo dos escenarios diferentes: el primero tomará en cuenta toda la serie de 02/01/2019 al 30/04/20 y se le llamará “Periodo Original” el cual representa un escenario malo para el mercado; el segundo periodo abarca del 13/08/2019 al 14/02/2020 y se le llamará “Mejor Periodo”, debido a que durante este lapso el mercado mexicano tuvo un buen desempeño.

En el Cuadro 14 contiene el primer vector a construir, el cual se conoce como el vector de ponderaciones del mercado (W_{mkt}), para obtenerlo se debe tener la capitalización de mercado del conjunto de acciones y calcular su peso dentro del *total market cap*. Para calcular la capitalización de mercado de cada activo se revisaron los estados financieros presentados a la Bolsa Mexicana de Valores reportados anualmente para el periodo abril 2020.

Cuadro 14: Ponderaciones del mercado (cifras en mdp)

	Market Cap	W_{mkt}
LABB	40.01	0.03%
ELEKTRA	4,118.54	2.78%
WALMEX	62,986.35	42.57%
Q	2,293.39	1.55%
NFLX	78,530.01	53.07%
	147,968.30	100.0%

Fuente: Elaboración propia

El siguiente parámetro a calcular es la “aversión al riesgo” (δ), el cual sirve para tener el punto de referencia sobre el desempeño del mercado en donde cotizan las acciones de la cartera; en consecuencia, con este dato el inversionista comienza a generar sus expectativas sobre el mercado y determinar así su decisión de invertir o no. Para ello, el inversor buscará un valor por encima del cero ya que este indica que el mercado observado tuvo un rendimiento por encima de los instrumentos libres de riesgo lo que incentiva a incurrir a un mayor riesgo. El cuadro 15 contiene el desempeño anual del mercado (IPC BMV) para el *periodo original*, donde la aversión de riesgo fue de -4.45, esto

implica que el rendimiento del mercado estuvo por debajo de la tasa libre de riesgo de -11.20%; este resultado impacta negativamente a los rendimientos esperados obtenidos a través del modelo de Black-Litterman. Por otro lado, para el *mejor periodo* se obtiene una aversión al riesgo superior que es de 9.62, esto se debe que durante este periodo el rendimiento del IPC BMV fue cerca de 26%. Utilizando este valor para la estimación del modelo, los rendimientos esperados son mayores debido a un desempeño del mercado positivo por lo que el inversionista obtiene mejores expectativas sobre su cartera, sin embargo hay que considerar dos aspectos: *i*) al ser un periodo corto (128 observaciones) se pierde información y *ii*) el choque del SARS-CoV-2.

Cuadro 15: Desempeño del mercado

IPC	Periodo Original		Mejor Periodo	
	Diario	Anual	Diario	Anual
Rendimiento	-0.04%	-11.20%	0.10%	25.98%
Varianza	0.0002	0.0383	0.0001	0.0209
TLR	0.02%	5.84%	0.02%	5.84%
Aversion al riesgo (δ)	-4.45	-4.45	9.62	9.62

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el Cuadro 16 contiene la matriz varianza-covarianza entre los rendimientos de los activos, siendo la diagonal principal la varianza y los demás coeficientes la covarianza. Los valores de la covarianza indican que se cumple el requisito de no existir dependencia entre los activos al estar cerca del cero:

Cuadro 16. Matriz Varianza-Covarianza entre los Rendimientos (Σ)

Periodo Original					
	LABB	ELEKTRA	WALMEX	Q	NFLX
LABB	0.00070				
ELEKTRA	0.00001	0.00013			
WALMEX	0.00005	0.00000	0.00029		
Q	0.00011	-0.00001	0.00006	0.00058	
NFLX	0.00005	0.00003	0.00001	-0.00007	0.00067

Mejor Periodo					
	LABB	ELEKTRA	WALMEX	Q	NFLX
LABB	0.00038				
ELEKTRA	0.00001	0.00006			
WALMEX	0.00007	0.00000	0.00022		
Q	0.00006	-0.00001	0.00001	0.00025	
NFLX	0.00003	-0.00003	0.00007	-0.00001	0.00048

Fuente: Elaboración propia

Con los elementos obtenidos y haciendo uso de la ecuación (14) se obtiene el vector de Exceso de Retornos Implícitos de Equilibrio, el cual está integrado por: *i*) Exceso, como se comentó arriba se debe al factor descuento sobre la tasa libre de riesgo; *ii*) Implícitos, contiene información histórica del desempeño del activo, es decir, es la parte inherente de la acción; y *iii*) Equilibrio, este valor representa la esperanza matemática de la distribución de los rendimientos. Los resultados del Exceso de Retornos Implícitos de Equilibrio en términos diarios se presentan en el Cuadro 17; para el caso del periodo original se observa que los retornos son negativos, esto se debe a que son afectados directamente por la aversión al riesgo negativa del periodo calculado en el Cuadro 15, mientras que para el mejor periodo los resultados son positivos, ya que el mercado tuvo un buen desempeño durante ese lapso de tiempo y en consecuencia la aversión al riesgo fue positiva. Se debe mencionar como parte del cálculo y tomando en cuenta la ecuación (17) donde se asume que Π converge al valor μ debido a que la sumatoria del término estocástico (ε) es igual a cero, es por ello que el valor de τ es igual a 1 de acuerdo a Idzorek (2007).

Cuadro 17: Vector de Exceso de Retornos Implícitos de Equilibrio (II)

II			
Periodo Original		Mejor Periodo	
LABB	-0.0000008	LABB	0.0000010
ELEKTRA	-0.0000015	ELEKTRA	0.0000015
WALMEX	-0.0000975	WALMEX	0.0002890
Q	-0.0000076	Q	0.0000082
NFLX	-0.0001270	NFLX	0.0001494

Fuente: Elaboración propia

Los siguientes elementos a construir son las expectativas que se obtienen a partir de la cartera, como se menciona en la literatura no hay una forma definida para generar las expectativas, ésta varía de acuerdo al inversionista y es él quien decide a que activos se asigna la expectativa y de cuánto será. En el modelo de Black-Litterman no se establece un límite máximo o mínimo de expectativas asignadas a la cartera, ya que con una el modelo funciona adecuadamente. Para evitar cualquier arbitrariedad o decisión subjetiva cada acción llevará una expectativa, la cuál será su tasa media de crecimiento acumulada (TMCA) del periodo para ambos escenarios, es decir, la visión que tiene el inversionista sobre el crecimiento anual de las acciones es igual a su TMCA anualizada. Para ambos escenarios, Quálitas es la que tiene mayor perspectiva de crecimiento y WALMEX es la empresa que se espera que crezca menos. Dentro del *mejor periodo* se encuentran dos acciones, cuya expectativa de crecimiento es negativa, esto se debe a que dentro del periodo seleccionado presentan un movimiento estancado, lo cual provoca que no generen expectativas de crecimiento.

Cuadro 18: Expectativas de Crecimiento

	Periodo Original		Mejor Periodo	
	TMCA diaria	TMCA anual	TMCA diaria	TMCA anual
LABB	0.14%	35.93%	0.17%	43.48%
ELEKTRA	0.12%	28.99%	-0.0002%	-0.05%
WALMEX	0.03%	8.74%	-0.01%	-3.36%
Q	0.22%	56.65%	0.22%	54.45%
NFLX	0.04%	9.39%	0.15%	38.52%

Fuente: Elaboración propia

Con las expectativas del inversionista definidas se procede a convertirlas en insumos del modelo Black-Litterman de la siguiente manera: para este caso se tienen cinco expectativas absolutas denominadas *views* (visión del inversor), debido a que cada una de ellas es aplicable de manera individual a las acciones de la cartera y no respecto a otro. En los Cuadros 19 y 20 contienen una matriz con el vector *views*, el vector Q y la matriz P también llamada *Link Matrix* para los dos escenarios. Su interpretación se debe realizar de fila a fila y de la siguiente manera: *i*) para el caso del *periodo original* (Cuadro 19) el primer *view* indica que habrá un crecimiento promedio diario de 0.14% (35.93% anual) únicamente sobre la acción de LABB, el segundo *view* indica que habrá un crecimiento de 0.12% promedio diario (28.99% anual) únicamente sobre la acción de ELEKTRA, y así sucesivamente. *ii*) para el caso del *mejor periodo* (Cuadro 20) su primer *view* indica que habrá un crecimiento promedio diario de 0.17% (43.48% anual) únicamente sobre la acción de LABB, mientras el segundo *view* señala que habrá un decremento promedio diario de -0.0002% (-0.05% anual) únicamente sobre la acción de ELEKTRA.

Cuadro 19: Expectativas sobre los activos dentro del Modelo, Periodo Original

Views	Periodo Original	Link matrix P				
	Q	LABB	ELEKTRA	WALMEX	Q	NFLX
view1	0.14%	1	0	0	0	0
view2	0.12%	0	1	0	0	0
view3	0.03%	0	0	1	0	0
view4	0.22%	0	0	0	1	0
view 5	0.04%	0	0	0	0	1

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 20: Expectativas sobre los activos dentro del Modelo, Mejor Periodo

Views	Mejor Periodo	Link matrix P				
	Q	LABB	ELEKTRA	WALMEX	Q	NFLX
view1	0.17%	1	0	0	0	0
view2	-0.0002%	0	1	0	0	0
view3	-0.01%	0	0	1	0	0
view4	0.22%	0	0	0	1	0
view 5	0.15%	0	0	0	0	1

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se genera la matriz Ω , la cual se construye a partir de la ecuación (21), en donde la diagonal principal representa la varianza de cada expectativa. De acuerdo con Idzorek (2007) todo valor fuera de la diagonal principal será igual a cero indicando que las expectativas son

independientes entre sí. En el Cuadro 21, se observa que los valores fuera de la diagonal principal son muy cercanos a cero, por lo que se puede concluir que coincide con el supuesto de Idzorek (2007) y que las expectativas son independientes.

Cuadro 21: Varianza sobre las expectativas Ω

Ω Periodo Original				
0.000070	0.000001	0.000005	0.000011	0.000005
0.000001	0.000013	0.000000	-0.000001	0.000003
0.000005	0.000000	0.000029	0.000006	0.000001
0.000011	-0.000001	0.000006	0.000058	-0.000007
0.000005	0.000003	0.000001	-0.000007	0.000067
Ω Mejor Periodo				
0.000038	0.000001	0.000007	0.000006	0.000003
0.000001	0.000006	0.000000	-0.000001	-0.000003
0.000007	0.000000	0.000022	0.000001	0.000007
0.000006	-0.000001	0.000001	0.000025	-0.000001
0.000003	-0.000003	0.000007	-0.000001	0.000048

Fuente: Elaboración propia

Con todos los elementos previamente generados se pueden obtener los rendimientos esperados del modelo Black-Litterman a través de la ecuación (18) para los dos escenarios, el vector resultante de la ecuación se encuentra en el Cuadro 22 en la columna Retorno Diario BL. El resultado de la estimación para el *periodo original* arroja que, de acuerdo con el comportamiento del mercado, el desempeño de las acciones y las expectativas del inversor, se espera que Quálitas sea el activo con mayor rendimiento anual (28.23%) seguida de LABB (17.96%), ELEKTRA (14.48%), WALMEX (3.14%) y finalmente NFLX (3.10%), cabe mencionar que los rendimientos obtenidos ya se fue descontada la tasa libre de riesgo. El nivel de riesgo de cada una surge a partir la diagonal principal de la matriz varianza covarianza (Σ).

Para el *mejor periodo* los retornos esperados resultaron ser diferentes, ya que la acción con mayor rendimiento esperado fue Quálitas (27.33%), en segundo lugar LABB (21.75%), NFLX (21.14%), WALMEX (1.96%) y finalmente ELEKTRA (-0.01%). De esta manera, se tiene que para el *mejor periodo* LABB y NFLX son las empresas con mayor rendimiento esperado con respecto al *periodo original*, mientras que las 3 acciones restantes muestran que un retorno esperado menor, incluso se espera que ELEKTRA tenga rendimiento negativo, o muy similar al de la tasa libre de riesgo.

Cuadro 22: Matriz de Rendimiento-Riesgo para el Modelo Black-Litterman

	Periodo Original			Mejor Periodo		
	Retorno Diario BL	Retorno Anual BL	Riesgo Anual	Retorno Diario BL	Retorno Anual BL	Riesgo Anual
LABB	0.07%	17.96%	42.04%	0.09%	21.75%	31.04%
ELEKTRA	0.06%	14.48%	17.85%	0.00%	-0.01%	12.43%
WALMEX	0.01%	3.14%	26.85%	0.01%	1.96%	23.35%
Q	0.11%	28.23%	38.27%	0.11%	27.33%	25.20%
NFLX	0.01%	3.10%	41.02%	0.08%	21.14%	34.68%

Fuente: Elaboración propia

Para poder determinar cuál de los dos escenarios es mejor, es necesario obtener las ponderaciones de la cartera. El Cuadro 23 contiene las ponderaciones que se encuentran dentro del modelo Black-Litterman, las cuales son de 2 tipos. La primera de ellas, de acuerdo con la ecuación (24), es el factor que da lugar a los pesos específicos dentro de la cartera (WBL), con esto más la sumatoria se obtiene de la ponderación específica (WBL Sin Restricción), se llama de esta manera debido a que estas no tienen implícitas ninguna restricción. Por ello, si una ponderación resulta negativa, significa que esa posición será una venta en corto, en lugar de una posición de compra larga. La siguiente consideración establece que al no estar sujeta a ninguna condición, estas ponderaciones no arrojarán el máximo rendimiento esperado, por lo que se debe calcular el segundo tipo de ponderación con restricción (WBL Con Restricción). De esta manera se la maximización del rendimiento se encuentra restringida a la varianza, por tanto, las posiciones de compra serán en largo y ninguna venta habrá en corto.

Para el *periodo original*, la columna WBL Sin Restricción contiene valores positivos, indicando que todas las posiciones deben ser largas (compra en *long*), mientras que para el *mejor periodo* dicha columna contiene un solo valor negativo, el cual sugiere al inversor destinar el 0.04% de la cartera a una posición corta (venta en *short*) para la acción de ELEKTRA, y por tanto las demás posturas deben ser largas. Sin embargo, al aplicarle restricciones a las ponderaciones se obtienen las combinaciones óptimas que devuelven el mayor rendimiento esperado a un nivel mínimo de riesgo. Para el caso del *periodo original* las ponderaciones óptimas (WBL*) arrojan que la acción con mayor participación dentro de la cartera es la de ELEKTRA con 63.03%, en segundo lugar se encuentra Quálitas con 26.13%, después LABB con 8.58% y finalmente NFLX con 2.23%. Por otro lado, para el *mejor periodo* el vector WBL* muestra que la acción con mayor porcentaje es Quálitas con 46.14%, seguida de NFLX con 20.40%, LABB con 16.98% y finalmente ELEKTRA con 16.48%.

Se debe tener en consideración qué, aunque en el Cuadro 22 se muestra que el rendimiento esperado de ELEKTRA es cercano a cero, sin embargo, el modelo BL asigna una ponderación considerable debido a que los retornos obtenidos surgen a partir del componente histórico de la acción y de las expectativas, por consiguiente, aunque se tengan expectativas nulas, el modelo toma en cuenta el factor histórico para obtener ese porcentaje.

Cuadro 23: Ponderaciones óptimas del Modelo BL

	Periodo Original			Mejor Periodo		
	WBL	WBL Sin Restricción	WBL* Con Restricción	WBL	WBL Sin Restricción	WBL* Con Restricción
LABB	-0.23	12.53%	8.58%	0.23	26.03%	16.98%
ELEKTRA	-1.02	56.05%	63.06%	-0.0003	-0.04%	16.48%
WALMEX	-0.10	5.37%	0.00%	0.04	4.15%	0.00%
Q	-0.43	23.78%	26.13%	0.45	49.59%	46.14%
NFLX	-0.04	2.27%	2.23%	0.18	20.27%	20.40%
	-1.82	100%	100%	0.90	100%	100%

Fuente: Elaboración propia

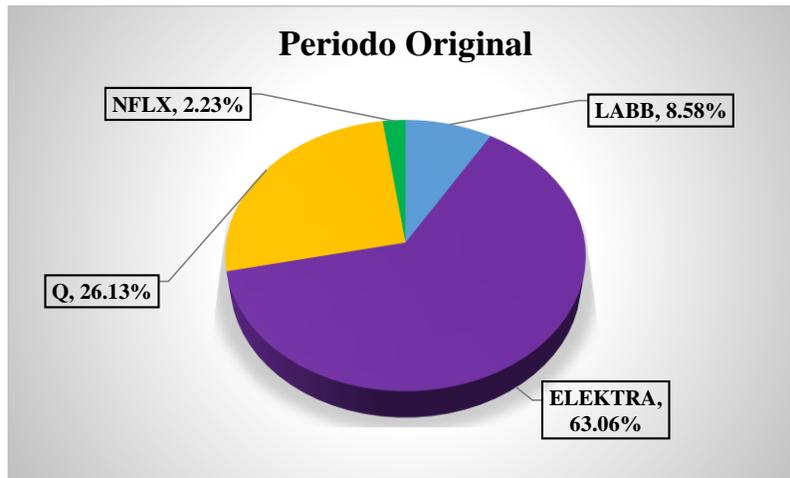
Para corroborar que las ponderaciones con restricción son óptimas y superan en rendimiento a las ponderaciones sin restricción ($WBL < WBL^*$) se compara el *Sharpe Ratio* de cada cartera. El Cuadro 24 contiene dicha comparación, dando como resultado que tanto para el *periodo original* como para el *mejor periodo* el *Sharpe Ratio* de la cartera de ponderaciones con restricción (WBL^*) es mayor en comparación a las sin restricción, concluyendo que para ambos casos el vector WBL^* representa la cartera con las ponderaciones óptimas.

Cuadro 24: Sharpe Ratio de las Ponderaciones

	Periodo Original		Mejor Periodo	
	WBL Sin Restricción	WBL* Con Restricción	WBL Sin Restricción	WBL* Con Restricción
Sharpe R.	1.13	1.15	1.32	1.35

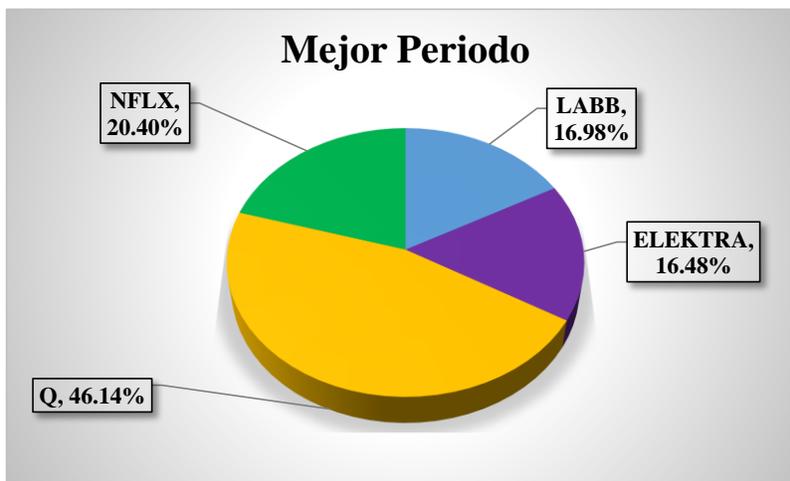
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 20: Ponderaciones Óptimas del Modelo Black-Litterman, *Periodo Original*



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 21: Ponderaciones Óptimas del Modelo Black-Litterman, *Mejor Periodo*



Fuente: Elaboración propia

A partir de los retornos esperados y las ponderaciones se obtienen las estadísticas de la cartera óptima para los dos escenarios, las cuales se presentan en el Cuadro 25. En cuanto a nivel de riesgo, la cartera del *periodo original* tiene el mayor con 15.80% de riesgo anual, 0.56% más en comparación con el *mejor periodo*. Por otro lado, se espera que la cartera del *mejor periodo* tenga mayor rendimiento con 20.62% anual, mientras el *periodo original* se espera un retorno menor con 18.12% anual. Finalmente, el *Sharpe Ratio* confirma que la cartera con mejor desempeño es la del *mejor periodo*, teniendo un ratio de 1.35 contra 1.15 para la cartera del *periodo original*.

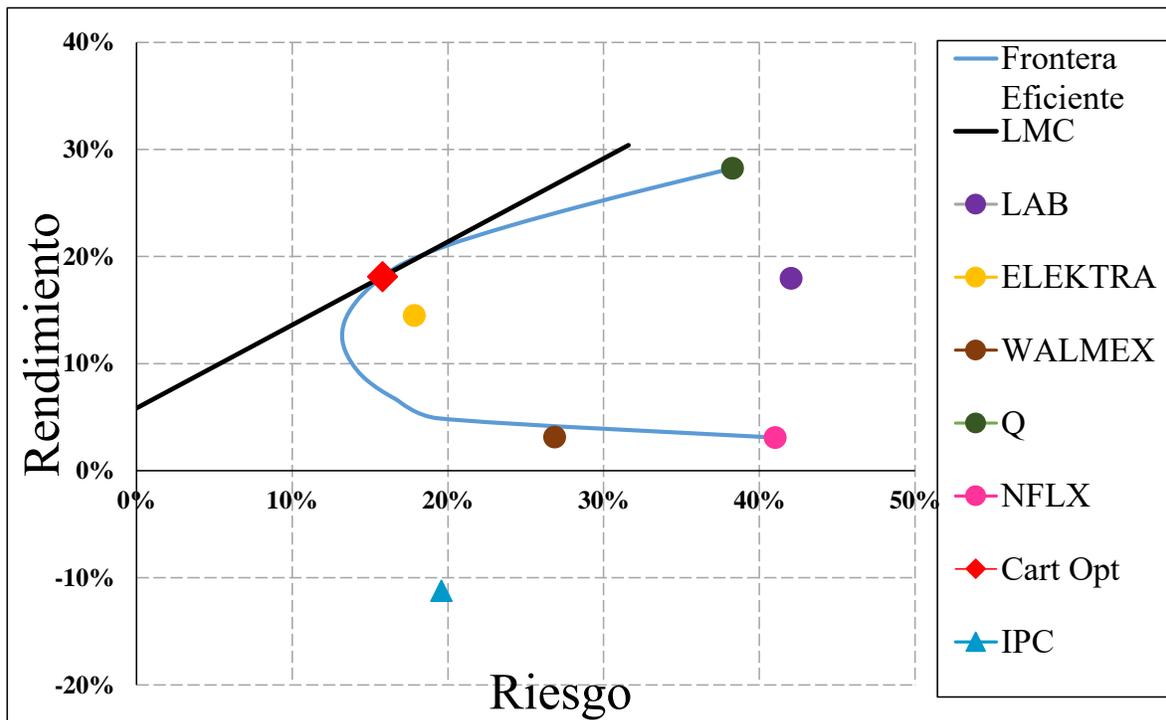
Cuadro 25: Descripción de las Carteras Óptimas del modelo BL

	Periodo Original	Mejor Periodo
Tasa Libre de Riesgo	5.84%	5.84%
Varianza Cartera	0.0250	0.0232
Riesgo	15.80%	15.24%
Rendimiento Esperado	18.12%	20.62%
Sharpe R	1.15	1.35

Fuente: Elaboración propia

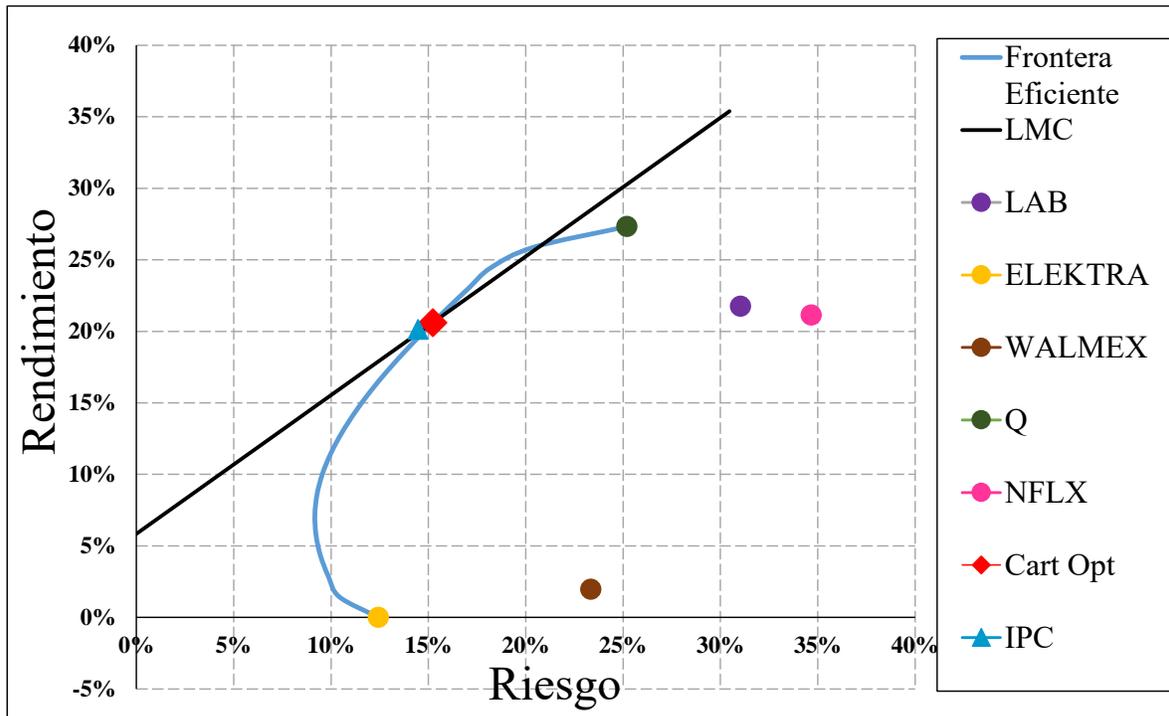
De igual forma, en la Gráfica 21 se observa la optimización de la segunda cartera, a través de una nueva frontera eficiente y su respectiva línea de mercado de capitales para comparar su desempeño con el mercado de manera individual.

Gráfica 21: Cartera Óptima BL *Periodo Original*



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 22: Cartera Óptima BL Mejor Periodo



Fuente: Elaboración propia

3.1.5 Análisis VaR para la cartera BL

A continuación se utiliza la metodología *Value at Risk* (VaR) para la cartera óptima de BL a fin de administración del riesgo, dado un monto monetario y el número títulos adquiridos. La evaluación se lleva a cabo en el último periodo, ya que es en este donde se realiza la inversión. En el Cuadro 24 se describe como se distribuyó la inversión para las acciones que integran la cartera.

Cuadro 24: Descripción de la Inversión

	LABB	ELEKTRA	WALMEX	Q	NFLX
Ponderación	8.58%	63.06%	0.00%	26.13%	2.23%
Inversión	85,784.84	630,571.75	0.00	261,317.57	22,325.84
# Títulos	4,419	455	0	2,630	2

Fuente: Elaboración propia

De esta manera los resultados de la metodología VaR para la administración del riesgo se utilizó el método histórico y el paramétrico, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 25. Para el caso del método histórico, este arroja para un nivel de confianza del 95%, la máxima pérdida diaria esperada

es de \$9,916 MXN la cual representa el 0.99% de la inversión inicial y el efecto de la diversificación muestra que la inversión en la cartera puede reducir las pérdidas hasta \$15,888 MXN, contrastando en el caso que se decida realizar una inversión en los activos de manera individual.

Cuadro 25: VaR Cartera 2

VaR	Historico			Parametrico			
	Confianza	\$	%	Efec Div \$	\$	%	Efec Div \$
99%		-18,891	-1.89%	16,896	-23,150	-2.32%	14,628
95%		-9,916	-0.99%	15,888	-16,369	-1.64%	10,343
90%		-7,045	-0.70%	13,591	-12,753	-1.28%	8,058

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el método paramétrico muestra para un nivel de confianza del 95%, la máxima pérdida esperada diaria es de \$16,639 MXN la cual representa el 1.64% del monto de inversión y el efecto de la diversificación muestra que se puede reducir las pérdidas hasta en \$10,343 MXN.

3.1.6 Análisis Comparativo: MKW vs BL

A partir de los resultados de los modelos Markowitz (MKW) y Black-Litterman (BL) se puede determinar cuál de las dos carteras valuadas representa la estrategia óptima que debe considerar el inversor. Es así que en el Cuadro 26 se muestran los retornos esperados y nivel de riesgo para las acciones en términos anuales; en general, se puede afirmar que el modelo con mayores rendimientos esperados es el de Markowitz; esto se debe a que el BL tomó en cuenta el desempeño del IPC BMV durante el periodo de estudio, el cual tuvo un rendimiento negativo (véase el Cuadro 15), y esto a su vez impactó negativamente sobre las expectativas de los retornos.

Cuadro 26: Retornos Esperados y Nivel de Riesgo

	Retorno MKW	Riesgo MKW	Retorno BL	Riesgo BL
LABB	36.94%	40.81%	17.96%	42.04%
ELEKTRA	28.09%	18.11%	14.48%	17.85%
WALMEX	11.65%	26.87%	3.14%	26.85%
Q	63.91%	38.64%	28.23%	38.27%
NFLX	50.34%	40.92%	3.10%	41.02%

Fuente: Elaboración propia

En relación a los niveles de riesgo ambos modelos presentan valores similares. Esto implica que el BL a pesar de haber generado un rendimiento esperado menor resultó ser más realista que el de MKW y con el mismo nivel de riesgo. Ya que el BL considera las expectativas, el entorno macroeconómico así como los movimientos del mercado, mientras que el MKW solo optimiza con la información que puede extraer de los datos observados, es decir, su evaluación parte del supuesto del *ceteris paribus* (una estimación donde se considera que el escenario no cambia en el tiempo) y para incorporar el enfoque dinámico se utiliza el análisis de la correlación dinámica de un modelo MGARCH, por lo que sus resultados son robustos.

Cuadro 27: Ponderaciones Óptimas

	MKW	BL
LABB	5.49%	8.58%
ELEKTRA	47.68%	63.06%
WALMEX	0.00%	0.00%
Q	27.85%	26.13%
NFLX	18.98%	2.23%
	100%	100%

Fuente: Elaboración propia

El Cuadro 27 contiene las ponderaciones óptimas para ambos modelos, donde coinciden en que ELEKTRA es quien tiene la mayor participación en la cartera, mientras que la acción de WALMEX tiene cero porcentaje. Por otro lado, LABB y Quálitas tienen una participación similar en ambos modelos, mientras que NFLX tiene una diferencia considerable, ya que BL le da un porcentaje menor debido a su expectativa de bajo crecimiento dentro del modelo.

Cuadro 28: Descripción de las Carteras Óptimas

	MKW	BL
Varianza Cartera	0.024	0.025
Riesgo	15.45%	15.80%
Rendimiento	42.78%	18.12%
Sharpe	2.39	1.15

Fuente: Elaboración propia

Por último, en el Cuadro 28 se presentan los parámetros de las dos valuaciones, los cuales sirven para determinar cuál es la mejor cartera para invertir. El nivel de riesgo BL es 0.35% mayor que MKW; en el rendimiento esperado MKW supera a BL en 24.66% y finalmente el *Sharpe Ratio* indica que MKW arroja 2.39 unidades de rendimiento por cada unidad de riesgo incurrido, mientras que BL reporta 1.15. Por lo tanto, la cartera MKW es la que reporta mejor rendimiento y representa la mejor estrategia de inversión.

Conclusión:

Estimar la varianza de la cartera a través de un modelo de volatilidad, específicamente de correlación dinámica condicional, ayuda a corregir el problema de heterocedasticidad que presenta el modelo MK y arroja resultados más consistentes. Por otro lado, el modelo BL considera dentro de su estimación dos elementos muy importantes: *i)* las expectativas del inversionista y *ii)* el comportamiento del mercado en el que cotizan las acciones, lo cual le permite al inversor obtener resultados más robustos, en el sentido de que los rendimientos obtenidos vía BL están más apegados a la realidad, ya que toman en cuenta los movimientos en el entorno macroeconómico, sea por un choque aleatorio con impacto positivo o negativo, mientras el modelo MK deja completamente fuera el comportamiento del mercado.

Conclusiones

La optimización de portafolios o carteras de inversión surge en respuesta a buscar un mayor rendimiento con un mínimo riesgo en el mercado financiero, con sus pros y sus contras se han creado y desarrollado diferentes metodologías para obtener resultados aún más certeros, lo abordado dentro de este trabajo es la metodología de modelos de alta varianza propuesta por Engle para estimar la varianza de un conjunto de acciones dentro de un periodo y la metodología de Black-Litterman para estimar los rendimientos, las dos fueron usadas como insumo dentro de una optimización de cartera vía Markowitz, definimos como Cartera 1 a la cartera optimizada con el insumo del modelo MGARCH y como Cartera 2 a la cartera optimizada con el insumo de Black-Litterman. Los resultados fueron: La cartera 1 tuvo un rendimiento esperado anual de 49.68% con un nivel de riesgo de 33.83% y un Ratio Sharpe de 1.30 mientras que la Cartera 2 tuvo un rendimiento esperado anual de 40.66% con nivel de riesgo asociado de 25.50% y un Ratio Sharpe de 1.37, a priori se observa que la Cartera tiene mayor rendimiento y mayor riesgo en relación a la Cartera , sin embargo el Ratio Sharpe nos indica que la cartera que nos ofrece mayor unidades de beneficio por unidades de riesgo incurridas es la Cartera 2, por lo que nuestra Hipótesis planteada es correcta, el modelo que incorpora Black-Litterman arroja un mejor desempeño, en términos de mayor unidades de beneficio recibidas por cada unidad de riesgo aceptada. Los resultados de las 2 carteras son similares en cuanto a desempeño pero un inversionista podría optar por un rendimiento mayor, Cartera 1, asumiendo mayor riesgo.

Si observamos el vector de volatilidad de la Cartera 1 es mayor a la volatilidad de la Cartera 2, esto es por el modelo autorregresivo incorporado ya que su naturaleza va implícita una alta volatilidad, mientras que la Cartera 2 presenta un vector de rendimientos anuales menores en comparación con la Cartera 1, esto se debe a la naturaleza del modelo Black-Litterman, en dentro del modelo se encuentra la variable precio por riesgo, que contempla el desempeño del mercado y el de la economía mexicana como vimos en el cuadro 10 fue negativo durante el periodo de estudio lo cual nos hace concluir que las 2 Carteras tienen un desempeño superior al desempeño del mercado, además de unas predicciones sobre los activos bajas a consecuencia del mal momento en que se encuentra la economía mexicana, la cual pudimos comprobar con el apartado de expectativas sobre la economía.

En cuanto a la administración de riesgo, los más importantes serían el riesgo de mercado, pues los inversionistas no tienen control sobre las variables económicas, al contrario hacen uso del desempeño de las mismas para decidir sobre sus inversiones, los riesgos regulatorios, para Junio 2020 se prevé aplicar impuestos sobre las plataformas digitales extranjeras, lo que significa un aumento en precios y podría ocasionar una baja en ventas, dentro de nuestra cartera tenemos dos empresas que tienen usan modalidad Netflix y Walmex, además de ser extranjeras, riesgo de concentración, es decir

focalizar la inversión en pocos activos, y sería un riesgo puntualmente para la Cartera 2 debido a que esta solo se compone de 3 acciones y 2 de ellas concentran cerca del 95% de participación dentro de la Cartera 2.

La metodología VaR presentada para cada Cartera se encuentra en contiene 3 niveles de confianza, los más utilizados en los trabajos de estadística al 90%, 95% y al 99%, esto tiene la finalidad de que el inversionista tome la postura que más se apegue a su tipo de aversión al riesgo, que él decida el nivel de pérdida máxima diaria que esté dispuesto a soportar y cerrar la posición, a sí mismo se propusieron 2 tipos de metodologías VaR la histórica y la paramétrica, una más laxa que la otra. A pesar de haber presentado 3 niveles de confianza nos centramos en el más utilizado al 95%, supusimos una inversión de \$1,000,000 MXN para ambas carteras.

Para la Cartera 1 el análisis histórico arrojó una pérdida máxima diaria esperada con un nivel de confianza al 95% es de \$13,33.17 que representa el 1.33% de la posición de la cartera mientras que el análisis paramétrico nos arroja una pérdida máxima esperada de \$35,057.93 a un nivel de confianza del 95% que representa el 3.51% de la posición, como vemos el paramétrico, que hace uso de elementos estadísticos del modelo como el riesgo, el horizonte de tiempo, tiene una pérdida mayor la cual nos da un margen para soportar pérdidas mayor al análisis histórico, que como su nombre lo indica hace uso de la serie histórica.

Para la Cartera 2 la máxima pérdida diaria esperada es de \$14,591.59 a un nivel de confianza de 95% que representa el 1.46% de la posición, para el análisis histórico, mientras que el análisis paramétrico arroja una pérdida máxima esperada diaria a un nivel de confianza de 95% es de \$26,417.67 que representa el 2.64% de la posición, de nuevo el análisis paramétrico es más laxo con un nivel de pérdida soportada mayor. Lo importante de la metodología VaR es que nos da los niveles de pérdida que puede soportar la cartera y el nivel de pérdida en el que el inversionista debería cerrar la posición para evitar futuras pérdidas más profundas.

En conclusión, se espera que la Cartera 2 otorgue más unidades de beneficio por cada unidad de riesgo incurrido, con un rendimiento anual de 40.66% y un riesgo de 25.50%, con la metodología VaR tenemos 2 pérdidas máximas esperadas, y podríamos decir que al tocar pérdidas del 1.46% de la posición (VaR Histórico) debemos estar alerta sobre las pérdidas y monitorear el entorno económico, al llegar a una pérdida de 2.64% (VaR Paramétrico) de la inversión cerramos la posición y evitamos que la pérdida sea más profunda.

Bibliografía

- Arango, C.D., G. F. González, D. Peláez y H. Velásquez (2012), *Arbitrage pricing theory: evidencia empírica para el mercado accionario colombiano, 2005-2012*, Tesis Doctoral, Universidad EAFIT, Colombia.
- Arce, R. (2004), "20 años de modelos ARCH: una visión de conjunto de las distintas variantes de la familia", *Estudios de Economía Aplicada*, 22(1), pp.1-27.
- BANXICO (2020), *Encuesta sobre las Expectativas de los Especialistas en Economía del Sector Privado: Abril 2020*, Banco de México, Disponible en: <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/encuestas-sobre-las-expectativas-de-los-especialis/%7B43511618-8E05-C0DF-7CC8-FA32D3073E4A%7D.pdf>.
- Bejarano, L.V. (2015), *Contagio financiero en mercados latinoamericanos: una aplicación de DCC-MGARCH*, Tesis Maestría, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Black, F. y R. Litterman (1992), "Global Portfolio Optimization", *Financial Analysts Journal*, 48(5), pp. 28-43.
- Brealey, R., S. Myers y F. Allen (2020), *Principios de Finanzas Corporativas*, 12a. Ed., Mc Graw-Hill, México.

- Casas, M. y E. Cepeda (2008), "Modelos ARCH, GARCH y EGARCH: aplicaciones a series financieras", *Cuadernos de Economía*, 27(48), pp. 287 -319.
- Cubillos, C.A. (2013), *Teoría de Valoración por Arbitraje (APT) en la construcción de portafolios sectorizados de acciones colombianas (2005 a 2011)*, Tesis Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- De Gregorio, J. (2007), *Macroeconomía: teoría y políticas*, Pearson Educación, México.
- De Lara, Alfonso (2008), *Medición y control de riesgos financieros*, 3a Ed., Limusa. México.
- Dhankar, R.S. y R. Singh (2005), "Arbitrage pricing theory and the capital asset pricing model-evidence from the Indian stock market", *Journal of Financial Management & Analysis*, 18(1), pp. 14 -27.
- Engle, R. (2004), "Riesgo y volatilidad: modelos econométricos y práctica financiera", *Revista Asturiana de Economía*, 31, pp. 221 -252.
- Firacative, E.F. (2015), *Aplicación del modelo CAPM para la valoración de acciones en el mercado integrado latinoamericano MILA*, Tesis Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Franco-Arbeláez, L.C., C.T. Avendaño-Rúa y H. Barbutín-Díaz (2011), "Modelo de Markowitz y modelo de Black-Litterman en la optimización de portafolios de inversión", *Tecno Lógicas*, 26, pp. 71 -88.
- Galán, J. y F.I. Villalba (2018), "Análisis del riesgo país mediante modelos de heteroscedasticidad condicional", en M. Martínez-Preece, C. Zubieta-Badillo, R. Santillán-Salgado y H. Valencia-Herrera (Cords.) *Administración de riesgos volumen VII. Mercados, modelos y estrategias financieras*, pp. 179-208, UAM-Azcapotzalco, México.
- Galán, J., R. M. Domínguez y F.I. Villalba (2018), "Exchange rate volatility. A comparative analysis through an asymmetric TARARCH and extreme value approach, Mexico: 2014 -2016", en Coronado, S., O. Rojas y F. Venegas (Eds.) *Recent topics in time series in finance: theory and applications in emerging markets*, pp. 95 -120, Universidad de Guadalajara, México.
- Gálvez, R. M. (2008), *Análisis costo beneficio de la implementación del modelo de Black-Litterman para Asignación de activos en portafolios de inversión*, Tesis Licenciatura, Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Gálvez, P., M. Salgado y M. Gutiérrez (2010), "Optimización de carteras de inversión modelo de Markowitz y estimación de volatilidad con GARCH", *Horizontes Empresariales*, 9(2), pp. 39 -50.
- García, J. y P. Salazar (2005), *Métodos de administración y evaluación de riesgos*, Tesis Licenciatura, Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Idzorek, T. (2007), "A step-by-step guide to the Black-Litterman model. Incorporating user-specified confidence levels". En S. Satchell (Ed), *Forecasting expected returns in the financial markets*, pp. 17 -38, Elsevier-Academic Press, Reino Unido.

- Luna-Ramírez, S. y D. Agudelo (2019), "¿Agrega valor el modelo Black-Litterman en portafolios del mercado integrado latinoamericano (MILA)? Evaluación empírica 2008-2016", *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 27, pp. 55-73.
- Martínez, C., J. Ledesma y A. Russo (2013), "Particularidades del Modelo de Fijación de Precios de Activos de Capital (CAPM) en mercados emergentes", *Análisis Financiero*, 121, pp. 37-47.
- Medarde, N. (2014), *El modelo de tres factores de Fama y French aplicado al mercado español*, Tesis de Maestría, ICADE, Madrid.
- Novales, A. (2013), *Modelos ARCH univariantes y multivariantes*, Departamento de Economía Cuantitativa, Universidad Complutense de Madrid, (Versión Preliminar), Madrid, España.
- Mesa L. O., M. Rivera y J. A. Romero (2011), Descripción general de la Inferencia Bayesiana y sus aplicaciones en los procesos de gestión. La simulación al Servicio de la Academia, 2, pp. 1-28.
- Pesce, G., F. Pedroni, J. I. Esandi, G. Milanesi (2015), "Teoría de fijación de precios por arbitraje: Evidencias del mercado de capitales argentino", *XXXV Jornadas Nacionales de Administración Financiera*, Universidad Nacional del Sur, Argentina.
- Restrepo, C. A. y M. García (2001), Supuestos implícitos en la utilización del capital assets pricing model-CAPM- para el cálculo del costo del capital propio-EQUITY-, Documentos Doctorado FCE-CID, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Ruiz, E. (2019), *Notas del Taller de Administración de Cartera y Riesgos*, Especialización en Economía Monetaria y Financiera, FE-UNAM, México.
- Satchell, S. y A. Scowcroft (2000), "A demystification of the Black-Litterman model: Managing quantitative and traditional portfolio construction", *Journal of Asset Management*, 1(2), pp. 138-150.
- Velandia, L. F. y O. Camargo (2006), Una aproximación a la dinámica de las tasas de interés de corto plazo en Colombia a través de modelos GARCH multivariados, Banco de la República, Subgerencia de Estudios Económicos, Colombia.