



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MÉXICO**



FACULTAD DE ECONOMÍA

**“ANÁLISIS DEL VaR Y CVaR APLICADO A UN PORTAFOLIO
DE INVERSIÓN OPTIMIZADO DE ACCIONES DE LA BMV
2016-2019”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN ACTUARÍA**

PRESENTA:

GABRIEL BERNAL POZADAS

ASESOR:

M. EN ESRM. EMILIO DAVID OLVERA REBOLLEDO

REVISORES:

**M. EN ESRM. MARTHA PAOLA HERNÁNDEZ SOTO
DR. EN ADM. OSWALDO GARCÍA SALGADO**

TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, JUNIO DE 2021.

Índice

INTRODUCCIÓN.....	4
CAPÍTULO I: SECTOR FINANCIERO.	9
1.1 Sistema financiero mexicano.	9
1.1.2 Autoridades financieras y organismos de protección.....	9
1.1.3 Instituciones financieras.	12
1.2 Mercado de Valores.	17
1.2.1 Bolsa Mexicana de Valores.	17
1.2.2 IPC.....	24
1.2.3 Comportamiento de la BMV.	27
CAPÍTULO II: TÉCNICAS DE ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS BURSÁTILES FINANCIEROS.....	35
2.1 Administración de riesgos.	35
2.2 Tipos de riesgos.	36
2.2.1 Riesgo de mercado.....	36
2.2.2 Riesgo de crédito y contraparte.	39
2.2.3 Riesgo de liquidez.	42
2.3 Portafolios de inversión.....	43
2.3.1 Teoría de Markowitz.....	44
2.4 Definición del valor en riesgo (VaR).	46
2.4.1 Métodos paramétricos.....	48
2.4.2 Métodos no paramétricos.....	50
2.5 Medidas coherentes de riesgo.....	53
2.5.1 El VaR no es una medida coherente de riesgo.	54
2.5.2 Importancia de la subaditividad.....	56
2.6 Críticas al VaR.	57
2.7 CVaR como medida coherente de riesgo.	58
2.7.1 CVaR para un activo individual.....	61
2.7.2 CVaR para un portafolio.....	62
CAPITULO III: COMPARACIÓN ENTRE LOS INDICADORES VaR Y CVaR EN UN CASO EMPÍRICO DE ACCIONES QUE PARTICIPAN EN BMV.....	63
3.1 Selección de los datos.....	63
3.2 Optimización del portafolio.....	64
3.2.1 Rendimientos diarios.....	64
3.2.2 Rendimientos esperados para cada acción.....	65
3.2.3 Matriz de varianzas – covarianzas.....	67

3.2.4 Modelo de Markowitz	68
3.3 Cálculo del VaR aplicado al portafolio optimizado.	71
3.4 Cálculo del CVaR aplicado al portafolio optimizado.....	72
3.5 Backtesting	74
Conclusiones.....	84
Bibliografía.....	87
Índice de Figuras	89
Índice de Tablas.....	90
Índice de ecuaciones.....	91
Anexo	93
Matriz de varianzas – covarianzas.....	93

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el riesgo es parte inevitable del proceso de la toma de decisiones, porque se define como la posibilidad de que ocurra un daño. Partiendo de esto, se puede señalar que a cada decisión que tomamos le corresponde una posibilidad de daño derivado de factores externos. Particularmente, en el sector financiero hay factores de riesgo que generan inestabilidad en los mercados.

De acuerdo con Jorion (2010), el Condado de Orange, Barings, Metallgesellschaft, Showa Shell, Daiwa, son algunas de las entidades financieras más grandes del mundo que sufrieron dichas pérdidas. Esto en gran medida derivado de la poca preocupación a la exposición al riesgo que tuvo la alta dirección de cada una de las entidades.

Harry Max Markowitz publicó un artículo en la revista Journal of Finance en 1952, en el cual plantea que el rendimiento de un portafolio es la media ponderada de los rendimientos esperados de cada uno de los activos que lo conforman y que el riesgo depende de tres componentes: el peso de cada activo en el portafolio, la desviación estándar y la correlación entre cada par de activos (Galvete, 2012).

El modelo de Markowitz tiene como base tres hipótesis:

- El rendimiento de cualquier portafolio se considera como una variable aleatoria, el valor esperado de dicha variable se emplea para obtener la rentabilidad de la inversión.
- La desviación estándar es utilizada para medir la dispersión, como medida del riesgo tanto del activo como del portafolio.
- Dada su conducta racional, el inversionista preferirá la composición de un portafolio que represente mayor rentabilidad a cierto nivel de riesgo.

El aporte principal de este modelo se centra en la selección racional de la composición del portafolio de tal manera que se produzca una mayor rentabilidad controlando el riesgo; o en su defecto, minimizar el riesgo controlando el rendimiento (Arbeláez, Rúa, & Díaz, 2011).

Anteriormente se sabía que la diversificación de los componentes de un portafolio disminuía la probabilidad de sufrir pérdidas grandes, sin embargo esto se lograba solo al incluir un gran número de activos en el portafolio. En este sentido, Markowitz aporta la implementación de la covarianza entre activos para disminuir las pérdidas sin necesidad de afectar los rendimientos de manera directa. Dicha covarianza mide la relación lineal entre dos variables, la cual nos ayuda a comprender como se mueven los rendimientos de un par de acciones respecto al otro, teniendo como fin la diversificación.

Adicional a la teoría de portafolios, se han implementado metodologías con el objetivo de cuantificar el riesgo de mercado, una de ellas es el Valor en Riesgo (VaR, por sus siglas en inglés), definida como la máxima pérdida esperada que pueden enfrentar los agentes económicos que toman una posición de mercado o de un portafolio de inversión durante un horizonte de tiempo dado un nivel de confianza (Jorion, 2012).

“El VaR es una medida de referencia obligatoria cuando se plantea la cuantificación del riesgo de mercado. De este modo, instituciones internacionales, como el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, e importantes instituciones financieras, como J.P. Morgan, consideran que el VaR es una pieza clave a la hora de medir el riesgo de mercado. Por otro lado, el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea ha adoptado la utilización obligatoria de la medida VaR, como un modelo de cuantificación de requerimientos de capital suficiente para hacer frente a las pérdidas por cambios inesperados en los factores de riesgo” (Semper & Clemente, 2003).

Sin embargo, se han encontrado críticas al VaR, por ejemplo De Lara Haro (2019) menciona que el VaR no establece que hacer con el problema de alta kurtosis (fat tails) y, por lo tanto, no se conoce hasta cuánto podrían llegar las pérdidas en 1 o 5% de las veces.

Por otra parte, Artzner et al (1997) establecen que una medida coherente de riesgo debe satisfacer cuatro propiedades: monotonía no decreciente, subaditividad,

homogeneidad positiva e invarianza bajo traslaciones. Sin embargo el VaR no cumple la propiedad de subaditividad, esta propiedad refiere a que el riesgo global de un portafolio es menor o igual a la suma de los riesgos individuales; por lo tanto, una fusión de portafolios no genera un riesgo adicional.

Una medida que parte del concepto del VaR es el valor en riesgo condicional (CVaR, por sus siglas en inglés), el cual hace referencia a la pérdida potencial que, en medida podríamos esperar una vez que se ha superado el umbral del VaR.

“El CVaR que se propone como metodología para cuantificar el riesgo, es una medida complementaria del VaR, que satisface todas las propiedades exigidas para ser una medida coherente de riesgo, desde el punto de vista académico de la teoría de la medida. Además, desde el punto de vista práctico y operativo, el CVaR supera los inconvenientes citados, ya que no sólo satisface la propiedad de subaditividad, sino que también es convexa y uniextremo, lo cual facilita la implementación de algoritmos de optimización y control” (Arbeláez & Ceballos).

Es por ello que la presente tesis plantea hacer un comparativo entre estas dos medidas, aplicado a un portafolio optimizado con la metodología de Markowitz integrado por acciones que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV).

Para realizar el comparativo se establecen los siguientes periodos:

- Del 4 de Enero de 2016 al 29 de Diciembre de 2017: periodo para calcular el VaR y CVaR inicial del portafolio optimizado con 30 acciones de empresas que cotizan en la BMV y que además están incluidas en el Índice de Precios y Cotizaciones.
- Del 2 de Enero de 2018 al 5 de Julio de 2019: en este periodo se recalculan el VaR y CVaR diarios, adicional se elabora un backtesting considerando las pérdidas y ganancias reales que tiene el portafolio de acuerdo a los pesos asignados por la metodología de Markowitz para minimizar el riesgo.

El periodo anteriormente mencionado fue elegido ya que se pretende observar el comportamiento del VaR y CVaR durante el proceso electoral en México, donde las decisiones políticas tienen impacto directo en la BMV.

La hipótesis que el presente trabajo pretende probar es la siguiente:

H₀: El CVaR aplicado a un portafolio optimizado con la metodología de Markowitz es más confiable que el VaR considerando el periodo de backtesting del 2 de enero de 2018 al 5 de julio de 2019.

Los objetivos que se desean lograr en la presente investigación son los siguientes:

General: Comparar el VaR y CVaR bajo distintos niveles de confianza (95%, 99% y 99.99%) y verificar su efectividad con los datos reales del periodo de backtesting.

Específico: Implementar la metodología del VaR y CVaR a un portafolio optimizado y entender la importancia de una medida coherente de riesgo.

El diseño metodológico de la investigación tiene las siguientes características. Es de tipo cuantitativo, dado que pretende medir el nivel de riesgo entre dos indicadores que miden el riesgo. Es de tipo correlacional, ya que pretende medir el grado de impacto que tiene cada emisora al conformar el portafolio óptimo. También es longitudinal dado que comprende un periodo de tiempo entre enero de 2016 a julio 2019.

La metodología desarrollada para comprobar esta hipótesis fue la siguiente. Primeramente, se consultó y se construyó la base de datos de las emisoras listadas en la Bolsa Mexicana de Valores que conforman el índice de Precios y Cotizaciones, se obtuvieron los precios diarios del 4 de enero de 2016 al 5 de julio de 2019 de Yahoo Finance. Considerado las 30 emisoras más bursátiles de este mercado.

En una segunda etapa, se calcularon los rendimientos diarios para cada una de las emisoras, con ellos se construyó la matriz de varianzas – covarianzas y se aplicó la técnica de Markowitz para obtener los pesos de cada emisora en el portafolio óptimo.

Posteriormente, se aplicó la técnica del VaR y CVaR al primer periodo (4 de enero de 2016 al 29 de diciembre de 2017), con esto obtenemos las métricas iniciales del portafolio.

Finalmente, se recalculó el VaR y CVaR diario durante el periodo de backtesting (2 de enero de 2018 al 5 de julio de 2019), adicionalmente se actualizó el valor del portafolio con los precios reales para el mismo periodo y se comparó con su respectivo VaR y CVaR. Se analizaron los resultados y se desarrolló la conclusión de acuerdo con la hipótesis planteada.

Esta investigación está estructurada en tres capítulos.

En el capítulo 1 se repasó la importancia del sector financiero mexicano y de la BMV, así como del índice de Precios y Cotizaciones. Adicionalmente se presenta un análisis del comportamiento de la BMV durante el periodo de estudio.

En el capítulo 2 se presentan los modelos empleados para el análisis, dichos modelos corresponden a la optimización de portafolios de Markowitz, desarrollo del VaR y sus críticas por falta de subaditividad, posteriormente se presenta el CVaR como medida de riesgo que cumple con las cuatro propiedades para ser considerada una medida coherente de riesgo.

En el capítulo 3 se encuentra el desarrollo del presente trabajo, pasando por la aplicación de la metodología de Markowitz para la obtención de los pesos, así como el cálculo del VaR y CVaR para el periodo inicial y de backtesting.

Finalmente, se procede a las conclusiones de la presente investigación para la aceptación o rechazo de la hipótesis planteada.

CAPÍTULO I: SECTOR FINANCIERO.

El presente capítulo tiene como objetivo exponer como se conforma el sistema financiero mexicano, partiendo de los reguladores hasta las entidades financieras que operan en México, posteriormente se presenta la importancia de la BMV, la clasificación de las emisoras de acuerdo con el giro y los instrumentos con los que opera. Finalmente se encuentra un análisis del comportamiento de la BMV durante el periodo de estudio.

1.1 Sistema financiero mexicano.

El sistema Financiero Mexicano puede definirse como el conjunto de organismos e instituciones que captan, administran y canalizan a la inversión, el ahorro dentro del marco legal que corresponde en territorio nacional (UADY).

1.1.2 Autoridades financieras y organismos de protección.

Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público tiene como misión proponer, dirigir y controlar la política del Gobierno Federal en materia financiera, fiscal, de gasto, de ingresos y deuda pública, con el propósito de consolidar un país con crecimiento económico de calidad, equitativo, incluyente y sostenido, que fortalezca el bienestar de las y los mexicanos (SHCP).

Banco de México.

El Banco de México tendrá por finalidad proveer a la economía del país de moneda nacional. En la consecución de esta finalidad tendrá como objetivo prioritario procurar la estabilidad del poder adquisitivo de dicha moneda. Serán también finalidades del Banco promover el sano desarrollo del sistema financiero y propiciar el buen funcionamiento de los sistemas de pagos (Banco de México).

Comisión Nacional Bancaria y de Valores.

La Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV), es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), con facultades en materia de autorización, regulación, supervisión y sanción sobre los diversos sectores y entidades que integran el sistema financiero en México, así como sobre aquellas personas físicas y morales que realicen actividades previstas en las leyes relativas al sistema financiero. La Comisión se rige por la Ley de la CNBV (CNBV).

Comisión Nacional de Seguros y Fianzas.

La Comisión Nacional de Seguros y Fianzas es un Órgano Desconcentrado de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, encargada de supervisar que la operación de los sectores asegurador y afianzador se apege al marco normativo, preservando la solvencia y estabilidad financiera de las instituciones de Seguros y Fianzas, para garantizar los intereses del público usuario, así como promover el sano desarrollo de estos sectores con el propósito de extender la cobertura de sus servicios a la mayor parte posible de la población (CNSF).

Comisión Nacional de Sistemas de Ahorro para el Retiro.

CONSAR es la Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro y su labor fundamental es la de regular el Sistema de Ahorro para el Retiro (SAR) que está constituido por las cuentas individuales a nombre de los trabajadores que manejan las AFORE.

Funciones de la CONSAR:

- Establece las reglas para que el SAR funcione adecuadamente.
- Vigila que se resguarden adecuadamente los recursos de los trabajadores.
- Supervisa que los recursos de los trabajadores se inviertan de acuerdo a los parámetros y límites establecidos por la Comisión (Régimen de inversión).
- Se asegura de que brinden la información requerida para los trabajadores (que te envíen tu Estado de cuenta tres veces por año, por ejemplo).

- Está facultada para imponer multas a las AFORE y sanciones a los empleados de éstas en caso de algún incumplimiento.

Con todo ello, se asegura no solo que el SAR funcione sino de que los derechos de los trabajadores sean respetados por las AFORE (CONSAR).

Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros.

El objetivo de la CONDUSEF es promover y difundir la educación y la transparencia financiera para que los usuarios tomen decisiones informadas sobre los beneficios, costos y riesgos de los productos y servicios ofertados en el sistema financiero mexicano; así como proteger sus intereses mediante la supervisión y regulación a las instituciones financieras y proporcionarles servicios que los asesoren y apoyen en la defensa de sus derechos (CONDUSEF).

Instituto para la Protección al Ahorro Bancario.

El Instituto para la Protección al Ahorro Bancario (IPAB) es la institución del Gobierno Federal encargada de administrar el Seguro de Depósitos Bancarios en beneficio y protección de los ahorradores.

El Seguro de Depósitos Bancarios tiene como características fundamentales garantizar hasta por 400 mil UDIs; es decir aproximadamente dos millones cuatrocientos mil pesos, los depósitos bancarios de las personas físicas o morales, de forma automática y gratuita para los ahorradores, sin necesidad de que realicen trámite alguno para el reembolso de su dinero.

El Seguro de Depósitos que administra el IPAB protege, entre otros, los depósitos a la vista, como cuentas de cheques; depósitos en cuentas de ahorro; depósitos a plazo o retirables con previo aviso, como los certificados de depósito; depósitos retirables en

días preestablecidos, y depósitos en cuenta corriente asociados a tarjetas de débito (IPAB).

1.1.3 Instituciones financieras.

Banca múltiple.

El Sistema Financiero en México está integrado por 51 bancos autorizados y en operación, que cumplen con estándares internacionales en materia de regulación y que son supervisados por la CNBV bajo un esquema prudencial basado en riesgos. La importante labor de la banca dentro del Sistema Financiero consiste en contactar a oferentes y demandantes de recursos financieros para que, a través de esta función de intermediación financiera, se apoye el funcionamiento eficiente de la economía, es decir, de la producción y consumo de bienes y servicios (CNBV, 2016).

De acuerdo con la CNVB, las 51 instituciones bancarias autorizadas tienen una inversión en valores de 2,460,167 millones de pesos al cierre de Marzo de 2020, de las cuales el 51.9% lo concentran BBVA Bancomer, Santander y Banamex. Así mismo el reporte estadístico de la comisión muestra que el Resultado Neto del mismo mes fue de 29,847 millones de pesos.

Banca de desarrollo.

El sector de Banca de Desarrollo y Entidades de Fomento está integrado por Sociedades Nacionales de Crédito, las cuales conforman el sistema de banca de desarrollo. Adicionalmente, también integra a Entidades de Fomento, representadas por los fideicomisos públicos de fomento económico con actividades financieras y a Organismos de Fomento supervisados por esta Comisión.

Dicho sector tiene como objeto facilitar el acceso al financiamiento a personas físicas y morales, así como proporcionarles asistencia técnica y capacitación en los términos de sus respectivas leyes orgánicas o estatutos constitutivos (CNBV, 2016).

La CNBV reporta que las seis instituciones de banca de desarrollo (Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C. (Banobras); Nacional Financiera, S.N.C. (Nafin); Banco Nacional de Comercio Exterior, S.N.C. (Bancomext); Sociedad Hipotecaria Federal, S.N.C. (SHF); Banco Nacional del Ejército, Fuerza Aérea y Armada, S.N.C. (Banjército); y Banco del Ahorro Nacional y Servicios Financieros, S.N.C. (Bansefi)), con cifras al cierre de Marzo 2019 tienen una inversión en valores de 816,359 millones de pesos. Por otro lado, reportaron para el mismo periodo un resultado neto de 5,100 millones de pesos.

Casas de Bolsa.

Las Casas de Bolsa son sociedades anónimas dedicadas a la intermediación con valores, lo que comprende el poner en contacto a oferentes y demandantes de valores, así como ofrecer y negociar valores por cuenta propia o de terceros en el mercado primario o secundario.

Para organizarse y operar como casa de bolsa se requiere autorización de la CNBV. Asimismo, este Organismo tiene las facultades para regular la forma y términos en que las Casas de Bolsa deben realizar sus actividades y la prestación de servicios de inversión sobre valores a sus clientes, incluyendo el establecimiento de normas respecto del perfil de inversión de éstos, distribución de valores, la prevención de conflictos de interés y en general, reglas prudenciales para el sano desarrollo del mercado y la protección de los intereses del cliente.

Entre las actividades que realizan las casas de Bolsa son:

- Las Casas de Bolsa brindan asesoría a las empresas para obtener financiamiento a través de la emisión de títulos, y participan en las ofertas públicas como colocador de los mismos o como representantes comunes de los tenedores de valores.
- Posteriormente, pueden contribuir a dar liquidez a los títulos al actuar como formador de mercado manteniendo continuamente posturas de compra y de venta por un importe mínimo de valores.

- En el día a día, celebran operaciones de compra-venta, reporto y préstamo de valores, actuando por cuenta propia o de sus clientes. Para el desarrollo de estas actividades, las Casas de Bolsa pueden llevar a cabo la liquidación de operaciones, ya sea por cuenta propia o de sus clientes, así como la administración y la custodia de los valores de terceros.
- Adicionalmente ofrecen servicios de inversión, para apoyar a clientes en la toma de decisiones de inversión, a través de servicios asesorados y no asesorados.
- Asimismo, pueden actuar como fiduciarias, administrador y ejecutor de prendas bursátiles, así como distribuidoras de acciones de sociedades de inversión.
- Los productos que las Casas de Bolsa pueden ofrecer a su clientela incluyen también las operaciones con derivados, divisas y metales amonedados.
- Las actividades permitidas a las Casas de Bolsa son establecidas por la Ley del Mercado de Valores (CNBV, 2014).

Aseguradoras.

De acuerdo con la LISF las Instituciones de Seguros pueden operar los siguientes ramos:

- Vida;
- Accidentes y enfermedades, en alguno o algunos de los ramos siguientes:
 - Accidentes personales;
 - Gastos médicos, y
 - Salud, y
- Daños, en alguno o algunos de los ramos siguientes:
 - Responsabilidad civil y riesgos profesionales;
 - Marítimo y transportes;
 - Incendio;
 - Agrícola y de animales;
 - Automóviles;
 - Crédito;
 - Caucción;
 - Crédito a la vivienda;

- Garantía financiera;
- Riesgos catastróficos;
- Diversos.

De acuerdo con la CNSF la prima directa del sector asegurados creció 7.9% de 2018 a 2019. Por otra parte, el 41% de la prima directa corresponde al ramo de vida, seguido por daños con 37%.

Afianzadoras.

La fianza es una garantía de cumplimiento de una obligación. El Código Civil la define como un contrato mediante el cual una tercera persona se compromete a cumplir con una obligación ante un acreedor en caso de que el o su deudor no lo hiciera. La fianza se otorga únicamente con la preexistencia de una obligación válida, nacida de la Ley o de la voluntad de dos o más partes.

Los orígenes del sector afianzador se encuentran en el Decreto del Ejecutivo Federal del 3 de junio de 1895, por medio del cual se autorizó el otorgamiento de concesiones de operación a compañías nacionales y extranjeras, para la práctica de operaciones de fianza o caución.

De acuerdo a la obligación que es garantizada, las fianzas de empresa se clasifican en los siguientes cuatro ramos:

- Fianzas de Fidelidad: Las que garantizan el resarcimiento de un daño que cause un empleado por la comisión de un delito en contra de los bienes de la empresa beneficiaria o de los que ésta sea jurídicamente responsable.
- Fianzas Judiciales: Garantizan el cumplimiento de los deberes y obligaciones de actos de particulares o del sector público dentro de un procedimiento judicial o derivado de resoluciones judiciales.
- Fianzas Generales o Administrativas: Son aquéllas que se encargan de garantizar el cumplimiento de obligaciones generales emanadas de un contrato

entre dos partes, y que no sea posible identificar dentro de los ramos de Fidelidad, de Judiciales o de Crédito.

- Fianzas de Crédito: Constituyen el instrumento operativo y legal que garantiza la obligación de pago de recursos monetarios de compromisos crediticios. En todos los casos el acreedor beneficiario de este tipo de fianza deberá estar constituido como persona moral (Olivares Ramírez, 1992).

Uniones de crédito.

Las Uniones de Crédito (UC) son Sociedades Anónimas sujetas a la regulación y supervisión de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV). Las UC como intermediarios financieros no bancarios, tienen como propósito principal facilitar a sus socios el acceso al crédito y a la inversión en condiciones más favorables.

Este sector se ha destacado por la prestación de sus servicios financieros para el apoyo del ramo agropecuario, el cual continúa representando un porcentaje muy importante de la cartera total y de las operaciones del sector, con presencia en la mayoría de los Estados del país, entre las que destacan las Uniones de Crédito del norte del país.

Las UC están clasificadas en tres niveles de operación:

- Nivel I: Realiza operaciones tradicionales de captación.
- Nivel II: Adicional al nivel I, realiza operaciones de arrendamiento financiero, factoraje financiero y financiamiento a otras uniones de crédito.
- Nivel III: Adicional al nivel I y II, realiza operaciones de encomienda fiduciaria en fideicomisos de garantía.

Las UC pueden realizar actividades comerciales a través del denominado departamento especial. Estas actividades incluyen la compra y venta de insumos para sus socios, así como la comercialización, transporte y transformación de sus productos.

Las UC captan recursos exclusivamente de sus socios, los cuales pueden ser personas morales (PYMES) y personas físicas con actividad económica, los recursos que

obtienen a través de sus socios representan su principal fuente de fondeo, aunque también reciben recursos vía la Banca Múltiple, Fondos de Fomento y Banca de Desarrollo.

La participación activa del sector de UC, ha generado que varias sociedades hayan decidido hacer su migración a otra figura, destacando la de Banca de Nicho, situación que se encuentra demandada por varias UC, debido al correcto funcionamiento de dichas sociedades a la correcta instrumentación del Gobierno Corporativo, y en apego a la Regulación emitida por la CNBV.

Al cierre de diciembre 2019 la CNBV reporta 84 Uniones de Crédito autorizadas para operar, de las cuales se reportaron un total de inversiones en valores de 6,475 millones de pesos, así como un resultado neto en el mismo periodo de 794 millones de pesos.

1.2 Mercado de Valores.

1.2.1 Bolsa Mexicana de Valores.

La Bolsa Mexicana de Valores, S.A.B. de C.V. es una entidad financiera, que opera por concesión de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, con apego a la Ley del Mercado de Valores. Es el foro en el que se llevan a cabo las operaciones del mercado de valores organizado en México, siendo su objeto el facilitar las transacciones con valores y procurar el desarrollo del mercado, fomentar su expansión y competitividad, a través de las siguientes funciones:

- Establecer los locales, instalaciones y mecanismos que faciliten las relaciones y operaciones entre la oferta y demanda de valores, títulos de crédito y demás documentos inscritos en el Registro Nacional de Valores (RNV), así como prestar los servicios necesarios para la realización de los procesos de emisión, colocación en intercambio de los referidos valores.

- Proporcionar, mantener a disposición del público y hacer publicaciones sobre la información relativa a los valores inscritos en la Bolsa Mexicana y los listados en el Sistema Internacional de Cotizaciones de la propia Bolsa, sobre sus emisores y las operaciones que en ella se realicen.
- Establecer las medidas necesarias para que las operaciones que se realicen en la Bolsa Mexicana por las casas de bolsa, se sujeten a las disposiciones que les sean aplicables.
- Expedir normas que establezcan estándares y esquemas operativos y de conducta que promuevan prácticas justas y equitativas en el mercado de valores, así como vigilar su observancia e imponer medidas disciplinarias y correctivas por su incumplimiento, obligatorias para las casas de bolsa y emisoras con valores inscritos en la Bolsa Mexicana.

Las empresas que requieren recursos (dinero) para financiar su operación o proyectos de expansión, pueden obtenerlo a través del mercado bursátil, mediante la emisión de valores (acciones, obligaciones, papel comercial, etc.) que son puestos a disposición de los inversionistas (colocados) e intercambiados (comprados y vendidos) en la Bolsa Mexicana, en un mercado transparente de libre competencia y con igualdad de oportunidades para todos sus participantes.

Las bolsas de valores son mercados organizados que contribuyen a que esta canalización de financiamiento se realice de manera libre, eficiente, competitiva, equitativa y transparente, atendiendo a ciertas reglas acordadas previamente por todos los participantes en el mercado.

En este sentido, la Bolsa Mexicana ha fomentado el desarrollo de México, ya que, junto a las instituciones del sector financiero, ha contribuido a canalizar el ahorro hacia la inversión productiva, fuente del crecimiento y del empleo en el país (BMV).

1.2.1.1 Clasificación sectorial de la BMV.

El esquema de clasificación sectorial que la BMV utiliza para reclasificar a las emisoras listadas en su registro fue desarrollado en forma conjunta con el Comité Técnico de Metodologías de la BMV, incorporando la opinión y recomendaciones del Comité de Análisis de la Asociación Mexicana de Intermediarios Bursátiles, A.C. (AMIB). La nueva estructura de clasificación consideró esquemas que marcan la pauta a nivel internacional y que son utilizados por otras Bolsas de Valores.

La nueva clasificación permite homologar a las emisoras con estándares internacionales, de tal manera que es posible una comparación más precisa con emisoras similares en otros mercados, a la vez que se establecen segmentos y grupos más especializados para facilitar los estudios y análisis comparativos.

La nueva estructura considera cuatro niveles de clasificación, incorporando un total de 10 Sectores, 24 Sub-Sectores, 78 Ramos y 192 Sub-Ramos, la estructura del primer nivel está compuesta por los siguientes sectores:

SECTOR I – Energía

SECTOR II – Materiales

SECTOR III – Industrial

SECTOR IV – Servicios y bienes de consumo no básico

SECTOR V – Productos de consumo frecuente

SECTOR VI – Salud

SECTOR VII – Servicios Financieros

SECTOR VIII – Tecnología de la información

SECTOR IX – Servicios de telecomunicaciones

SECTOR X – Servicios públicos

1.2.1.2 Instrumentos disponibles.

1.2.1.2.1 Deuda a corto plazo

El financiamiento bursátil a través de la Bolsa Mexicana cuenta con instrumentos ágiles y flexibles que se adaptan a las necesidades de financiamiento de cada empresa, particularmente los certificados bursátiles. La principal característica de los certificados bursátiles es su flexibilidad operativa de estructuras a partir de un programa de colocación que puede ejercerse en una o varias emisiones, por lo que la empresa tiene la posibilidad de definir el momento más adecuado para colocar, así como las características de cada emisión, que no necesariamente deben ser las mismas, pudiendo establecer el monto, plazo y las condiciones generales de pago y tasa.

Los instrumentos a corto plazo sirven para cubrir las necesidades de capital de trabajo.

1.2.1.2.2 Deuda a largo plazo

El financiamiento bursátil es una opción real y eficaz para atender necesidades financieras de las empresas mexicanas con visión de trascender. Deuda a Largo Plazo está diseñada para cubrir las necesidades de financiamiento para infraestructura, expansión, refinanciamiento de pasivos y otros fines corporativos.

La Bursatilización es un proceso mediante un fideicomiso, donde se destinan activos o flujos de efectivo futuros con el objetivo de realizar una emisión de valores, es decir, se consigue obtener financiamiento al dar liquidez a activos no líquidos.

El Certificado Bursátil permite el diseño de esquemas de financiamiento para la Bursatilización de activos no productivos de la empresa, como son cuentas por cobrar, flujos futuros, entre otros

1.2.1.2.3 Capitales

1.2.1.2.3.1 Acciones

El financiamiento de capital a través de la emisión y oferta pública de acciones, es la fórmula más competitiva de obtención de recursos de largo plazo para la empresa. Cuando la empresa desea allegarse de recursos sin incrementar sus pasivos y obtener capital fresco, la mejor alternativa para ella es la emisión de acciones, las cuales incrementarán su Capital Social con base en sus estrategias de crecimiento y expansión.

El rendimiento para el inversionista se presenta de dos formas:

- Dividendos que genera la empresa (las acciones permiten al inversionista crecer en sociedad con la empresa y, por lo tanto, participar de sus utilidades).
- Ganancia de capital, que es el diferencial en su caso entre el precio al que se compró y el precio que se vendió la acción.

1.2.1.2.3.2 Fibras

Las fibras son vehículos destinados al financiamiento para la adquisición o construcción de bienes inmuebles que tiene como fin su arrendamiento o la adquisición del derecho a recibir los ingresos provenientes del arrendamiento de dichos bienes.

Por ley los Fideicomisos distribuyen el 95% de las utilidades de las rentas entre los inversionistas tenedores de FIBRAS.

Los FIBRAS son un sistema mixto de inversión mediante el cual se perciben beneficios por tres vías:

- Dividendos. A través de las utilidades obtenidas de las rentas menos los gastos de operación (Renta fija).

- Rendimientos. Mediante el desempeño en la BMV (Renta variable). El rendimiento puede generar utilidades si la plusvalía sube, y puede generar pérdidas si el mercado inmobiliario tiende a la baja.
- Plusvalía. En la mayoría de los casos, éste se incrementa al integrar los inmuebles a un FIBRA.

Objetivo de una Fibra:

- Impulsar el desarrollo inmobiliario en México.
- Ser una fuente de liquidez para desarrolladores.
- Permite invertir en bienes inmuebles a todo tipo de inversionista.
- Contribuir a la diversificación de portafolios de inversión, al proporcionar una nueva alternativa de inversión en un mercado regulado.
- Impulsar el financiamiento para diversos segmentos comerciales, industriales, entre otros.

1.2.1.2.3.3 Fideicomisos Hipotecarios

El Fideicomiso realizará la adquisición y la inversión en portafolios hipotecarios, ya sea directa o indirectamente a través de vehículos subyacentes.

El fiduciario realizará las emisiones de certificados bursátiles fiduciarios inmobiliarios para recibir y utilizar los recursos para adquirir, mantener, administrar y enajenar los derechos y activos relacionados con el portafolio hipotecario que serán el patrimonio del fideicomiso, realizar distribuciones de conformidad con el contrato de fideicomiso.

Las distribuciones y los pagos al amparo de los certificados bursátiles fiduciarios inmobiliarios serán exclusivamente con cargo a los bienes que integran el patrimonio del fideicomiso. El patrimonio del fideicomiso también estará disponible para realizar pagos de las demás comisiones, honorarios, gastos, obligaciones e indemnizaciones

del fiduciario, de conformidad con el contrato de fideicomiso. Por lo que las distribuciones a los tenedores de los certificados serán sobre la utilidad neta.

1.2.1.2.3.4 Títulos Opcionales (Warrants)

Los títulos opcionales son títulos de crédito que conferirán a sus tenedores a cambio del pago de una prima de emisión el derecho de comprar o vender un activo subyacente a un precio de ejercicio previamente determinado durante un período o en una fecha preestablecida.

- **Activos Subyacentes:** Podrán ser acciones de sociedades anónimas inscritas en el Registro o títulos de crédito que representen dichas acciones; grupos o canastas integrados por acciones representativas del capital social o títulos de crédito que representen acciones de dos o más sociedades de las mencionadas; o bien, acciones, títulos equivalentes o similares a éstas o títulos referenciados a activos listados en el sistema internacional de cotizaciones, así como índices de precios accionarios nacionales y extranjeros de mercados reconocidos por la Comisión.
- **Tipo de Ejercicio:** Puede ser americano el cual puede ser ejercido durante cualquier periodo de tiempo previo al vencimiento o europeo que solo puede ser ejercido en la fecha de vencimiento.

1.2.1.2.3 Mercado de Capital de Desarrollo

Los “CKD'es” son valores que emitirán fideicomisos, que apoyarán la canalización de recursos de inversión a sectores y actividades en crecimiento y aportarán, flexibilidad y nuevas alternativas de diversificación de portafolios a Inversionistas Institucionales y Calificados de nuestro país. Se definen como títulos o valores fiduciarios destinados para el financiamiento de uno o más proyectos, o para la adquisición de una o varias empresas. Su rendimiento está vinculado a los bienes o activos subyacentes

fideicomitidos. Los rendimientos otorgados no son producto del pago de principal ni de intereses predeterminados, sino del usufructo y beneficios de cada proyecto.

Están diseñados para impulsar proyectos de:

- Infraestructura (Carreteras, Aeropuertos, Puertos, Ferrocarriles, Agua Potable, Electricidad).
- Inmobiliarios.
- Minería.
- Empresariales en general.
- Proyectos de desarrollo de tecnología.
- Proyectos de capital privado

1.2.2 IPC

El Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) es el indicador oficial de la evolución del mercado accionario, ya que busca medir el rendimiento de las acciones de mayor tamaño y liquidez listadas en la Bolsa Mexicana de Valores.

El IPC es calculado diariamente por Standard and Poor's (S&P), ya que desde 2015 la BMV y S&P cuentan con una alianza para el cálculo y metodología de todos los índices de la Bolsa. Dicho cálculo se realiza con base a los resultados de la sesión cotidiana de remates y toma como referencia 35 emisoras de distintos sectores de la economía.

La importancia del índice se debe a que es la referencia de la gran mayoría de participantes del mercado, incluyendo a las empresas locales e internacionales, con la finalidad de seguir y medir el desempeño del mercado de valores mexicano.

Este indicador ha recibido diferentes nombres a lo largo de su existencia, de 1900 a 1957 era conocido como "Promedio de hechos", de 1958 a 1965 era nombrado "Promedio de cotizaciones de acciones" y finalmente el 30 de octubre de 1978 surge oficialmente el nombre Índice de Precios y Cotizaciones.

1.2.2.1 Cálculo del IPC

El IPC se calcula en función de las variaciones de precios de una selección de acciones llamada “muestra”, la cual, debe ser balanceada, ponderada y representativa de todas las acciones cotizadas en la BMV.

La muestra del IPC se selecciona semestralmente (marzo y septiembre) en un proceso llamado “rebalanceo”, el cual, toma en cuenta variables como: número de operaciones, importe negociado, días operados y razón entre el monto operado y monto suscrito.

Un dato relevante es que, de la ponderación de las 35 emisoras, ninguna emisora o componente deberá rebasar una ponderación que exceda del 25% y la ponderación total de las 5 acciones de mayor tamaño no podrán sobrepasar el 60% (BMV).

1.2.2.2 Criterios de selección

- El universo elegible está compuesto por todas las series accionarias (excepto FIBRAS y Fideicomisos Hipotecarios) listadas en la Bolsa Mexicana de Valores.
- Cada serie accionaria elegible deberá tener un mínimo de 10,000 millones de pesos mexicanos de valor de capitalización de mercado flotante calculado con el PPP (Precio Promedio Ponderado).
- Las series accionarias deberán contar con un historial de al menos 3 meses de operación previos a la fecha de referencia del cambio de muestra.
- Todas las series accionarias que cumplan con los criterios mínimos de Capitalización de Mercado y Liquidez podrán ser parte del índice.
- Si hay más de 35 series accionarias seleccionadas, las series accionarias elegibles serán ranqueadas por su Valor de Capitalización de Mercado Flotante calculado con el PPP y su Mediana mensual del importe operado de 6 meses (6 MDTV), las series accionarias con los rankings mayores serán excluidas hasta que el índice alcance la muestra de 35 series accionarias.
- Si hay menos de 35 series accionarias seleccionadas, todas las series accionarias que no cumplieron con los criterios mínimos de Valor de Capitalización de Mercado Flotante calculado con el PPP y de liquidez, serán

ranqueados por su Capitalización de Mercado y su Mediana mensual del importe operado de 6 meses (6 MDTV) y las series accionarias con los rankings menores serán incluidas hasta que el índice alcance la muestra de 35 series accionarias.

- Si existe un empate en el ranking, la serie accionaria con la mayor liquidez en base a la Mediana mensual del importe operado de 6 meses (6 MDTV) será seleccionada.
- Si una emisora cuenta con más de una serie accionaria que cumpla con los criterios de elegibilidad, se elegirá a la serie accionaria con la mayor liquidez a la fecha de referencia del cambio de muestra en septiembre/marzo, con base al valor mensual del MTVR de los últimos 6 meses.
- Una serie accionaria que forme parte del índice no será eliminada si cumple con los siguientes criterios mínimos de liquidez durante el cambio de muestra:
 - Valor de Capitalización de Mercado Flotante calculado por el PPP: 8,000 millones de pesos mexicanos
 - MTVR: 15% anualizado
 - MDTV: 30 millones de pesos mexicanos

1.2.2.3 Fecha de referencia

La fecha de referencia para el cambio de muestra semestral será el último día hábil de dos meses previos a la fecha efectiva del cambio de muestra; por ejemplo, la fecha de referencia para el cambio de muestra de Marzo será el último día hábil de Enero y la fecha de referencia para el cambio de muestra de Septiembre será el último día hábil de Julio.

1.2.2.4 Reemplazos

Reemplazos de series accionarias solo serán incluidos en cada cambio de muestra semestral. En el caso en que la muestra disminuya a un número menor de 30 emisoras, el Comité de Índices revisará el índice para determinar si un reemplazo de series accionarias es requerido para mantener el objetivo del índice (BMV; S&P DJI, 2017).

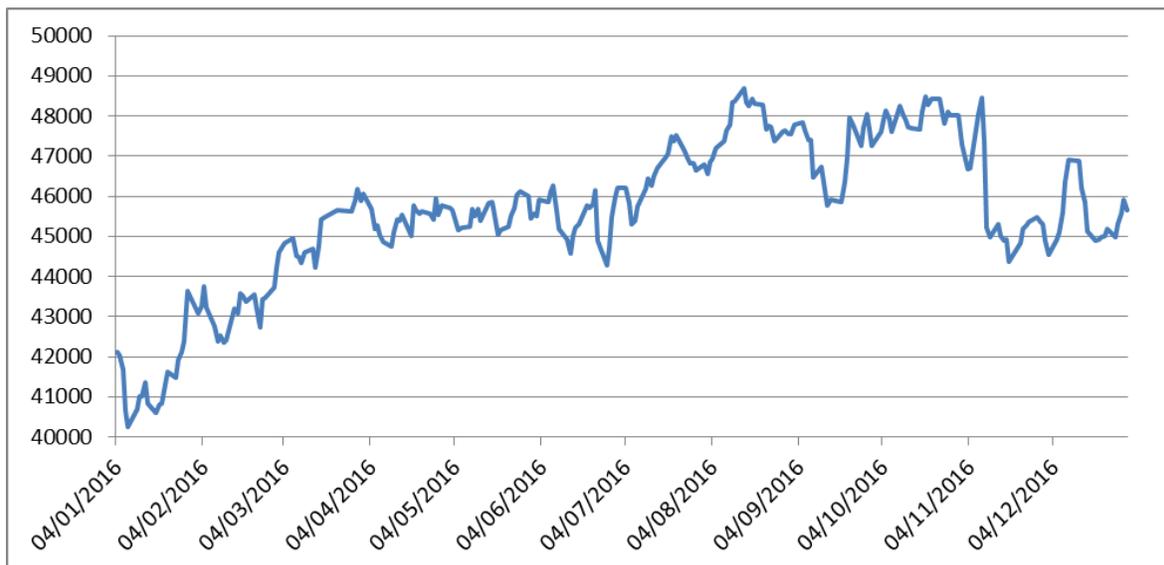
1.2.3 Comportamiento de la BMV.

1.2.3.1 Comportamiento en 2016

El año 2016 presentó altos niveles de volatilidad, debido principalmente a los cambios geopolíticos y económicos observados en el entorno global. Durante este ejercicio, el tipo de cambio FIX alcanzó un máximo de \$21.05 pesos por dólar, en tanto que el Banco de México realizó varias alzas a la tasa de interés interbancaria a un día, cerrando el año en un 5.75%.

Frente a este entorno, el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) de la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) acumuló una variación de 6.2% en pesos y de 26.96% en dólares, alcanzando las 45,642.9 unidades. El día 16 de agosto presentó un nuevo máximo histórico de 48,694.9 unidades.

Figura 1.1 Comportamiento del IPC en 2016



Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo Finanzas.

El valor de capitalización en moneda nacional aumentó 4.51% en términos nominales y 24.93% en dólares (sin considerar a las emisoras provenientes del exterior), disminuyendo su proporción como porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB).

En el mercado accionario, el volumen negociado fue de 83,320 millones de acciones con un valor de \$3,679,036.61 millones de pesos, lo que representa un incremento de

10.23% en volumen y de 13.47% en importe, en comparación con los valores registrados en el año anterior (BMV, 2016).

1.2.3.2 Comportamiento en 2017

El año 2017 presentó altos niveles de volatilidad, debido principalmente a los cambios geopolíticos y económicos observados en el entorno global. Durante este ejercicio, el tipo de cambio FIX alcanzó un máximo de \$21.91 pesos por dólar, en tanto que el Banco de México realizó varias alzas a la tasa de interés interbancaria a un día, cerrando el año en un 7.25%.

Frente a este entorno, el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) de la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) acumuló una variación de 8.13% en pesos y de 13.9% en dólares, alcanzando las 49,354.4 unidades. El día 25 de julio de 2017 presentó un nuevo máximo histórico de 51,713.38 unidades.

Figura 1.2 Comportamiento del IPC en 2017



Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo Finanzas.

El valor de capitalización en moneda nacional aumentó 12.92% en términos nominales y 18.24% en dólares (sin considerar a las emisoras provenientes del exterior), disminuyendo su proporción como porcentaje del PIB.

En el mercado accionario, el volumen negociado fue de 66,535 millones de acciones con un valor de \$3,638,114 millones de pesos, lo que representa una baja del 1.1% en importe y del 20.5% en volumen, en comparación con los valores registrados en el año anterior (BMV, 2017).

1.2.3.3 Comportamiento en 2018

En el año 2018 se observaron altos niveles de volatilidad, esto se explica debido a los cambios geopolíticos y económicos observados en el entorno global y local, este último presentando un gran impacto debido al cambio de gobierno y la incertidumbre generada por ello. Durante este ejercicio, el tipo de cambio FIX alcanzó un máximo de \$20.72 pesos por dólar, en tanto que el Banco de México realizó varias alzas a la tasa de interés interbancaria a un día, cerrando el año en un 8.25%.

Figura 1.3 Comportamiento del IPC en 2018



Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo Finanzas.

Frente a este entorno, el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) de la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) acumuló una variación de -15.63% en pesos y de -15.58% en dólares, alcanzando las 41,640.3 unidades al cierre del año. Por su parte, la acción de BMV (BOLSAA) acumuló una variación de -1.06% en pesos y de -1.0% en dólares, cerrando con un precio de 33.49.

El valor de capitalización en moneda nacional disminuyó 7.82% en términos nominales y 7.89% en dólares (sin considerar a las emisoras provenientes del exterior).

En el mercado accionario, el volumen negociado fue de 67,255 millones de acciones con un valor de \$3,947,343 millones de pesos, lo que representa un alza del 8.48% en importe y del 1.08% en volumen, en comparación con los valores registrados en el año anterior (BMV, 2018).

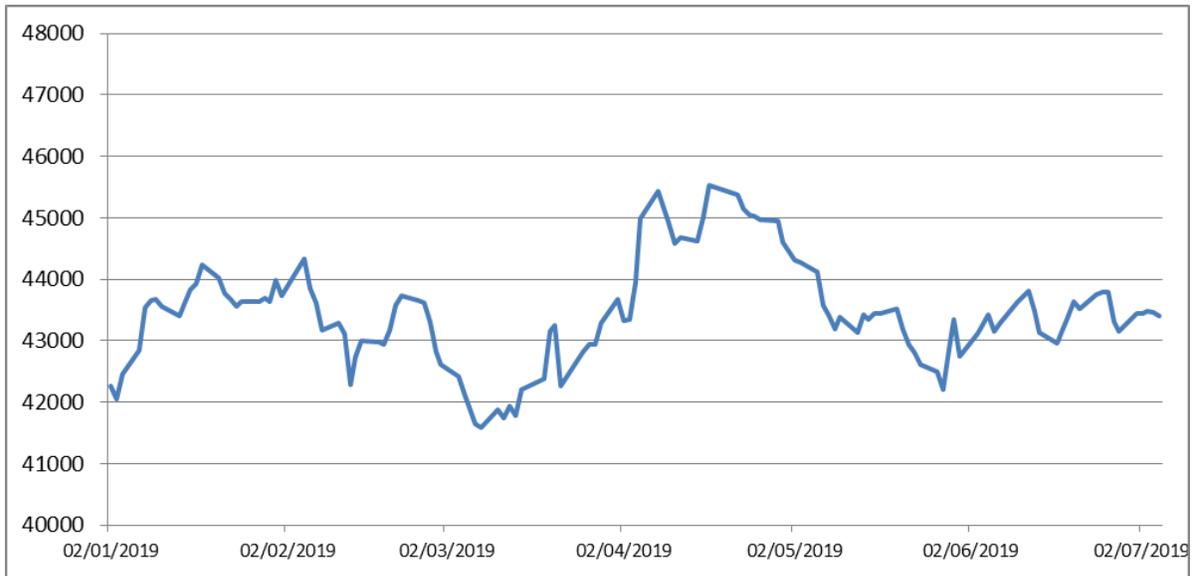
1.2.3.4 Comportamiento en 2019

En este año, el crecimiento de la economía en México se mostró un tanto débil, debido a que las proyecciones de crecimiento a largo plazo, revelan intranquilidad sobre la recuperación de la economía global, este panorama generó que se registrara un menor valor promedio operado diario, así como menores colocaciones en el mercado de deuda.

El tipo de cambio FIX alcanzó un máximo de \$20.12 pesos por dólar, asimismo, INEGI informó una tasa de inflación anual de 2.83% y el Banco de México registró la tasa objetivo de interés en 7.25%

La volatilidad del Índice de Precios y Cotizaciones (S&P/BMV IPC) de la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) acumuló una variación de 3% en pesos y de 7% en dólares, consiguiendo las 43,541 unidades al cierre del año. Por otra parte, la acción de BMV (BOLSAA) acumuló una variación del 20% en pesos y de 25% en dólares, con un precio de cierre de 41.34.

Figura 1.4 Comportamiento de IPC en 2019



Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo Finanzas.

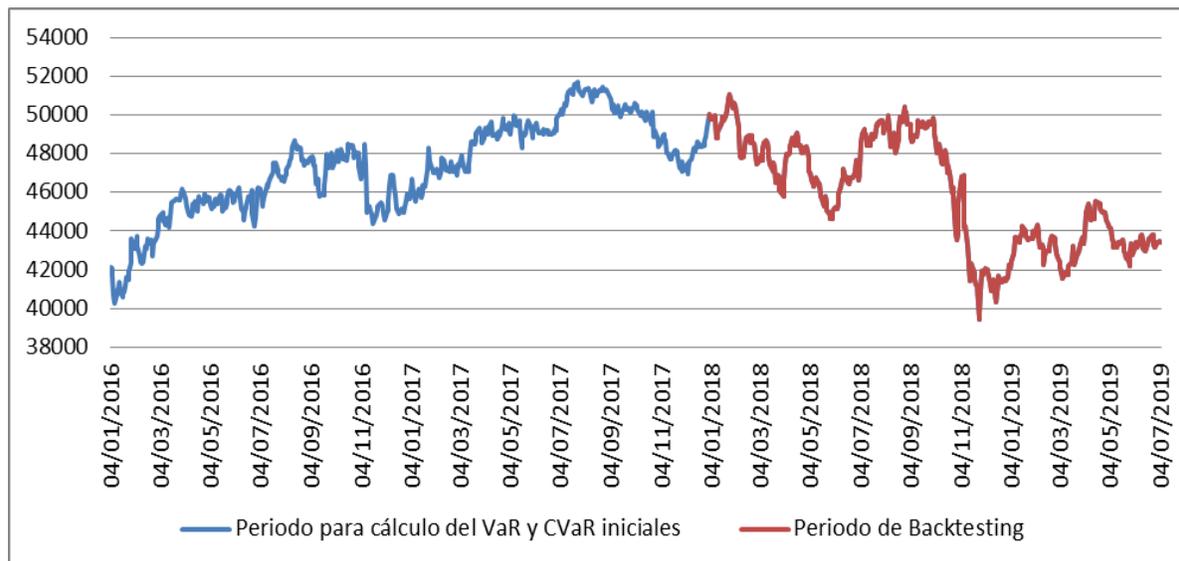
Por su parte, otros índices de la BMV, como el IPC Sustentable, Bursa Óptimo e IPC CompMX se beneficiaron con variaciones nominales en pesos de 3.97%, 2.86% y 2.88% respectivamente. El valor de capitalización en moneda nacional tuvo un incremento del 20% en términos nominales y 25% en dólares (sin considerar a las emisoras provenientes del exterior) (BMV, 2019).

1.2.3.5 Comportamiento durante el periodo de estudio

El periodo está dividido en dos; con los datos del 4 de enero de 2016 al 29 de diciembre de 2017 se calculó el VaR y el CVaR inicial. El periodo en el que se elabora el backtesting y en el que se recalculan los indicadores diariamente es comprendido del 2 de enero de 2018 al 5 de julio de 2019.

La gráfica siguiente muestra el comportamiento del IPC para el periodo.

Figura 1.5 Comportamiento del IPC de 2016 - 2019



Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo Finanzas.

La volatilidad observada en el IPC durante el primer periodo es de .76% con una pérdida máxima de 4.7% asociada al triunfo de Donald Trump a la presidencia de Estados Unidos en noviembre de 2016, mientras que el peso se depreció 8.53% el 9 de noviembre de 2016, un día después de las elecciones.

Por otro lado, la volatilidad durante el periodo de backtesting es de .96%, con una pérdida máxima de 5.99%. Dicha pérdida se asocia a la cancelación del Nuevo Aeropuerto Internacional de México (NAIM).

Es importante mencionar que en México el 1ro de julio de 2018 se realizó el proceso electoral considerado “el más grande del país”, ya que en 30 de los 32 estados se

celebraron comicios, se eligieron representantes para más de 3 mil 400 cargos federales y estatales.

A nivel federal se eligió al presidente de la república, 128 senadores y 500 diputados; mientras que a nivel estatal se eligió gobernador de Chiapas, Guanajuato, Jalisco, Morelos, Puebla, Tabasco, Veracruz y Yucatán. La Ciudad de México eligió nuevo jefe de Gobierno.

Por otro lado, es importante señalar que en este proceso, bajo condiciones específicas y debido a la reforma electoral de 2014 sobre los artículos 89, 115, 116 de la Constitución, existe la figura de reelección inmediata que termina así con la prohibición que existía por ley desde 1933.

En este contexto, senadores y diputados federales, elegidos en 2018, tendrán permitido permanecer en sus cargos por un periodo máximo de 12 años. Los legisladores locales electos entre 2015 y 2016 podrán ser reelectos, según cada estado, para periodos de 6 a 12 años más y los presidentes municipales, regidores y síndicos por tres años adicionales (Ruth Canseco, 2018).

Históricamente, los partidos de izquierda en México no habían ganado la elección para presidente de la República, sin embargo, en 2018 la coalición Juntos Haremos Historia, que representa a la ideología de izquierda, ganó las elecciones presidenciales con el 53%. Adicional a esto, la misma coalición ganó el 54% de los integrantes de la cámara de senadores y el 62% de la cámara de diputados.

El peso y la BMV cayeron el día posterior al día de las elecciones derivado de una ola de aversión al riesgo y luego de que Andrés Manuel López Obrador ganó las elecciones presidenciales con un holgado margen que llevó a la coalición a obtener la mayoría en el Congreso.

La moneda nacional cotizó en 20.0255 pesos mexicanos por dólar, con una pérdida de 11.05 centavos o 0.55% respecto al viernes previo a las elecciones. Por otro lado, el

mercado accionario, con referencia al IPC bajó 2.12% a 46,653.52 puntos (FORBES, 2018).

Una vez analizados los objetivos planteados en este capítulo, se concluye que el sistema financiero mexicano y la BMV juegan un rol importante para el desarrollo económico de México, siendo un canal regulado para la capitalización de las empresas. En este sentido, las empresas cuentan con un modo seguro para la captación de recursos.

CAPÍTULO II: TÉCNICAS DE ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS BURSÁTILES FINANCIEROS.

En el capítulo anterior se observó la importancia del sistema financiero mexicano, haciendo énfasis en la BMV ya que es un canal de financiamiento a las empresas, sin embargo, también se pueden observar los movimientos a los precios de las emisoras a lo largo del tiempo, dichos cambios pueden ocasionar pérdidas para los accionistas. Este capítulo describe el proceso de la administración de riesgos, los tipos de riesgos, construcción de un portafolio óptimo y métricas como el VaR y CVaR, que son útiles para cuantificar las posibles pérdidas de una inversión.

2.1 Administración de riesgos.

La palabra riesgo proviene del latín *risicare*, que significa atreverse o transitar por un sendero peligroso. En realidad, tiene un significado negativo, relacionado con el peligro, daño, siniestro o pérdida. Sin embargo, el riesgo es parte inevitable de los procesos de toma de decisiones en general y particularmente en el ámbito financiero forma parte de las inversiones. El beneficio producido por la toma de una decisión o acción tiene asociado un riesgo inherente, de manera análoga en el ámbito financiero el riesgo se relaciona con las pérdidas potenciales que se pueden sufrir en un portafolio de inversión.

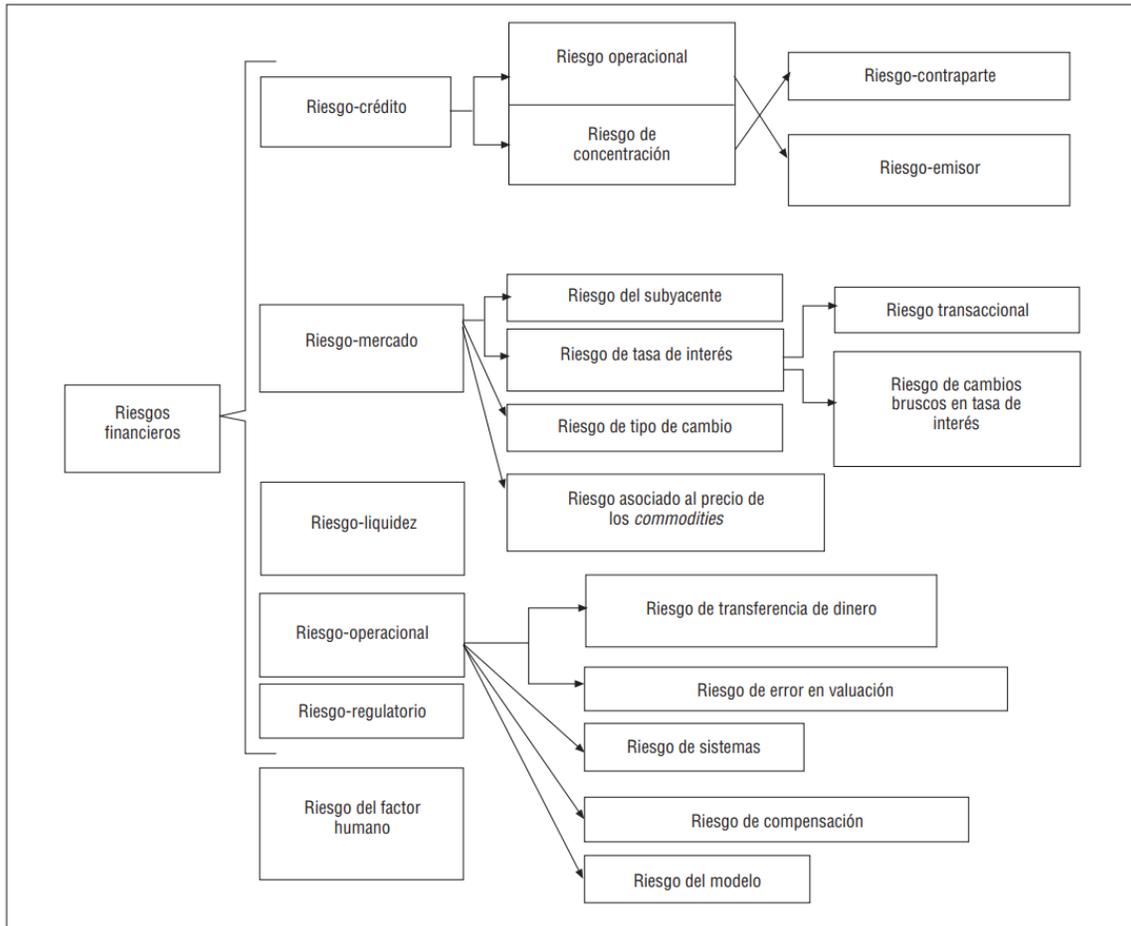
La medición efectiva y cuantitativa del riesgo se asocia con la probabilidad de una pérdida en el futuro, cuantificar dicha probabilidad es la esencia de la administración de riesgos. El objetivo de la administración de riesgos puede expresarse en dos sentidos: asegurarse que una institución o inversionista no sufra pérdidas económicas inaceptables, por otro lado, mejorar el desempeño financiero de una institución, tomando en cuenta el rendimiento ajustado por riesgo, la optimización del capital y la liquidez.

El proceso de administración de riesgos considera, en primer lugar, la identificación de riesgos, en segundo lugar, su cuantificación y control mediante el establecimiento de límites de tolerancia al riesgo y, finalmente, la modificación o nulificación (Haro, 2019).

2.2 Tipos de riesgos.

A continuación se presenta un diagrama de la clasificación de los riesgos financieros y posteriormente se describirán algunos de ellos.

Figura 2.1 Clasificación de los riesgos financieros.



Fuente: Lenin V. I.

2.2.1 Riesgo de mercado

El riesgo de mercado es la pérdida potencial en el valor de los activos financieros debido a movimientos adversos en los factores que determinan su precios, también conocidos como factores de riesgo; por ejemplo las tasas de interés o el tipo de cambio (Banxico, 2005)

2.2.1.1 Métodos de medición de los riesgos de mercado.

Para la medición del capital por riesgo de mercado existen dos amplias metodologías, sujetas a la aprobación de las autoridades regulatorias. La primera consiste en estimar los riesgos de manera estándar, utilizando los coeficientes que se definan en la regulación por plazos y por bandas para cada portafolio.

La segunda metodología consiste en la implementación de modelos internos, sujeta al cumplimiento de ciertas condiciones y cuyo uso requiere, por lo tanto, la aprobación explícita de la autoridad supervisora bancaria.

2.2.1.2 Modelos internos.

Aunque los bancos tienen cierta flexibilidad para diseñar las características precisas de sus modelos, deben aplicar los siguientes estándares mínimos para calcular su requerimiento de capital:

- a) El valor en riesgo (VaR, por sus siglas en inglés) se debe calcular con periodicidad diaria.
- b) Al calcular el VaR, se debe considerar un intervalo de confianza asimétrico (una cola) del percentil 99.
- c) Al calcular el VaR, el periodo de mantenimiento mínimo será de diez días hábiles. Los bancos pueden calcular un valor en riesgo calculado a partir de mantenimientos más cortos, ampliados hasta los diez días por la raíz cuadrada del tiempo.
- d) El periodo de observación histórica para calcular el VaR debe ser de un año como mínimo.
- e) Los bancos deben actualizar sus conjuntos de datos al menos una vez cada tres meses y cada vez que los precios de mercado hayan sufrido cambios considerables.
- f) No se prescribe ningún tipo de modelo en especial siempre que cada uno de los modelos utilizados capte todos los riesgos materiales a los que el banco está expuesto, es decir, los bancos podrán utilizar, por ejemplo, modelos basados en

matrices de varianza–covarianza, simulaciones históricas o simulaciones Montecarlo.

- g) Los bancos pueden reconocer correlaciones empíricas dentro de las categorías de riesgo (por ejemplo riesgos de tasa de interés, tipos de cambio, de precios de acciones y de índices). La autoridad supervisora puede reconocer también correlaciones empíricas entre categorías amplias de factores de riesgo, siempre y cuando haya comprobado que el sistema usado por el banco para calcular las correlaciones es sólido y se ha aplicado integralmente.
- h) Los modelos de los bancos deben recoger con precisión los riesgos específicos asociados a las opciones dentro de cada categoría de riesgos. Los siguientes criterios se aplican para el cálculo del riesgo de las opciones:
 - a. Los modelos de los bancos deben captar las características de precios no lineales de las posiciones de las opciones.
 - b. El sistema de medición de riesgos de cada banco debe utilizar un modelo que capture las volatilidades de las tasas y precios que subyacen a las posiciones con opciones, es decir, el riesgo vega.
- i) Cada banco debe cubrir diariamente su requerimiento de capital, expresado como el valor más alto entre el valor en riesgo del día anterior y el promedio del cálculo diario del valor en riesgo durante los 60 días hábiles anteriores, al que se le aplicará un factor de multiplicación.
- j) El factor de multiplicación lo determina cada autoridad supervisora con base en su evaluación de la calidad del sistema de gestión de riesgos del banco, sujeto al mínimo absoluto de 3. Los bancos deben añadir a este factor un plus directamente relacionado con el funcionamiento de su modelo a posteriori, lo cual introduce un incentivo para mantener la calidad predictiva del modelo. Este plus oscilará entre 0 y 1 con base en el resultado del llamado backtesting. Si los resultados de dicha prueba son satisfactorios y el banco cumple con todos los estándares cualitativos establecidos en el párrafo anterior, el factor de multiplicación adicional será cero (Haro, 2019).

2.2.2 Riesgo de crédito y contraparte.

El riesgo de contraparte existe cuando se da la posibilidad de que una de las partes de un contrato financiero sea incapaz de cumplir con las obligaciones financieras contraídas, haciendo que la otra parte del contrato incurra en una pérdida. El riesgo de crédito es el caso particular cuando el contrato es uno de crédito, y el deudor no puede pagar su deuda. Recientemente, además del caso de incumplimiento, se han incorporado eventos que faceten el valor de un crédito, sin que necesariamente signifique incumplimiento del deudor. Esto ocurre típicamente por cambios en la calidad de un crédito, cuando una calificadora lo degrada. Cuando esto ocurre, significa que la calificadora considera que ha aumentado la probabilidad de incumplimiento del emisor de la deuda, y por lo tanto el crédito vale menos ya que se descuenta a una tasa mayor (Banxico, 2005).

2.2.2.1 Elementos de medición del riesgo de crédito:

- Probabilidad de incumplimiento (PD): Es la medida de qué tan probable que un acreditado deje de cumplir con sus obligaciones contractuales. Su valor mínimo es cero, lo cual indicaría que es imposible que incumpla con sus obligaciones, y su máximo valor es uno cuando es seguro que incumpla. Por tipo de crédito, normalmente se estima a partir de la tasa de incumplimiento observada en cada tipo de crédito, que es la proporción de deudores que incumplen en pago en un periodo determinado, respecto a los totales vigentes del periodo anterior.
- Correlación entre incumplimientos: La correlación a pares mide la dependencia o grado de asociación entre e comportamiento crediticio de los deudores. Su valor está comprendido en $[-1,1]$, y la magnitud de la relación dependerá de que tan estrecha es la relación entre el comportamiento de la pareja de deudores a la que corresponde. Una correlación positiva indica que el incumplimiento de un deudor, hace más probable el incumplimiento del otro. Además, la relación es simétrica, ya que si un deudor está cumpliendo con su obligación, también es más probable que el otro siga cumpliendo.

- Cuando la correlación es negativa, se da el comportamiento contrario, es decir, el cumplimiento de uno de los deudores hace más probable el incumplimiento del otro y viceversa. En el caso de que la correlación sea igual a cero nos indicaría que el incumplimiento de un deudor no influye en el comportamiento crediticio del otro deudor.
- Concentración de cartera: esto significa que hay mucho crédito en pocas manos, lo que puede ser riesgoso. La concentración se puede dar en muchos sentidos y es más peligrosa cuando se da en segmentos riesgosos de la cartera. Ejemplo de ello es cuando la concentración de créditos se da en un sector económico (textil, automotriz, servicios) o por tipo de crédito (hipotecario, refaccionario, crédito al consumo). Normalmente se mide a través de un indicador que resumen en un solo número cómo está distribuida por saldos una cartera de crédito o alguno de sus segmentos. Un indicador muy conocido para medir la concentración es el índice de Herfindahl Hirshmann (IHH) que toma valores entre el recíproco del número de deudores o créditos (N) de una cartera y uno. Así, una cartera totalmente diversificada en donde todos los deudores deben exactamente lo mismo, daría un valor del índice de $1/N$, mientras que si el índice vale uno., necesariamente se tiene que el crédito se encuentra totalmente concentrado en un solo crédito o deudor. El inverso de este índice, llamado “el equivalente numérico de Adelman” se interpreta como el mínimo número de créditos del mismo tamaño que proporcionarían ese valor del índice.
- Exposición: es lo que debe el deudor en un momento dado en caso de incumplimiento. El acrónimo utilizado es EAD por las siglas en inglés (Exposure at Default) y se calcula de la siguiente manera:

$$EAD = MD + CCF * MND \quad (2.1)$$

Donde:

EAD: Exposición al incumplimiento.

MD: Monto dispuesto.

MND: Monto no dispuesto.

CCF: Credit conversion factor.

El monto dispuesto es el saldo actual de la línea de crédito a la fecha de cálculo, el monto no dispuesto es el monto total autorizado de la línea de crédito en la fecha de cálculo menos el monto dispuesto y el Credit conversión factor es el porcentaje del MND que utilizará el acreditado y estará pendiente de pago en la fecha de incumplimiento.

- Severidad de la pérdida: Esto es lo que pierde el acreedor en caso de incumplimiento del deudor y se mide como una proporción de la exposición. A su complemento respecto a la unidad (1- pérdida dado incumplimiento) se le conoce como “tasa de recuperación del crédito”. En la jerga de riesgos de crédito, a la severidad se le representa por sus siglas en inglés LGD (Loss given default). En resumen, la severidad representa el costo neto del incumplimiento de un deudor; es decir, la parte no recuperada al incumplir el acreditado una vez tomados en cuenta todos los costos implicados de dicha recuperación (Banxico, 2005). La tasa de recuperación se calcula de la siguiente manera:

$$TR = \frac{VPR}{EAD} = \frac{M}{EAD} * \frac{M - C}{M} (1 + r)^{-t} = \frac{M - C}{EAD} * (1 + r)^{-t} \quad (2.2)$$

Donde:

TR: Tasa de recuperación del crédito.

VPR: Valor presente del monto recuperado.

M: Monto recuperado.

EAD: Exposición al incumplimiento.

C: Monto de los costos administrativos asociados al proceso de recuperación.

r: Tasa de descuento para determinar el valor presente.

t: Periodo de tiempo del proceso de recuperación.

Sabiendo cual es la tasa de recuperación se puede obtener la severidad de la pérdida (LGD) como su complemento respecto a la unidad.

2.2.3 Riesgo de liquidez.

Se entiende como riesgo de liquidez a la contingencia de que la organización incurra en pérdidas excesivas por la venta de activos a descuentos inusuales y significativos que realice con el fin de disponer rápidamente de los recursos necesarios para cumplir con sus obligaciones contractuales. Dentro de los escenarios económicos el grado de medición y gestión que se genera alrededor de la liquidez es el principal factor para comprender y anticipar posibles crisis a causa de descalces entre movimientos de activos y pasivos, que a su vez conllevan al incumplimiento del pago de las obligaciones contractuales de la entidad (Sánchez Mayorga & Millán Solarte, 2012).

El impacto negativo del riesgo de liquidez es el costo implícito en la falta de liquidez del mercado: spread amplio o inexistente de compra-venta, variaciones abruptas en los precios operados así como el costo o penalización por retiros anticipados de depósitos (Lizarzaburu, Berggrun, & Quispe, 2012).

2.2.3.1 Métricas de riesgo de liquidez de fondeo

- Brechas (gaps) de liquidez: diferencia entre flujos de efectivo por recibir y por pagar a distintas fechas.
- Activos líquidos: valores de alta calidad y fácilmente convertibles en efectivo.
- Concentraciones: concentración en fuentes de fondeo o tipos de activos.
- Horizontes de supervivencia: tiempo (días) que la institución puede mantener sus operaciones normales asumiendo una crisis.
- Prueba de stress testing de liquidez: Nivel de liquidez y horizonte de supervivencia en crisis.
- Razón de cobertura a corto plazo (CCL): métrica sobre la capacidad de un banco para cumplir obligaciones contractuales bajo escenarios de estrés (30 días) : Tiene como objetivo asegurar que la entidad cuente con suficientes activos líquidos de calidad para hacer frente a los flujos de efectivo de salidas netas que se presenten en un escenario de estrés de 30 días de duración. El nivel requerido es que sea igual o superior a 100%. Se calcula de la siguiente manera:

$$CCL = \left[\frac{\text{Activos líquidos}}{\text{Flujos de salidas} - \text{Flujos de entradas}} \right]_{\text{Estrés 30 días}} \geq 100\% \quad (2.3)$$

El escenario de estrés previsto incluye lo siguiente:

- Baja de tres niveles en las calificaciones crediticias del banco.
 - Salida masiva de depósitos a la vista y a plazo.
 - Pérdida de financiamiento en los mercados de capitales.
 - Incremento en el uso de líneas de crédito o de contraparte.
 - Incremento en la volatilidad de mercado: colaterales y llamadas de margen con derivados.
- Razón de fondeo estable (CFEN): métrica que relaciona el fondeo disponible a largo plazo (>1 año) con los activos a largo plazo. Medida estructural del balance. Tiene como objetivo crear incentivos para que los bancos financien sus activos a largo plazo con recursos más estables y, fundamentalmente, de largo plazo. El nivel requerido es que sea igual o superior a 100%. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Fondeo estable neto} = \frac{\text{Fondeo estable disponible} > 1 \text{ año}}{\text{Fondeo estable requerido} > 1 \text{ año}} \geq 100\% \quad (2.4)$$

2.3 Portafolios de inversión

Un portafolio de inversión, también conocido como cartera de activos financieros es un conjunto de títulos o valores propiedad de un inversionista, quien canalizan su capital para obtener un rendimiento dado un nivel de riesgo dependiente a la diversificación del mismo. Para entender el concepto de diversificación se hará referencia al riesgo sistemático y no sistemático.

El riesgo sistemático se refiere a la variabilidad del rendimiento causada por factores que afectan al mercado de valores en su totalidad. Se mide por la beta del título (el coeficiente beta mide el grado de variabilidad de la rentabilidad de una acción respecto a la rentabilidad promedio del mercado al cual pertenece, puede tener valores de 1, <1 o > 1). Si este coeficiente supera la unidad se determina que la inversión realizada tiene un mayor riesgo que el mercado, si es menor, naturalmente la exposición del perfil de

riesgo será inferior que la del mercado y, si el coeficiente es unitario, el activo financiero es igual de riesgoso que el mercado (Riascos, 2017). Por otra parte, el riesgo no sistemático se refiere a los riesgos que son exclusivos de una empresa. De modo que, el riesgo que se minimiza con la diversificación del portafolio es el sistemático.

2.3.1 Teoría de Markowitz

El origen de la mayoría de los modelos de selección de carteras es el de Harry Markowitz, dado a conocer en principio en 1952 y de manera completa en 1959; también es conocido como el modelo de media – varianza y se ha convertido en la base de la teoría moderna de portafolios, además de que ha contribuido a múltiples derivaciones que proporcionan un marco conceptual para la búsqueda de una solución óptima o factible al problema de la selección de portafolios de inversión. El modelo de Markowitz tiene como fundamento las siguientes hipótesis (Franco Arbeláez, Avendaño Rúa, & Barbutín Díaz, 2011):

- El rendimiento de cualquier título o portafolio es considerado una variable aleatoria, para la cual el inversionista estima una distribución de probabilidad para el periodo de estudio. El valor esperado de la variable aleatoria es utilizado para cuantificar la rentabilidad de la inversión.
- La varianza o la desviación estándar son utilizadas para medir la dispersión como medida del riesgo de la variable aleatoria de rentabilidad, esta medición debe realizarse de forma individual a cada activo y a todo el portafolio.
- La conducta racional del inversionista lo lleva a preferir la composición de un portafolio que le represente mayor rentabilidad para determinado nivel de riesgo, o el mínimo riesgo para un determinado nivel de rentabilidad.
- La elección de elementos diversificados permite equilibrar las pérdidas y ganancias que se tienen con los distintos títulos.

A partir de los supuestos anteriores, se establece un problema de programación matemática multiobjetivo con el fin de maximizar el rendimiento o minimizar el riesgo, lo cual permitirá satisfacer, en cierta medida, las preferencias del inversionista. Debido a que cada inversionista tendrá diferentes preferencias en

cuanto a rendimiento o riesgo, no se puede hablar de preferencias exactas. Sin embargo, todas las elecciones que sean tomadas deberán estar en la frontera eficiente; la cual se define como el conjunto de portafolios eficientes que para determinados niveles de rendimiento, no existen otros portafolios con menor riesgo e igual o mayor rendimiento; o dado varios niveles de riesgo, no existen portafolios con mayor rendimiento e igual o menor riesgo (Minutti, 2010).

A continuación se presenta el modelo de Markowitz:

$$\text{Min } \sigma^2(R_p) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i * w_j * \sigma_{ij} \quad (2.5)$$

Sujeto a:

$$\bar{R}_p = \sum_{i=1}^n w_i * \bar{R}_i$$

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

Donde:

\bar{R}_i : Rendimiento esperado de la acción i .

\bar{R}_p : Rendimiento esperado del portafolio.

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

w_i : Ponderación o peso de la acción i .

w_j : Ponderación o peso de la acción j .

$\sigma^2(R_p)$: Varianza del rendimiento del portafolio.

En general, el principal aporte del modelo de Markowitz para la selección de un portafolio óptimo, de acuerdo con los objetivos del inversor, se encuentra en su utilidad para recoger los aspectos fundamentales que deben guiar a un inversionista racional en la elección de la composición de su portafolio. Este proceso inicia con la verificación de

la naturaleza de cada activo individualmente, terminando con la decisión final sobre el portafolio óptimo (Bernard Suárez, Ortiz Pimiento, & Duarte Duarte, 2015).

2.4 Definición del valor en riesgo (VaR).

El valor en riesgo (VaR, por sus siglas en inglés) es un método para cuantificar el riesgo de mercado mediante técnicas estadísticas tradicionales (Haro, 2019).

De acuerdo con Benninga (2008) el VaR se define como la máxima pérdida esperada bajo condiciones normales de mercado en un intervalo de tiempo y nivel de confianza dados. Por otra parte, J. P. Morgan hace referencia al VaR como la medida que responde a la cantidad que puedo perder con un x% de probabilidad en un horizonte de tiempo.

A continuación se presenta la definición formal del VaR paramétrico del cambio en el valor de un portafolio propuesta por Venegas (2008). Por simplicidad se considera un portafolio compuesto por dos activos con riesgo. Se considera un intervalo de tiempo [t , T]. El valor inicial, en t, del portafolio está dado por:

$$\pi_t = w_1 S_{1t} + w_2 S_{2t} \quad (2.6)$$

Donde:

w_1 : Unidades del activo 1.

w_2 : Unidades del activo 2.

S_{1t} : Valor inicial del activo 1 en t.

S_{2t} : Valor inicial del activo 2 en t

El cambio en el valor del portafolio en el intervalo de tiempo [t , T], manteniendo las cantidades w_1 y w_2 constantes, se puede escribir de la siguiente manera:

$$X = \pi_T - \pi_t = w_1(S_{1T} - S_{1t}) + w_2(S_{2T} - S_{2t}) \quad (2.7)$$

Si $S_{1T}: \Omega_1 \rightarrow \mathbb{R}$ y $S_{2T}: \Omega_2 \rightarrow \mathbb{R}$ son variables aleatorias definidas sobre dos espacios muestrales, Ω_1 y Ω_2 , entonces $X: \Omega \rightarrow \mathbb{R}$, con $\Omega = \Omega_1 \times \Omega_2$, es una variable aleatoria asociada al cambio en el valor del portafolio. Asimismo, se supone que X está definida sobre un espacio de probabilidad fijo $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P}_\theta)$, donde θ es un vector de parámetros asociados con la distribución de X .

El valor en riesgo de X al nivel de confianza $1 - q$ denotado por $-VaR_{1-q}^X$, se define como el peor valor del portafolio, en un periodo de tiempo dado, para un intervalo de confianza $1 - q$. De tal manera que

$$\mathbb{P}_\theta \{-VaR_{1-q}^X \leq X\} = 1 - q \quad (2.8)$$

Claramente, la cantidad $-VaR_{1-q}^X$ también satisface

$$\mathbb{P}_\theta \{X \leq -VaR_{1-q}^X\} = q \quad (2.9)$$

Es decir,

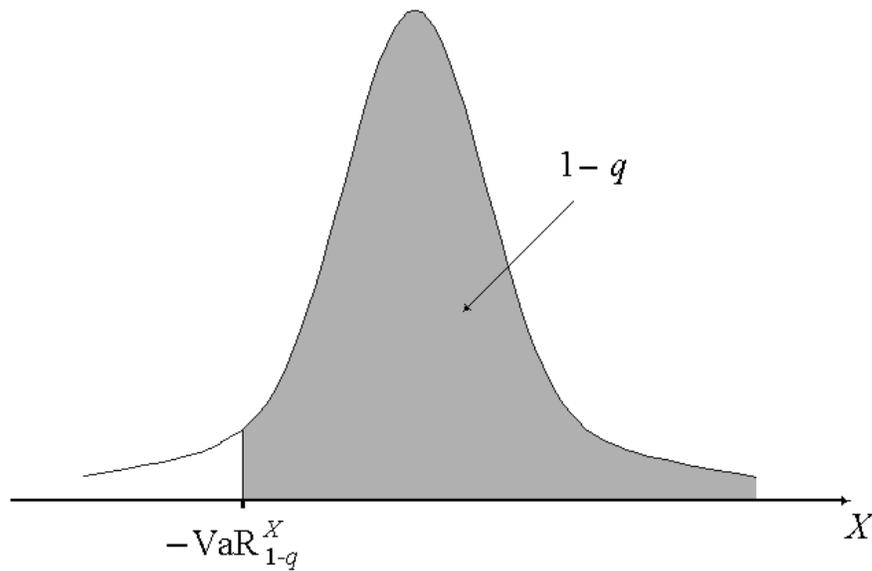
$$\begin{aligned} VaR_{1-q}^X &= -\inf\{x \in \mathbb{R} \mid \mathbb{P}_\theta \{X \leq x\} \geq q\} \\ &= -\sup\{x \in \mathbb{R} \mid \mathbb{P}_\theta \{X \leq x\} \leq q\} \end{aligned}$$

Esta definición es aplicable tanto a variables aleatorias continuas como discretas. De lo anterior, se concluye que

$$VaR_{1-q}^X = -\inf\{x \in \mathbb{R} \mid \mathbb{P}_\theta \{X > x\} \leq 1 - q\} \quad (2.10)$$

Como puede observarse, el número VaR_{1-q}^X es una estimación estadística del peor valor de X con un nivel de confianza e intervalo de tiempo dados (Martínez, 2008). La siguiente gráfica muestra el concepto VaR.

Figura 2.1 Valor en riesgo.



Fuente: Venegas (2008).

El valor en riesgo se puede calcular mediante métodos paramétricos y no paramétricos, los cuales se detallan a continuación.

2.4.1 Métodos paramétricos

El enfoque paramétrico para el cálculo del VaR asume que la distribución de pérdidas y ganancias de los precios del activo siguen una distribución en específico, de tal manera que la efectividad del método depende directamente de los supuestos de dicha distribución (Haro, 2019).

2.4.1.1 Método Delta-Normal.

El método Delta normal está clasificado dentro de los paramétricos ya que asume que los rendimientos de los activos siguen una distribución normal. Al conformar un portafolio bajo este supuesto se asume que el rendimiento del mismo también está distribuido de manera normal ya que es una combinación lineal de las variables.

2.4.1.1.1 Valor en riesgo para un activo individual.

Asumiendo el supuesto de normalidad, el modelo para obtener el VaR de un activo individual es el siguiente:

$$VaR = Z_{1-\alpha} * S * \sigma * \sqrt{t} \quad (2.11)$$

Donde:

S: Monto total de la inversión o la exposición total al riesgo.

σ : Desviación estándar de los rendimientos del activo.

t: Se refiere al horizonte de tiempo en que se desea calcular el VaR.

$Z_{1-\alpha}$: Percentil $1 - \alpha$ de la distribución normal estándar

Por lo tanto, para obtener el VaR es necesario tener una serie de datos de los rendimientos del activo y calcular la desviación estándar del mismo.

2.4.1.1.2 Valor en riesgo para un portafolio.

El VaR de un portafolio bajo la metodología delta – normal requiere el cálculo de la matriz de varianzas - covarianzas y los pesos asignados a cada una de las acciones.

$$VaR_p = Z_{1-\alpha} * S * \sqrt{[w^T] * [\Sigma] * [w]} \quad (2.12)$$

Donde:

S: Monto total de la inversión o la exposición total al riesgo.

$[w^T]$: Vector transpuesto de pesos asignados.

$[\Sigma]$: Matriz de varianzas – covarianzas de los rendimientos.

$[w]$: Vector de pesos asignados.

$Z_{1-\alpha}$: Percentil $1 - \alpha$ de la distribución normal estándar

2.4.2 Métodos no paramétricos

Esta estimación del VaR no hace ningún supuesto respecto a la distribución de los rendimientos, ni supone ningún tipo de comportamiento de los parámetros. Una de las aproximaciones no paramétricas es la Simulación Histórica. Esta aproximación histórica consiste en emplear el histórico de los rendimientos y considerar el percentil empírico de acuerdo al nivel de confianza deseado del VaR (Alonso & Arcos, 2005) . Se presenta a continuación la expresión representativa del VaR con SH.

$$VaR_{1-q}^{SH} = Percentil_q\{[P_T * R_t, P_T * R_{t+1}, \dots, P_T * R_{T-1}]\} \quad (2.13)$$

Donde:

VaR_{1-q}^{SH} : VaR para el nivel de confianza $1 - q$ con simulación histórica.

R_t : Rendimiento del activo en el periodo t .

P_T : Precio del activo en el periodo inicial de la simulación de precios T .

Es decir, la estimación a través de SH asume que la distribución futura de los rendimientos es descrita por la distribución histórica. Dado que no supone ninguna distribución específica, este método toma en cuenta posibles distribuciones no normales y de colas pesadas; sin embargo no toma en cuenta la posibilidad de una volatilidad condicional. Es importante resaltar que si bien esta aproximación aparentemente no implica supuesto alguno sobre la distribución de los rendimientos, si está suponiendo que la distribución es constante y por lo tanto la volatilidad (Alonso & Arcos, 2005).

De acuerdo con De Lara Haro (2019), existen tres tipos de simulación histórica: crecimientos absolutos, crecimientos logarítmicos y crecimientos relativos. A continuación se describen los pasos a seguir para cada uno de ellos.

2.4.2.1 Simulación Histórica con crecimientos absolutos.

1. Obtener una serie de tiempo de precios de la posición en riesgo (recomendable 250 a 500 datos).
2. Calcular las pérdidas o ganancias absolutas diarias de dicha serie de precios mediante la expresión:

$$\Delta P_t = P_t - P_{t-1} \quad (2.14)$$

3. Determinar una serie de tiempo de precios simulados sumando la ΔP_t al precio más reciente o actual, de acuerdo a lo siguiente:

$$P_i^* = P_0 + \Delta P_t \quad (2.15)$$

Nota: P_0 es fijo para toda la serie de tiempo.

4. Determinar una serie de tiempo de rendimientos simulados, a partir de los precios hipotéticos y referidos a la observación más reciente, como sigue:

$$R_i^* = \frac{P_i^* - P_0}{P_0} \quad (2.16)$$

5. Calcular el VaR considerando el percentil que está de acuerdo con el nivel de significancia deseado (0.01, para un nivel de confianza del 99%), del histograma de rendimientos simulados.
6. Nota: en este caso el VaR estará dado como rendimiento en porcentaje, por lo que será necesario multiplicarlo por el valor del activo o portafolio vigente para tenerlo expresado en su moneda.

2.4.2.2 Simulación Histórica con crecimientos logarítmicos.

1. Obtener una serie de tiempo de precios de la posición en riesgo (recomendable 250 a 500 datos).
2. Determinar los rendimientos de los precios de la siguiente manera:

$$Rendimiento_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \quad (2.17)$$

3. Realizar una serie de tiempo simulada de crecimiento de acuerdo con lo siguiente:

$$P^* = P_0(1 + Rendimiento_t) \quad (2.18)$$

4. Obtener una serie de tiempo de pérdidas o ganancias simulada: $P_0 - P^*$.

5. Calcular el VaR tomando el percentil que está de acuerdo con el nivel de significancia deseado, del histograma de pérdidas y ganancias simulado.

2.4.2.3 Simulación histórica con crecimientos relativos.

El procedimiento es semejante al de crecimientos logarítmicos, pero en lugar de obtener dichos rendimientos con el logaritmo del cociente de precios, se obtienen con la siguiente expresión:

$$\text{Rendimiento} = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \quad (2.19)$$

2.4.2.4 Ventajas del método de simulación histórica.

- a) Es fácil de entender por ejecutivos que no son expertos en conceptos estadísticos.
- b) Es realista, pues se basa en una serie de tiempo de datos reales.
- c) No se apoya en supuestos de correlaciones y volatilidades que en situaciones de movimientos extremos en los mercados pueden no cumplirse. Las correlaciones y volatilidades están implícitas en el cálculo del VaR.
- d) No requiere mapeo de posiciones y no incluye supuesto alguno (inclusive el de la distribución normal).
- e) Es aplicable a instrumentos no lineales (opciones).

2.5 Medidas coherentes de riesgo.

Una medida coherente de riesgo ρ es una medida que satisface las siguientes propiedades (Artzner, Delbaen, Eber, & Heath, 1997):

1. Monotonía no decreciente.

Sean X y Y variables aleatorias que denotan el cambio del valor del portafolio y \mathcal{A} se define como el conjunto de todos los posibles cambios en el valor del portafolio.

La propiedad de monotonía no decreciente nos dice que si $X, Y \in \mathcal{A}$ son tales que $X \leq Y$, entonces:

$$\rho(X) \geq \rho(Y) \quad (2.20)$$

Es decir, que si la variación del valor del portafolio X es menor que la de Y , entonces, el riesgo de X deberá ser menor que el de Y . Esto significa que si hay mayor rentabilidad debe haber mayor riesgo.

2. Subaditividad.

Si $X, Y \in \mathcal{A}$, entonces:

$$\rho(X + Y) \leq \rho(X) + \rho(Y) \quad (2.21)$$

Esta propiedad refiere a que el riesgo global de un portafolio es menor o igual a la suma de los riesgos individuales; por lo tanto, una fusión de portafolios no genera un riesgo adicional. Esta propiedad es base de la diversificación de portafolios.

3. Homogeneidad positiva

Si $\alpha \geq 0$ y $X \in \mathcal{A}$, entonces:

$$\rho(\alpha X) \leq \alpha \rho(X) \quad (2.22)$$

Esta propiedad establece que el riesgo del portafolio se ve influenciado directamente por el tamaño, es decir, el riesgo escala proporcionalmente con el tamaño de la posición.

4. Invarianza bajo traslaciones.

Si $X \in A$ y $\alpha \in \mathbb{R}$, se tiene que

$$\rho(X + \alpha) = \rho(X) - \alpha \quad (2.23)$$

Esto significa que si se invierte una cantidad α adicional al portafolio, y se invierte de una manera adecuada, entonces el riesgo de la posición se debe disminuir en esa cantidad.

2.5.1 El VaR no es una medida coherente de riesgo.

A pesar de que el VaR ha sido una medida empleada frecuentemente para cuantificar las pérdidas potenciales de un portafolio por fluctuaciones adversas, no satisface la propiedad de subaditividad para ser considerada como una medida coherente de riesgo. A continuación se muestra un ejemplo propuesto por Venegas (2008) en el cual se muestra que el VaR no cumple con la propiedad.

Considere dos variables aleatorias X y Y , independientes e idénticamente distribuidas con función de densidad:

$$f_X(x) = \begin{cases} 0.9 & \text{si } x \in (0, 1], \\ 0.05 & \text{si } x \in [-2, 0], \\ 0 & \text{en cualquier otro caso.} \end{cases}$$

Observe que la función de distribución evaluada en 0, satisface

$$F_X(0) = P\{X \leq 0\} = \int_{-2}^0 0.05 dx = 0.1$$

Por lo tanto, los valores en riesgo X y Y , con un nivel de confianza del 90%, satisfacen, respectivamente,

$$VaR_{0,9}^X = VaR_{0,9}^Y = 0.$$

Por otro lado, se observa que

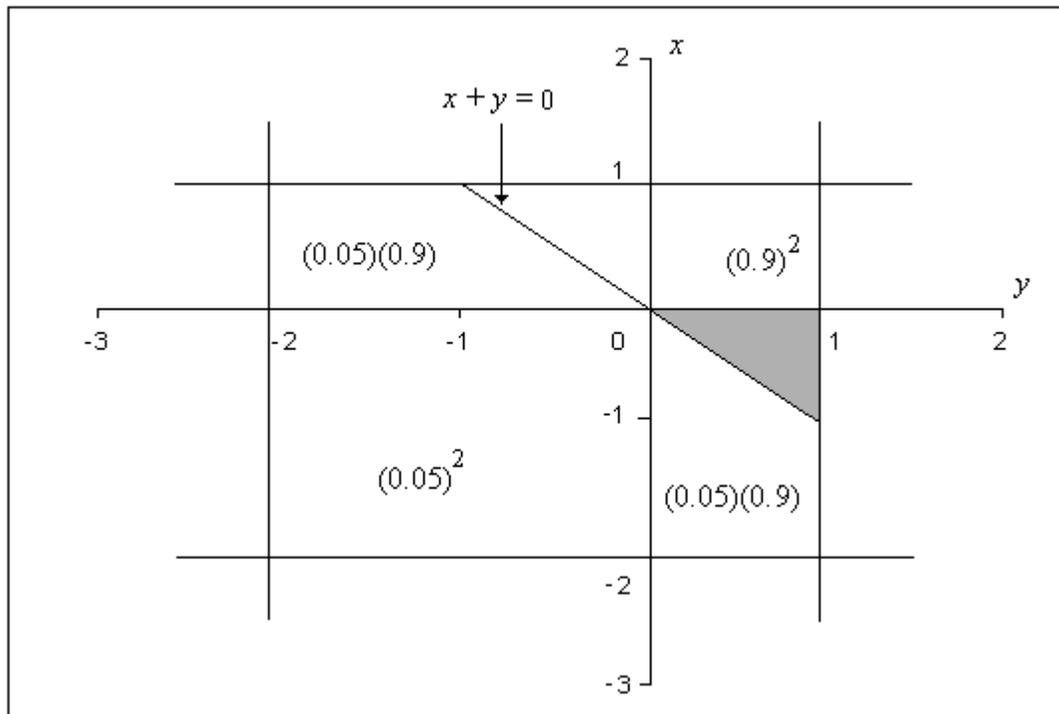
$$IP \{X + Y \geq 0\} = \iint_{X+Y \geq 0} f_{XY}(x, y) dx dy$$

Debido a la independencia de X y Y para calcular esta integral se debe seguir la función de densidad conjunta que está dada por el producto de las densidades marginales, de la siguiente manera

$$f_{XY}(x, y) = \begin{cases} (0.05)^2 & \text{si } -2 \leq x \leq 0 \text{ y } -2 \leq y \leq 0, \\ (0.05)(0.9), & \text{si } -2 \leq x \leq 0 \text{ y } 0 \leq y \leq 1, \\ (0.9)(0.05), & \text{si } 0 < x \leq 1 \text{ y } -2 \leq y \leq 0, \\ (0.9)^2, & \text{si } 0 < x \leq 1 \text{ y } 0 < y \leq 1, \end{cases}$$

La cual se muestra en la siguiente gráfica.

Figura 2.2 Función de densidad conjunta de las variables aleatorias X y Y.



Fuente: Venegas (2008).

Se observa en la gráfica que la región $x + y \geq 0$ se encuentra a la derecha de $x + y = 0$. Por lo tanto, con base en el área del triángulo sombreado, se tiene que

$$\begin{aligned}
 \text{IP}\{X + Y \geq 0\} &= 2 \int_0^1 \int_{-y}^0 (0.9)(0.05) dx dy + (0.9)^2 \\
 &= 2(0.9)(0.05) \left(\frac{1}{2}\right) + (0.9)^2 \\
 &= 0.855
 \end{aligned}$$

En consecuencia,

$$\text{IP}\{X + Y \geq 0\} = 0.145$$

De aquí, se tiene que

$$0 > \inf\{z | F_{X+Y}(z) \geq 0.1\} = -\text{VaR}_{0.9}^{X+Y}$$

Se sigue entonces que

$$\text{VaR}_{0.9}^{X+Y} > 0 = \text{VaR}_{0.9}^X + \text{VaR}_{0.9}^Y$$

Es decir, en este ejemplo, el valor en riesgo no cumple con la propiedad de subaditividad.

2.5.2 Importancia de la subaditividad.

Si la medida de riesgo considerada no satisface la condición de subaditividad, podría asumirse que invertir todo el capital en un solo activo financiero es una buena decisión en el manejo de riesgos. La no subaditividad también implicaría que la conjunción de riesgos crea un riesgo residual adicional que no existía antes de juntarlos. A continuación se muestra una serie de inconsistencias por falta de subaditividad enunciadas por Arbeláez y Ceballos (2005):

- La no subaditividad podría inducir a los agentes que operan en un intercambio organizado a separar sus inversiones para reducir sus riesgos, y no tener en cuenta los comovimientos de las rentabilidades, lo que podría generar que ninguna de ellas esté cubierta, y entonces generar un riesgo adicional no cubierto.
- Si los reguladores usan medidas de riesgo no subaditivas para los requerimientos de capital, una firma financiera podría escindirse a sí misma para reducir sus requerimientos de capital regulatorios. Esto se explicaría debido a

que la suma de requerimientos de capital de unidades más pequeñas sería menor que el requerimiento de capital para la firma en su conjunto.

- Si los riesgos son subaditivos, la agregación de riesgos produce una sobrestimación del riesgo combinado. Esto significa que la suma de riesgos puede tomarse como una estimación conservadora de los riesgos combinados. Pero si los riesgos no son subaditivos, su agregación genera una subestimación de los riesgos combinados, lo que hace que la suma de los riesgos sea una medida no confiable.

2.6 Críticas al VaR.

De acuerdo con Arbeláez y Ceballos (2005). El VaR presenta una serie de características no convenientes:

- Para distribuciones discretas, el VaR no es una función suave, ni convexa, y además es multiextrema, lo que dificulta su control y optimización mediante métodos estándares para distribuciones no normales. No obstante, los significativos esfuerzos de investigación, aún no es posible disponer de algoritmos eficientes para la optimización del VaR para dimensiones razonables en cuanto a un número de instrumentos y escenarios.
- No justifica la diversificación, lo cual se explica porque la no subaditividad implica que la diversificación puede incrementar el riesgo.
- Sólo es subaditiva en el caso de distribuciones elípticas como ocurre con las distribuciones normales y t de student.
- Los diversos métodos generan resultados muy distantes, que pueden influir en la toma de decisiones.
- No es una medida coherente de riesgo, desde la perspectiva aplicable de la teoría de la medida.
- Determina probabilidad de eventos extremos, pero ignora la posible severidad de ellos. No proporciona ninguna información sobre el monto de las pérdidas que exceden el VaR. Esto puede proporcionar resultados en conflicto para diferentes niveles de confianza. Por ejemplo para un nivel de confianza del 95% las acciones X puede ser contribuyentes dominantes al riesgo, y al pasar a un nivel

de confianza del 98%, ya pueden ser las acciones Y las que sean contribuyentes dominantes al riesgo del portafolio.

Por otra parte, Oliver y Feria (2006) mencionan que una limitante del VaR es que por definición ignora aquellas pérdidas cuya probabilidad de ocurrencia sea menor que la elegida como nivel de confianza de la estimación.

Además, según Uryasev (2000), la medición del VaR es difícil de optimizar cuando se calcula a partir de escenarios. Solo cuando las superficies de riesgo son convexas es posible obtener una solución óptima única que minimice el riesgo, y el VaR no cumple con la condición de convexidad.

Adicional a lo anteriormente mencionado, De Lara Haro (2019) agrega que algunos problemas que pueden presentarse para el cálculo del VaR son:

- Puede ser fuertemente dependiente de algunos supuestos, en particular en el comportamiento de las correlaciones y volatilidades.
- Puede haber problemas en la recolección de datos u observaciones.
- El VaR no establece que hacer con el problema de alta kurtosis (fat tails) y, por lo tanto, no se conoce hasta cuánto podrían llegar las pérdidas en 1 o 5% de las veces.
- Puede haber problemas de interpretación, es decir, puede interpretarse como el peor escenario o la exposición total del riesgo y generar una falsa sensación de seguridad.

2.7 CVaR como medida coherente de riesgo.

El valor en riesgo condicional (CVaR, por sus siglas en inglés) parte del concepto del VaR, pero la pregunta que responde es cuál es la pérdida potencial que, en medida podríamos esperar una vez que se ha superado el umbral del VaR.

Se trata de “una expectativa de pérdida condicionada a que se supere el nivel indicado por el VaR” (Artzner, Delbaen, Eber, & Heath, 1997).

En términos estadísticos, la esperanza matemática de una variable aleatoria X que está condicionada al evento B está dada por la expresión:

$$E[X|B] \tag{2.24}$$

Considerando que el CVaR asume que el evento al que está condicionado es el VaR podemos definirlo formalmente como:

$$CVaR_{1-q} = E[-X | -X \geq VaR_{1-q}] \tag{2.25}$$

Donde:

$CVaR_{1-q}$: Valor en riesgo condicional a un nivel de confianza $1 - q$.

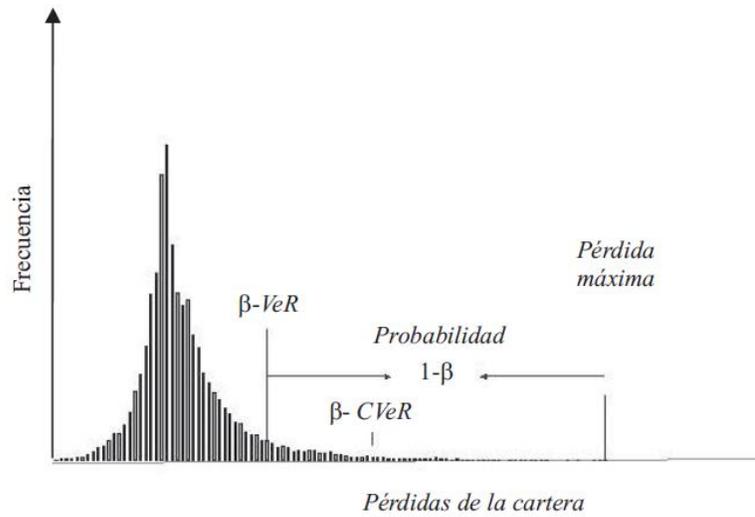
X : Variable aleatoria que denota la pérdida.

VaR_{1-q} : Valor en riesgo a un nivel de confianza $1 - q$.

“El CVaR que se propone como metodología para cuantificar el riesgo, es una medida complementaria del VaR, que satisface todas las propiedades exigidas para ser una medida coherente de riesgo, desde el punto de vista académico de la teoría de la medida. Además, desde el punto de vista práctico y operativo, el CVaR supera los inconvenientes citados, ya que no sólo satisface la propiedad de subaditividad, sino que también es convexa y uniextremo, lo cual facilita la implementación de algoritmos de optimización y control” (Arbeláez & Ceballos).

Gráficamente el CVaR se puede observar en la siguiente gráfica.

Figura 2.4 Distribución de pérdidas, VaR y CVaR.



Fuente: Uryasev (2000).

Asumiendo que la distribución de pérdidas y ganancias sigue una distribución normal, el CVaR delta normal se puede calcular de la siguiente manera:

$$CVaR_{1-\alpha} = E[-X | -X \geq VaR_{1-\alpha}]$$

$$= \frac{\int_{-\infty}^{VaR_{1-\alpha}} xf(x)dx}{\int_{-\infty}^{VaR_{1-\alpha}} f(x)dx}$$

$$= - \frac{\int_{-\infty}^{VaR_{1-\alpha}} \frac{x}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{\left(\frac{x^2}{2\sigma_x^2}\right)} dx}{F_x(x)}$$

$$= \frac{1}{\alpha \sigma_x \sqrt{2\pi}} \left[e^{\left(\frac{x^2}{2\sigma_x^2}\right) \sigma_x^2} \right]_{-\infty}^{VaR_{1-\alpha}}$$

$$= \frac{1}{\alpha \sqrt{2\pi}} * e^{\left(\frac{-Z_{1-\alpha}^2}{2}\right) \sigma_x}$$

Por lo tanto, para obtener el CVaR con el método delta normal debemos obtener el valor del escalar considerando el nivel de confianza deseado:

$$\lambda_{1-\alpha} = \frac{1}{\alpha\sqrt{2\pi}} * e^{\frac{-Z_{1-\alpha}^2}{2}} \quad (2.26)$$

Donde:

$\lambda_{1-\alpha}$: Escalar estimado para obtener el CVaR.

$Z_{1-\alpha}$: Percentil $1 - \alpha$ de la distribución normal estándar.

Los escalares obtenidos se muestran a continuación:

Tabla 1.1 Escalares para el cálculo del CVaR.

$1-\alpha$	$\lambda_{1-\alpha}$
95.00%	2.063
99.00%	2.665
99.99%	3.959

Fuente: Elaboración propia.

2.7.1 CVaR para un activo individual

El CVaR para un activo individual se calcula de la misma manera que el VaR, solo se sustituye el factor de la distribución normal estándar al nivel de confianza deseado por el escalar obtenido anteriormente (véase tabla anterior).

$$CVaR = \lambda_{1-\alpha} * S * \sigma * \sqrt{t} \quad (2.27)$$

Donde:

$CVaR$: VaR condicional de un activo individual.

S : Monto total de la inversión o la exposición total al riesgo.

σ : Desviación estándar de los rendimientos del activo.

t : Se refiere al horizonte de tiempo en que se desea calcular el CVaR.

$\lambda_{1-\alpha}$: Escalar estimado para el calculo del CVaR.

2.7.2 CVaR para un portafolio.

El CVaR de un portafolio bajo la metodología delta – normal requiere el cálculo de la matriz de varianzas - covarianzas, los pesos asignados a cada una de las acciones y el escalar que representa el nivel de confianza.

$$CVaR_p = \lambda_{1-\alpha} * \sqrt{[w^T] * [\Sigma] * [w]} \quad (2.28)$$

Donde:

$CVaR_p$: VaR condicional del portafolio.

$[w^T]$: Vector transpuesto de pesos asignados.

$[\Sigma]$: Matriz de varianzas – covarianzas de los rendimientos.

$[w]$: Vector de pesos asignados.

$\lambda_{1-\alpha}$: Escalar estimado para el calculo del CVaR.

Después de revisar los principales indicadores que son importantes para este trabajo, que miden los riesgos financieros bursátiles a los que se enfrenta un inversionista, se puede concluir que es importante administrarlo a través de medidas coherentes de riesgo, de esta manera se sabe de antemano cuál es la posible pérdida que enfrentaría un portafolio de inversión.

CAPITULO III: COMPARACIÓN ENTRE LOS INDICADORES VaR Y CVaR EN UN CASO EMPÍRICO DE ACCIONES QUE PARTICIPAN EN BMV.

El presente capítulo tiene el objetivo de aplicar las técnicas de medición de riesgos financieros descritas con anterioridad a las principales emisoras con la intención de probar la hipótesis planteada inicialmente.

El desarrollo del capítulo parte del cálculo de los rendimientos diarios de las emisoras, seguido del análisis de la matriz de varianzas-covarianzas, aunado a esto, se presenta la optimización del portafolio de las emisoras consideradas basada en la metodología de Markowitz, realizando cálculo del VaR y CVaR inicialmente y finalmente un comparativo del VaR y CVaR durante el periodo de backtesting.

3.1 Selección de los datos

Para la elaboración del modelo se seleccionaron los precios diarios de 30 acciones que cotizan en la BMV y que se encuentran incluidas en el IPC considerando el periodo de observación del 4 de enero de 2016 al 29 de diciembre de 2017¹. Adicional a esto se elabora un backtesting en el periodo que va del 2 de enero de 2018 al 5 de julio de 2019. Las acciones se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 2.1 Acciones que componen el portafolio de inversión.

EMISORA	SECTOR
Alfa SA A	Industrial
Alpek S.A.B. de C.V.	Materiales
Alsea SA	Servicios y bienes de consumo no básico
América Móvil SAB de CV L	Servicios de telecomunicaciones
Arca Continental, SAB de CV	Productos de consumo frecuente
Bolsa Mexicana de Valores SA de CV	Servicios financieros
Cemex SA CPO	Materiales
El Puerto de Liverpool SAB de CV	Servicios y bienes de consumo no básico
Genomma Lab Internacional SA de CV	Salud
Genera SAB de CV	Servicios financieros
Gruma SAB B	Productos de consumo frecuente
Grupo Aeroportuario del Centro Norte, S.A.B. de C.V.	Industrial
Grupo Aeroportuario del Pacifico, S.A.B. de C.V.	Industrial
Grupo Aeroportuario del Sureste SAB de CV B	Industrial
Grupo Bimbo S.A.B.	Productos de consumo frecuente
Grupo Carso SAB de CV	Industrial
Grupo Cementos de Chihuahua SAB de CV	Materiales
Grupo Elektra S.A.B. de C.V.	Servicios y bienes de consumo no básico

¹ Los precios de las acciones pueden ser consultados en: <https://es-us.finanzas.yahoo.com/>

Grupo Financiero Banorte O	Servicios financieros
Grupo Financiero Inbursa O	Servicios financieros
Grupo México SAB de CV B	Materiales
Grupo Televisa SAB CPO	Servicios de telecomunicaciones
Industrias Penoles	Materiales
Infraestructura Energética Nova S.A.B. de C.V.	Energía
Kimberly Clark de México S.A.B. de C.V. A	Productos de consumo frecuente
Megacable Holdings SAB de CV	Servicios de telecomunicaciones
Mexichem SAB de CV	Materiales
Promotora y Operadora de Infraestructura SAB de CV	Industrial
Regional, S.A. de C.V.	Servicios financieros
Walmart de México SAB de CV	Productos de consumo frecuente

Fuente: Elaboración propia con datos de la página web de la BMV.

Con los precios de estas 30 acciones se realizaron los cálculos para la optimización del portafolio y posteriormente el cálculo el VaR y CVaR.

3.2 Optimización del portafolio

Harry Markowitz, padre de la teoría moderna de portafolios propuso que la concentración de la inversión suponía como consecuencia una mayor probabilidad de perdida, por tal motivo para optimizar el portafolio se requiere una adecuada diversificación en los activos (Riascos, 2017).

3.2.1 Rendimientos diarios

Para la optimización del portafolio se calcularon los rendimientos diarios con los precios individuales de la muestra antes mencionada, el cálculo se realizó con la siguiente fórmula:

$$R_t = \ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) \quad (3.1)$$

Donde:

R_t : Rendimiento del activo en el periodo t .

P_t : Precio del activo en el periodo t .

P_{t-1} : Precio del activo en el periodo $t - 1$.

3.2.2 Rendimientos esperados para cada acción

Posteriormente se calculó el rendimiento esperado para cada activo en el periodo de observación de la siguiente manera:

$$\bar{R}_i = \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{n} \quad (3.2)$$

Donde:

\bar{R}_i : Rendimiento esperado de la acción i .

R_t : Rendimiento del activo i en el periodo t .

n : Cantidad de datos que conforman la serie de rendimientos de la acción i

Ya que los datos de los precios de las acciones son diarios tendremos un rendimiento esperado diario; para anualizarlo empleamos la siguiente formula:

$$\bar{R}a_i = (1 + \bar{R}_i)^{252} - 1 \quad (3.3)$$

Donde:

$\bar{R}a_i$: Rendimiento esperado anual de la acción i .

\bar{R}_i : Rendimiento esperado diario de la acción i .

Los resultados de los rendimientos esperados por acción se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.2 Rendimientos esperados por acción.

EMISORA	RENDIMIENTO ESPERADO DIARIO	RENDIMIENTO ESPERADO ANUAL
ALFAA.MX	-0.08%	-19.26%
ALPEKA.MX	-0.01%	-1.40%
ALSEA.MX	0.02%	5.07%
AMXL.MX	0.07%	19.33%
AC.MX	0.06%	16.36%
BOLSAA.MX	0.08%	22.69%
CEMEXCPO.MX	0.12%	33.74%
LIVERPOL C1.MX	-0.09%	-21.12%
LABB.MX	0.07%	20.70%
GENTERA.MX	-0.13%	-28.36%
GRUMAB.MX	0.01%	2.45%
OMAB.MX	0.05%	12.77%
GAPB.MX	0.06%	16.99%
ASURB.MX	0.09%	24.92%
BIMBOA.MX	-0.01%	-1.84%
GCARSO.MX	-0.01%	-3.12%
GCC.MX	0.15%	46.24%
ELEKTRA.MX	0.13%	38.17%
GBNORTEO.MX	0.03%	8.17%
GFINBURO.MX	0.02%	6.29%
GMEXICOB.MX	0.12%	36.00%
TLEVISACPO.MX	-0.04%	-9.83%
PEÑOLES.MX	0.18%	55.82%
IENOVA	0.06%	15.62%
KIMBERA.MX	-0.02%	-4.61%
MEGACPO.MX	0.05%	12.09%
MEXCHEM.MX	0.06%	15.09%
PINFRA	-0.01%	-1.73%
RA.MX	0.04%	9.63%
WALMEX	0.02%	5.90%

Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo Finanzas.

El promedio de los rendimientos anuales esperados es de 11.09%, encontrándose en un rango de -28.36% a 55.82%; teniendo nueve emisoras con rendimientos esperados negativos.

3.2.3 Matriz de varianzas - covarianzas

De acuerdo a la teoría de portafolios para la obtención del riesgo del portafolio se requiere construir la matriz de varianzas-covarianzas; para obtenerla se requiere hacer una matriz de 30 por 30 derivado del número de emisoras que conforman el portafolio. Posteriormente con los vectores individuales de rendimientos diarios de cada una de las acciones se calcula la covarianza para cada par de emisoras; a continuación se muestra la fórmula empleada:

$$Cov_{Rx,Ry} = \frac{1}{n} \sum_1^n (Rx_t - \overline{Rx})(Ry_t - \overline{Ry}) \quad (3.4)$$

Donde:

$Cov_{Rx,Ry}$: Covarianza entre los rendimientos de la acción x, y .

Rx_t : Rendimiento de la acción x en el periodo t .

\overline{Rx} : Rendimiento esperado de la acción x .

Ry_t : Rendimiento de la acción y en el periodo t .

\overline{Ry} : Rendimiento esperado de la acción y .

A continuación se presenta un extracto de la matriz obtenida; la matriz completa puede consultarse en el anexo:

Tabla 3.3 Matriz de varianzas-covarianzas

	ALFAA	ALPEKA	ALSEA.MX	AMXL.MX	AC.MX	BOLSAA.MX	CEMEXCPO.MX
ALFAA.MX	0.037%	0.010%	0.008%	0.004%	0.004%	0.005%	0.012%
ALPEKA.MX	0.010%	0.032%	0.003%	0.002%	0.002%	0.004%	0.008%
ALSEA.MX	0.008%	0.003%	0.022%	0.004%	0.004%	0.004%	0.006%
AMXL.MX	0.004%	0.002%	0.004%	0.026%	0.003%	0.003%	0.009%
AC.MX	0.004%	0.002%	0.004%	0.003%	0.018%	0.000%	0.004%
BOLSAA.MX	0.005%	0.004%	0.004%	0.003%	0.000%	0.028%	0.004%
CEMEXCPO.MX	0.012%	0.008%	0.006%	0.009%	0.004%	0.004%	0.044%

Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo Finanzas.

3.2.4 Modelo de Markowitz

De acuerdo al modelo de Markowitz en su artículo llamado "Portfolio Selection" se determinarán las ponderaciones o pesos que minimizan la varianza del portafolio con los rendimientos y matriz de varianzas-covarianzas calculados anteriormente; matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

Función objetivo:

$$\text{Min } \sigma^2(R_p) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i * w_j * \sigma_{ij} \quad (3.5)$$

Sujeto a:

$$\bar{R}_p = \sum_{i=1}^n w_i * \bar{R}_i$$

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

Donde:

\bar{R}_i : Rendimiento esperado de la acción i .

\bar{R}_p : Rendimiento esperado del portafolio.

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

w_i : Ponderación o peso de la acción i .

w_j : Ponderación o peso de la acción j .

$\sigma^2(R_p)$: Varianza del rendimiento del portafolio.

Resolviendo el modelo en Excel mediante la herramienta Solver se obtuvieron los pesos ($w_i \geq 0 \quad (i = 1, \dots, n)$) tal que nos garantizan que al minimizar la varianza obtenemos el riesgo mínimo del portafolio.

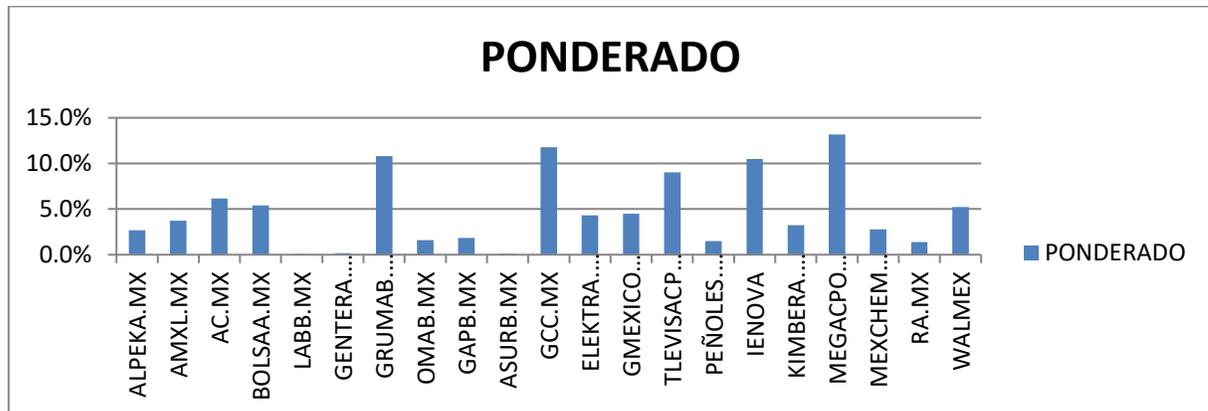
Las ponderaciones se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.4 Ponderación por emisora del portafolio optimizado.

EMISORA	PONDERADO	EMISORA	PONDERADO
ALFAA.MX	0.0%	GCARSO.MX	0.0%
ALPEKA.MX	2.7%	GCC.MX	11.8%
ALSEA.MX	0.0%	ELEKTRA.MX	4.3%
AMXL.MX	3.7%	GBNORTEO.MX	0.0%
AC.MX	6.1%	GFINBURO.MX	0.0%
BOLSAA.MX	5.4%	GMEXICOB.MX	4.5%
CEMEXCPO.MX	0.0%	TLEVISACPO.MX	9.0%
LIVERPOL C1.MX	0.0%	PEÑOLES.MX	1.5%
LABB.MX	0.1%	IENOVA	10.5%
GENTERA.MX	0.2%	KIMBERA.MX	3.2%
GRUMAB.MX	10.8%	MEGACPO.MX	13.2%
OMAB.MX	1.6%	MEXCHEM.MX	2.8%
GAPB.MX	1.8%	PINFRA	0.0%
ASURB.MX	0.1%	RA.MX	1.4%
BIMBOA.MX	0.0%	WALMEX	5.2%

Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo Finanzas mediante Excel.

Figura 3.1 Ponderado del portafolio optimizado.



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se calcula el rendimiento esperado del portafolio:

Tabla 3.5 Rendimiento esperado del portafolio optimizado.

EMISORA	PONDERADO	RENDIMIENTO
ALPEKA.MX	2.7%	-0.01%
AMXL.MX	3.7%	0.07%
AC.MX	6.1%	0.06%
BOLSAA.MX	5.4%	0.08%
LABB.MX	0.1%	0.07%
GENTERA.MX	0.2%	-0.13%
GRUMAB.MX	10.8%	0.01%
OMAB.MX	1.6%	0.05%
GAPB.MX	1.8%	0.06%
ASURB.MX	0.1%	0.09%
GCC.MX	11.8%	0.15%
ELEKTRA.MX	4.3%	0.13%
GMEXICOB.MX	4.5%	0.12%
TLEVISACPO.MX	9.0%	-0.04%
PEÑOLES.MX	1.5%	0.18%
IENOVA	10.5%	0.06%
KIMBERA.MX	3.2%	-0.02%
MEGACPO.MX	13.2%	0.05%
MEXCHEM.MX	2.8%	0.06%
RA.MX	1.4%	0.04%
WALMEX	5.2%	0.02%
Rendimiento diario		0.06%
Rendimiento anual		15.09%

Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo Finanzas mediante Excel.

La varianza mínima del portafolio obtenida con las ponderaciones del cuadro anterior es de 0.0033%; la desviación estándar diaria es 0.572%. Para obtener la desviación anualizada emplearemos la siguiente fórmula:

$$\sigma_{anual} = \sigma_{diaria} * \sqrt{252} \quad (3.6)$$

Donde:

σ_{anual} : Desviación estándar anualizada.

σ_{diaria} : Desviación estándar diaria.

3.3 Cálculo del VaR aplicado al portafolio optimizado.

Para el cálculo del VaR se empleó la metodología Delta-Normal que se describirá a continuación; esta metodología asume que los rendimientos de las acciones siguen una distribución normal.

$$VaR_p = Z_{1-\alpha} * \sqrt{[w^T] * [\Sigma] * [w]} \quad (3.7)$$

Donde:

VaR_p : VaR del portafolio.

$[w^T]$: Vector transpuesto de pesos asignados.

$[\Sigma]$: Matriz de varianzas – covarianzas de los rendimientos.

$[w]$: Vector de pesos asignados.

$Z_{1-\alpha}$: Percentil $1 - \alpha$ de la distribución normal estándar.

Con la matriz de varianzas-covarianzas y vector de pesos anteriormente calculado se procedió a calcular el VaR con los siguientes niveles de confianza:

Tabla 3.6 Valores de la distribución Normal Estándar

$1-\alpha$	$Z_{1-\alpha}$
95.00%	1.645
99.00%	2.326
99.99%	3.719

Fuente: Elaboración propia.

El VaR diario del portafolio optimizado con los diferentes niveles de confianza se muestra a continuación (se supone una inversión de 1,000,000 de pesos):

Tabla 3.7 VaR del portafolio optimizado

Nivel de confianza	VaR	Inversión 1,000,000
95.00%	0.0094	\$9,404.74
99.00%	0.0133	\$13,301.35
99.99%	0.0213	\$21,266.21

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Cálculo del CVaR aplicado al portafolio optimizado.

Por otra parte, para calcular el CVaR se estimó el escalar para cada nivel de confianza $1-\alpha$. Por lo tanto se emplean los valores α y $Z_{1-\alpha}$ para obtener el escalar.

$$\lambda_{1-\alpha} = \frac{1}{\alpha\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{Z_{1-\alpha}^2}{2}} \quad (3.8)$$

Donde:

$\lambda_{1-\alpha}$: Escalar estimado para obtener el CVaR.

$Z_{1-\alpha}$: Percentil $1 - \alpha$ de la distribución normal estándar.

Los escalares obtenidos se muestran a continuación:

Tabla 3.8 Escalares para el cálculo del CVaR.

$1-\alpha$	$\lambda_{1-\alpha}$
95.00%	2.063
99.00%	2.665
99.99%	3.959

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se procedió a calcular el CVaR:

$$CVaR_p = \lambda_{1-\alpha} * \sqrt{[w^T] * [\Sigma] * [w]} \quad (3.9)$$

Donde:

$CVaR_p$: VaR condicional del portafolio.

$[w^T]$: Vector transpuesto de pesos asignados.

$[\Sigma]$: Matriz de varianzas – covarianzas de los rendimientos.

$[w]$: Vector de pesos asignados.

$\lambda_{1-\alpha}$: Escalar estimado para el calculo del CVaR.

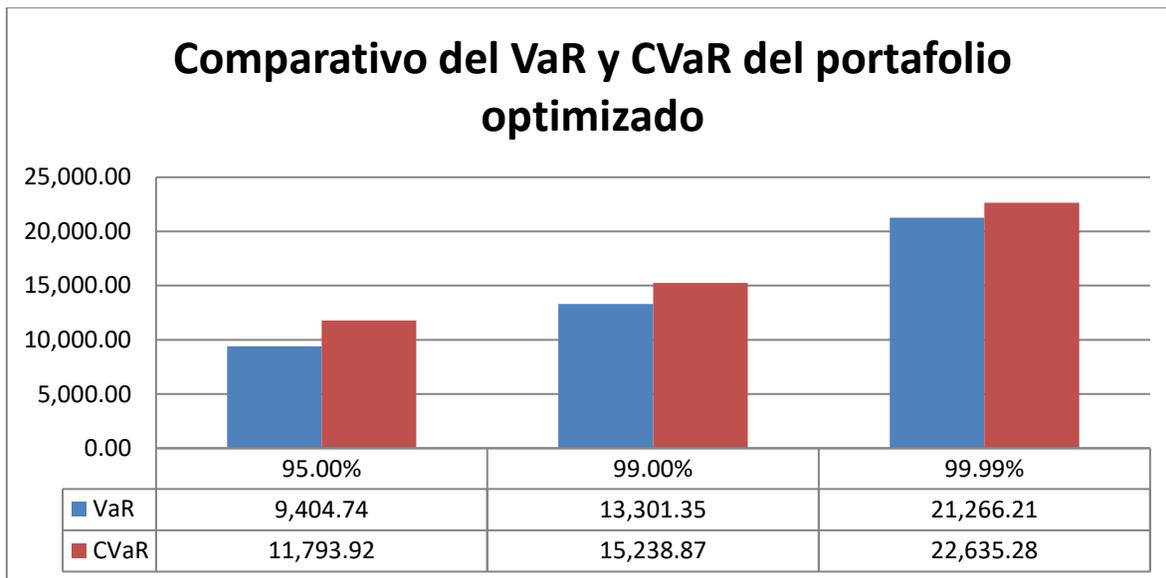
Los resultados obtenidos se muestran a continuación; suponiendo una inversión de \$1,000,000 al igual que en VaR.

Tabla 3.9 CVaR del portafolio optimizado.

Nivel de confianza	CVaR	Inversión 1,000,000
95.00%	0.0118	\$11,793.92
99.00%	0.0152	\$15,238.87
99.99%	0.0226	\$22,635.28

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.2 Comparativo del VaR y CVaR.



Fuente: Elaboración propia.

3.5 Backtesting

Con los resultados obtenidos anteriormente se elaboró un backtesting con precios de las acciones del 2 de enero de 2018 al 5 de julio de 2019; con la finalidad de comparar si cumple el nivel de confianza para el VaR y CVaR.

Se continúa con el supuesto de una inversión inicial de \$1,000,000 ; la tabla siguiente muestra la descripción inicial del portafolio.

Tabla 3.10 Valor inicial del portafolio

	w	Inversión	Precio de la acción	Número de títulos	Número de títulos (entero)	Valor del portafolio	Remanente
ALPEKA.MX	2.7%	\$ 26,753.49	\$ 23.20	1,153.17	1,153.00	\$ 26,749.60	\$ 3.89
AMXL.MX	3.7%	\$ 37,399.24	\$ 17.12	2,184.54	2,184.00	\$ 37,390.08	\$ 9.16
AC.MX	6.1%	\$ 61,471.97	\$ 138.16	444.93	444.00	\$ 61,343.04	\$ 128.93
BOLSAA.MX	5.4%	\$ 53,926.62	\$ 33.95	1,588.41	1,588.00	\$ 53,912.60	\$ 14.02
LABB.MX	0.1%	\$ 802.84	\$ 20.98	38.27	38.00	\$ 797.24	\$ 5.60
ENTERA.MX	0.2%	\$ 1,841.05	\$ 16.35	112.60	112.00	\$ 1,831.20	\$ 9.85
GRUMAB.MX	10.8%	\$ 107,866.94	\$ 248.13	434.72	434.00	\$ 107,688.42	\$ 178.52
OMAB.MX	1.6%	\$ 15,952.86	\$ 103.94	153.48	153.00	\$ 15,902.82	\$ 50.04
GAPB.MX	1.8%	\$ 18,480.97	\$ 203.22	90.94	90.00	\$ 18,289.80	\$ 191.17
ASURB.MX	0.1%	\$ 1,148.91	\$ 371.58	3.09	3.00	\$ 1,114.74	\$ 34.17
GCC.MX	11.8%	\$ 117,634.81	\$ 92.96	1,265.43	1,265.00	\$ 117,594.40	\$ 40.41
ELEKTRA.MX	4.3%	\$ 43,336.05	\$ 702.73	61.67	61.00	\$ 42,866.53	\$ 469.52
GMEXICOB.MX	4.5%	\$ 45,050.39	\$ 65.99	682.69	682.00	\$ 45,005.18	\$ 45.21
TLEVISACPO.MX	9.0%	\$ 90,281.78	\$ 75.34	1,198.32	1,198.00	\$ 90,257.32	\$ 24.47
PEÑOLES.MX	1.5%	\$ 14,844.98	\$ 426.65	34.79	34.00	\$ 14,506.10	\$ 338.88
IENOVA	10.5%	\$ 105,003.99	\$ 97.51	1,076.85	1,076.00	\$ 104,920.76	\$ 83.23
KIMBERA.MX	3.2%	\$ 32,497.10	\$ 35.64	911.82	911.00	\$ 32,468.04	\$ 29.07
MEGACPO.MX	13.2%	\$ 131,558.10	\$ 80.95	1,625.18	1,625.00	\$ 131,543.75	\$ 14.35
MEXCHEM.MX	2.8%	\$ 27,957.00	\$ 50.00	559.14	559.00	\$ 27,950.00	\$ 7.00
RA.MX	1.4%	\$ 13,903.83	\$ 107.07	129.86	129.00	\$ 13,812.03	\$ 91.80
WALMEX	5.2%	\$ 52,287.09	\$ 48.03	1,088.63	1,088.00	\$ 52,256.64	\$ 30.45
	100.0%	1,000,000				\$ 998,200.29	\$ 1,799.72
						\$	1,000,000.00

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente para la elaboración del backtesting se comienza calculando el valor del portafolio dada la posición inicial y obteniendo el vector de utilidades o pérdidas como se muestra en la siguiente tabla:

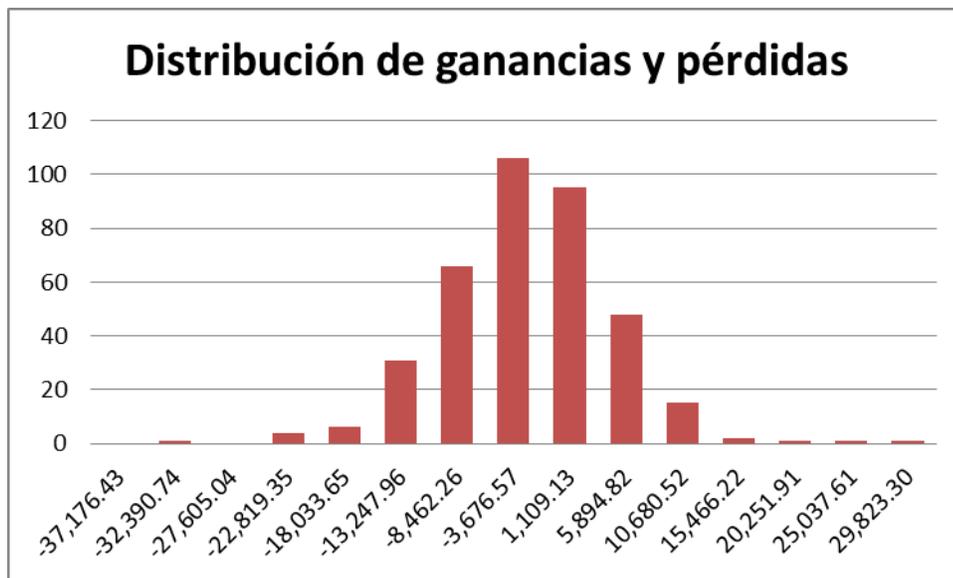
Tabla 3.11 Distribución de utilidades o pérdidas

	Valor del portafolio	Ganancias o pérdidas
02/01/2018	1,000,000.00	
03/01/2018	996,330.47	-3,669.54
04/01/2018	991,935.76	-4,394.71
05/01/2018	998,743.18	6,807.42
08/01/2018	997,086.44	-1,656.74
09/01/2018	989,576.87	-7,509.57
10/01/2018	978,836.06	-10,740.81
11/01/2018	978,929.70	93.65

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos se procede a graficar la distribución de pérdidas y ganancias reales como se muestra en el histograma siguiente:

Figura 3.3 Distribución de ganancias y pérdidas en el periodo de backtesting.



Fuente: Elaboración propia.

En el periodo seleccionado para el backtesting se encuentran 378 observaciones; de las cuales la pérdida máxima fue de -\$37,176; la mejor ganancia fue de \$34,609 y el promedio de -\$215 muy cercana a cero.

Por otra parte, se debe proceder a la estimación del VaR y CVaR diarios para poder determinar si la máxima pérdida esperada que se pronostica se cumple durante el periodo de backtesting.

Por lo tanto, para el presente documento se realizaron 378 cálculos del VaR y CVaR diarios para los niveles de confianza: 95%, 99% y 99.9%.

A continuación se muestran las observaciones que rebasan las métricas para cada nivel de confianza.

3.5.1 Observaciones que rebasan el VaR con un nivel de confianza de 95%.

Tabla 3.12 Observaciones que rebasan el VaR al 95%.

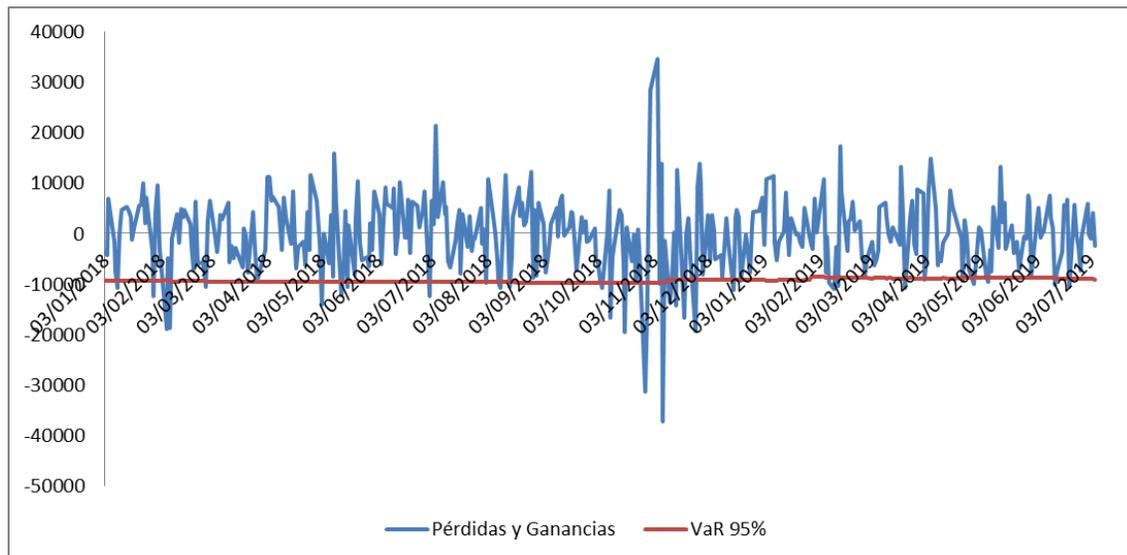
	Pérdidas y Ganancias	VaR 95%	Diferencia	Diferencia %
10/01/2018	-10,741	-9,355	-1,385	15%
30/01/2018	-12,373	-9,283	-3,090	33%
06/02/2018	-19,020	-9,264	-9,756	105%
08/02/2018	-18,728	-9,375	-9,352	100%
28/02/2018	-10,584	-9,497	-1,087	11%
03/05/2018	-14,021	-9,532	-4,489	47%
14/05/2018	-12,223	-9,591	-2,632	27%
17/05/2018	-10,679	-9,613	-1,066	11%
02/07/2018	-12,417	-9,536	-2,881	30%
02/08/2018	-9,710	-9,579	-131	1%
09/08/2018	-9,889	-9,626	-263	3%
10/08/2018	-10,719	-9,637	-1,081	11%
15/08/2018	-10,582	-9,671	-911	9%
05/10/2018	-10,852	-9,735	-1,117	11%
10/10/2018	-16,646	-9,721	-6,925	71%
18/10/2018	-19,520	-9,798	-9,723	99%
29/10/2018	-31,364	-9,847	-21,517	219%
30/10/2018	-13,613	-9,843	-3,770	38%
06/11/2018	-9,997	-9,800	-197	2%
08/11/2018	-37,176	-9,669	-27,508	284%
12/11/2018	-13,735	-9,236	-4,499	49%
15/11/2018	-14,236	-9,214	-5,022	55%
20/11/2018	-16,652	-9,225	-7,427	81%

26/11/2018	-19,281	-9,179	-10,101	110%
17/12/2018	-11,242	-9,240	-2,001	22%
21/12/2018	-9,483	-9,213	-270	3%
08/02/2019	-9,836	-8,707	-1,129	13%
11/02/2019	-10,985	-8,722	-2,263	26%
13/02/2019	-10,433	-8,754	-1,678	19%
22/03/2019	-10,752	-8,853	-1,899	21%
02/04/2019	-9,236	-8,933	-302	3%
23/04/2019	-9,327	-8,748	-579	7%
29/04/2019	-10,040	-8,737	-1,302	15%
07/05/2019	-9,667	-8,800	-867	10%
13/06/2019	-10,264	-8,874	-1,390	16%
21/06/2019	-10,526	-8,963	-1,563	17%
	Promedio	-4,199	44%	

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del VaR al 95% se tienen 36 observaciones de 378 de la distribución de pérdidas y ganancias que lo rebasan, en promedio la diferencia entre el VaR y la pérdida es de -\$4,199; porcentualmente representa el 44% de la pérdida real.

Figura 3.4 Distribución de pérdidas y ganancias vs VaR al 95%.



Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 Observaciones que rebasan el VaR con un nivel de confianza de 99%.

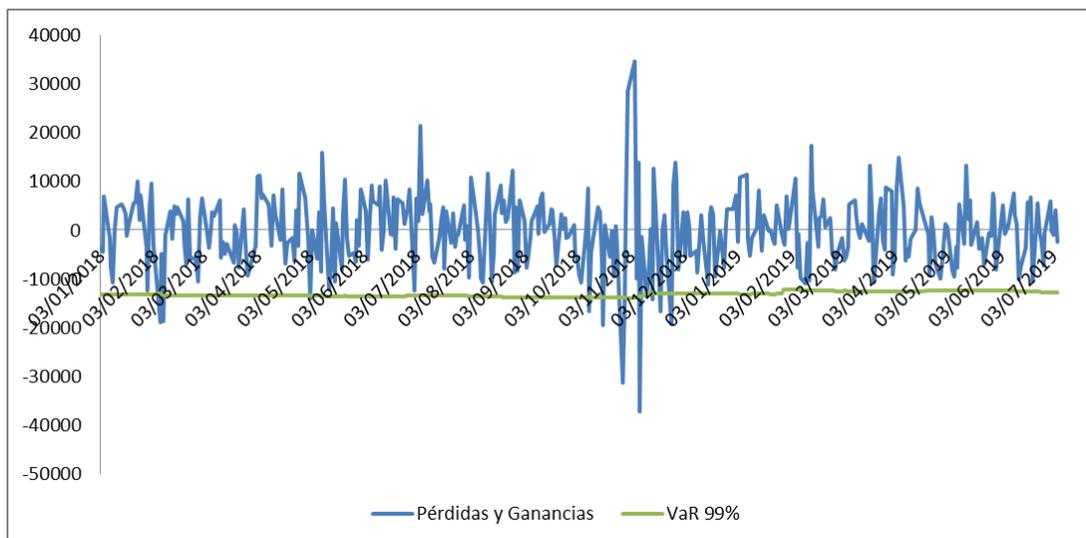
Tabla 3.13 Observaciones que rebasan el VaR al 99%.

	Pérdidas y Ganancias	VaR 99%	Diferencia	Diferencia %
06/02/2018	-19,020	-13,102	-5,918	45%
08/02/2018	-18,728	-13,260	-5,468	41%
03/05/2018	-14,021	-13,481	-540	4%
10/10/2018	-16,646	-13,748	-2,898	21%
18/10/2018	-19,520	-13,857	-5,663	41%
29/10/2018	-31,364	-13,927	-17,437	125%
08/11/2018	-37,176	-13,675	-23,501	172%
12/11/2018	-13,735	-13,062	-673	5%
15/11/2018	-14,236	-13,031	-1,205	9%
20/11/2018	-16,652	-13,047	-3,605	28%
26/11/2018	-19,281	-12,983	-6,298	49%
	Promedio		-6,655	49%

Fuente: Elaboración propia.

Para el VaR al 99% podemos observar 11 casos en los que se excede la máxima pérdida esperada; se tiene como promedio una diferencia de -\$6,655, lo cual representa un 49% respecto a la pérdida real.

Figura 3.5 Distribución de pérdidas y ganancias vs VaR al 99%.



Fuente: Elaboración propia.

3.5.3 Observaciones que rebasan el VaR con un nivel de confianza de 99.99%.

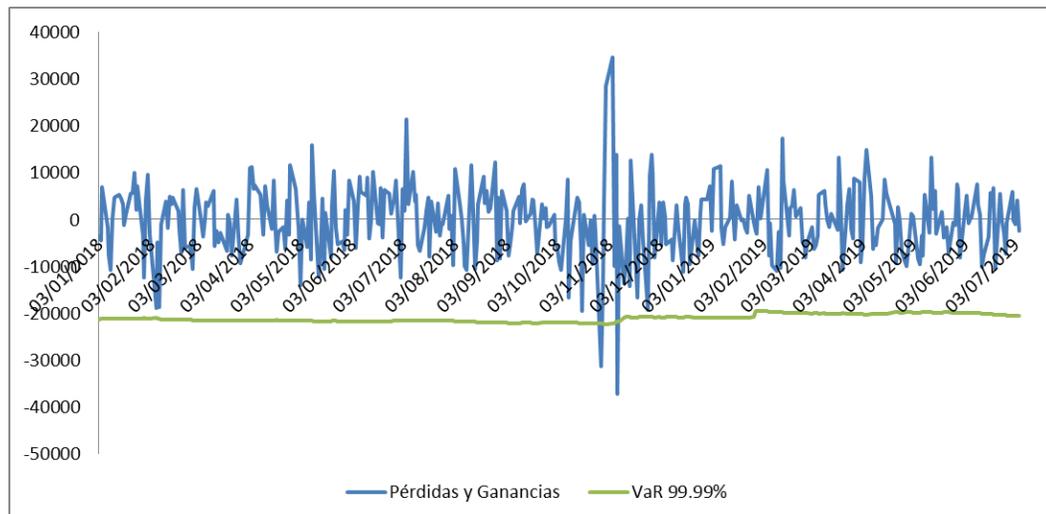
Tabla 3.14 Observaciones que rebasan el VaR al 99.99%.

	Pérdidas y Ganancias	VaR 99.99%	Diferencia	Diferencia %
29/10/2018	-31,364	-22,266	-9,098	41%
08/11/2018	-37,176	-21,864	-15,313	70%
		Promedio	-12,205	55%

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del VaR al 99.99% se observan dos casos en los que la pérdida rebasa el VaR. El primero se observa el 29 de octubre de 2018, en este caso la pérdida es 41% mayor que el VaR mientras que el segundo caso se presenta el 8 de noviembre de 2018 y en la pérdida es 70% mayor.

Figura 3.6 Distribución de pérdidas y ganancias vs VaR al 99.99%.



Fuente: Elaboración propia.

3.5.4 Observaciones que rebasan el CVaR con un nivel de confianza de 95%.

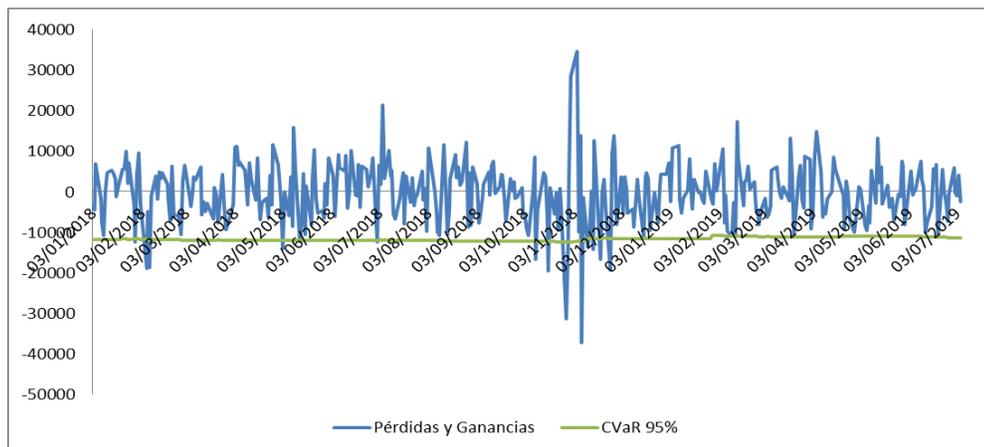
Tabla 3.15 Observaciones que rebasan el CVaR al 95%.

	Pérdidas y Ganancias	CVaR 95%	Diferencia	Diferencia %
30/01/2018	-12,373	-11,641	-732	6%
06/02/2018	-19,020	-11,617	-7,403	64%
08/02/2018	-18,728	-11,757	-6,971	59%
03/05/2018	-14,021	-11,953	-2,067	17%
14/05/2018	-12,223	-12,028	-195	2%
02/07/2018	-12,417	-11,958	-459	4%
10/10/2018	-16,646	-12,190	-4,456	37%
18/10/2018	-19,520	-12,287	-7,234	59%
29/10/2018	-31,364	-12,348	-19,015	154%
30/10/2018	-13,613	-12,344	-1,269	10%
08/11/2018	-37,176	-12,125	-25,051	207%
12/11/2018	-13,735	-11,582	-2,153	19%
15/11/2018	-14,236	-11,554	-2,682	23%
20/11/2018	-16,652	-11,568	-5,083	44%
26/11/2018	-19,281	-11,511	-7,770	67%
11/02/2019	-10,985	-10,938	-47	0%
	Promedio		-5,787	48%

Fuente: Elaboración propia.

Para el CVaR al 95% se tienen 11 observaciones que lo rebasan, en promedio la diferencia porcentual entre el CVaR y la pérdida es del 48%.

Figura 3.7 Distribución de pérdidas y ganancias vs CVaR al 95%.



Fuente: Elaboración propia.

3.5.5 Observaciones que rebasan el CVaR con un nivel de confianza de 99%.

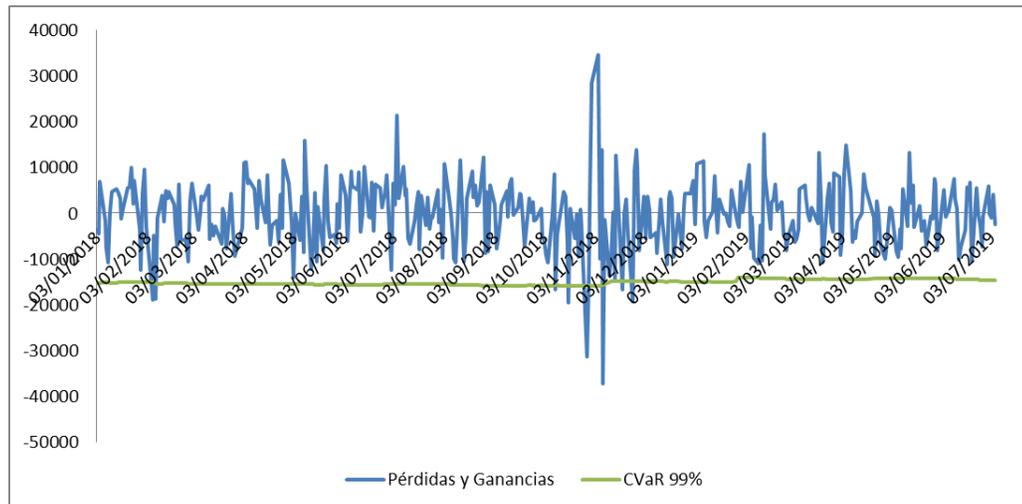
Tabla 3.16 Observaciones que rebasan el CVaR al 99%.

	Pérdidas y Ganancias	CVaR 99%	Diferencia	Diferencia %
06/02/2018	-19,020	-15,010	-4,010	27%
08/02/2018	-18,728	-15,191	-3,536	23%
10/10/2018	-16,646	-15,751	-895	6%
18/10/2018	-19,520	-15,876	-3,645	23%
29/10/2018	-31,364	-15,955	-15,409	97%
08/11/2018	-37,176	-15,667	-21,510	137%
20/11/2018	-16,652	-14,947	-1,704	11%
26/11/2018	-19,281	-14,874	-4,407	30%
		Promedio	-6,889	44%

Fuente: Elaboración propia.

El número de observaciones que rebasan el CVaR con un nivel de confianza del 99% son 8; teniendo como promedio una diferencia de -\$6,889 representando el 44% de la pérdida real.

Figura 3.8 Distribución de pérdidas y ganancias vs CVaR al 99%.



Fuente: Elaboración propia.

3.5.6 Observaciones que rebasan el CVaR con un nivel de confianza de 99.99%.

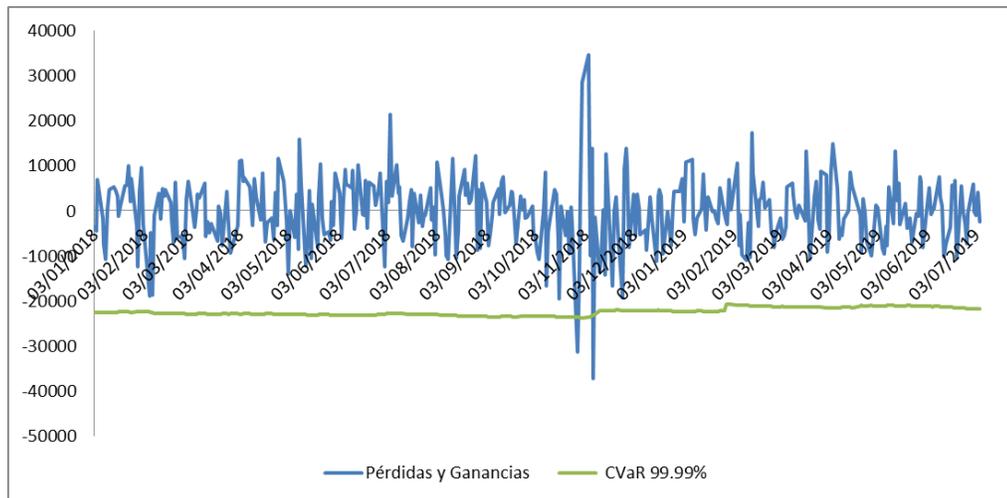
Tabla 3.16 Observaciones que rebasan el CVaR al 99.99%.

	Pérdidas y Ganancias	CVaR 99.99%	Diferencia	Diferencia %
29/10/2018	-31,364	-23,699	-7,665	32%
08/11/2018	-37,176	-23,271	-13,905	60%
	Promedio		-10,785	46%

Fuente: Elaboración propia.

Considerando el CVaR con un nivel de confianza de 99.99% se observa que hay dos observaciones que lo rebasan; coincidiendo con las dos observaciones de los días 29 de octubre y 8 de noviembre de 2018 que se presentan en el VaR con el mismo nivel de confianza; sin embargo, en este caso las pérdidas reales son 32% y 60% mayores respectivamente.

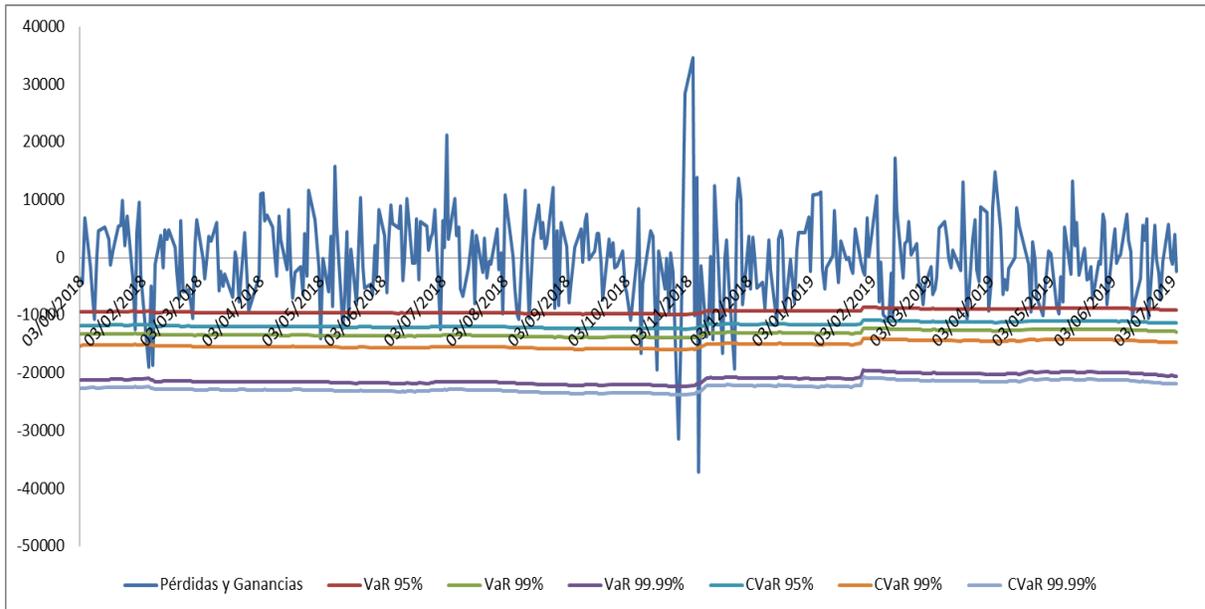
Figura 3.9 Distribución de pérdidas y ganancias vs CVaR al 99.99%.



Fuente: Elaboración propia.

3.5.7 Análisis del periodo de Backtesting.

Figura 3.10 Análisis de Backtesting.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.17 Análisis del Backtesting.

	Diferencia promedio	% Dif. Promedio	No. de observaciones que rebasan	% de error	Nivel de eficiencia real
VaR 95%	-4,199	44.3%	36	9.52%	90.48%
VaR 99%	-6,655	49.1%	11	2.91%	97.09%
VaR 99.99%	-12,205	55.4%	2	0.53%	99.47%
CVaR 95%	-5,787	48.3%	16	4.23%	95.77%
CVaR 99%	-6,889	44.2%	8	2.12%	97.88%
CVaR 99.99%	-10,785	46.0%	2	0.53%	99.47%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se puede observar que tanto para el CVaR como para el VaR, considerando un nivel de confianza de 99.99% hay dos observaciones que los rebasan presentando el mismo nivel de eficiencia real de 99.47%.

Conclusiones

Con los precios observados de 2016 y 2017 la empresa que tuvo el mejor comportamiento y por lo tanto el mayor rendimiento esperado anual es Peñoles con un 55.82%. Industrias Peñoles S.A.B. de C.V. es un grupo minero con operaciones integradas para la fundición de metales no ferrosos y la elaboración de productos químicos, es líder latinoamericano en la producción de oro y plomo afinados además de ser una de las empresas exportadoras más importantes.

Al optimizar el portafolio minimizando el riesgo observamos que de las 30 acciones solo 21 quedan dentro, de dichas empresas solo 4 son las que concentran el 46.2% del portafolio (Gruma S.A.B de C.V., Grupo Cementos de Chihuahua S.A.B. de C.V., Infraestructura Energética Nova S.A.B. de C.V., Megacable Holdings SAB de CV) . Las cuatro empresas pertenecen a los sectores de Productos de consumo frecuente, Materiales, Energía y Servicios de Telecomunicaciones respectivamente.

En la siguiente tabla podemos observar que los sectores que concentran el 74.6% del portafolio son Telecomunicaciones, Productos de consumo Frecuente y Materiales, por lo tanto, se podría afirmar que el portafolio se encuentra relativamente diversificado, ya que contiene 8 de los diez sectores en los que la BMV clasifica las acciones.

Tabla C1 Participación en el portafolio por Sector

Sector	Participación
Materiales	23.2%
Servicios de Telecomunicaciones	25.9%
Productos de Consumo Frecuente	25.4%
Servicios Financieros	7.0%
Salud	0.1%
Industrial	3.6%
Servicios y Bienes de Consumo no básico	4.3%
Energía	10.5%

Elaboración propia con datos de Yahoo Finanzas.

El rendimiento esperado diario del portafolio es de 0.06%, por lo tanto el rendimiento anual es de 15.06%. Considerando un promedio de las tasas de CETES a 28 días de

Enero de 2018 obtenemos un 7.25%, con lo cual podemos afirmar que el portafolio tiene un rendimiento esperado de poco más del doble de los instrumentos sin riesgo.

Calculando el VaR y CVaR iniciales podemos observar que la diferencia entre ellos se acorta a medida que el nivel de confianza es mayor.

- Para el caso del nivel de confianza de 95%, el CVaR es 25% más grande que el VaR.
- Con un nivel de confianza de 99%, el CVaR es 15% mayor al VaR.
- Para un nivel de confianza de 99.99%, el CVaR es 6% mayor al VaR.

Del periodo de Backtesting que corresponde a 378 días, el 51% que corresponde a 193 días se observaron pérdidas, mientras que el 49% fueron ganancias, correspondientes a 185 días. Sin embargo, solo en 98 días el portafolio estuvo valuado en más de 1,000,000 de pesos, es decir, mayor a la cantidad invertida.

Recordando la hipótesis planteada inicialmente que afirma que el CVaR aplicado a un portafolio optimizado con la metodología de Markowitz es más confiable que el VaR considerando el periodo de backtesting del 2 de enero de 2018 al 5 de julio de 2019, podemos afirmar lo siguiente:

- Para el nivel de confianza del 95% el nivel de eficiencia real del VaR fue de 90.48%, mientras que para el CVaR es de 95.77%, por lo tanto, se puede afirmar que en este nivel de confianza si se satisface que el CVaR es más confiable que el VaR.
- En el caso del nivel de confianza de 99% se observa que la confiabilidad real del VaR es de 97.09%, mientras que para el CVaR es de 97.88%, por lo tanto, en este nivel de confianza a pesar de que el nivel de confianza del CVaR no es mayor o igual al 99% si es mayor al del VaR; por lo tanto es más confiable.
- El nivel de confianza real para el VaR y CVaR al 99.99% es de 99.47%, teniendo un total de dos observaciones en las que las pérdidas son mayores a los indicadores, por lo tanto, para este nivel de confianza el CVaR no es más confiable que el VaR.

En conclusión, podemos afirmar que para el nivel de confianza de 95% y 99% se cumple la hipótesis planteada inicialmente, ya que el CVaR es más confiable que el VaR en el periodo de observación.

Es preciso mencionar que se recomienda realizar el ejercicio considerando otro periodo, por ejemplo, durante la pandemia por COVID19, ya que dichos eventos afectan los precios de las emisoras de la BMV y con ello se podría tener un panorama de la efectividad del VaR y CVaR en distintos escenarios adversos.

Se espera que la presente investigación pueda aportar para tener un referente en el comparativo de ambas métricas aplicadas a portafolios de inversión y en la administración de riesgos en general.

Bibliografía

- Alonso, J. C., & Arcos, M. A. (2005). Valor en Riesgo: Evaluación del desempeño de diferentes metodologías para 7 países latinoamericanos. .
- Arbeláez, L. C., & Ceballos, L. E. (s.f.). EL VALOR EN RIESGO CONDICIONAL- CVAR COMO MEDIDACOHERENTE DE RIESGO.
- Arbeláez, L. C., Rúa, C. T., & Díaz, H. B. (2011). Modelo de Markowitz y modelo de Black Litterman en la optimización de Portafolios de inversión. *Tecno Lógicas*, 71-88.
- Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J., & Heath, D. (1997). Thinking Coherently. *Risk*, 68-71.
- Banco de México. (s.f.). *Banxico.org.mx*. Recuperado el 2020, de <https://www.banxico.org.mx/banners/%7BCCCF7D6F9-2A3F-68DC-2280-A5EA1D0A4D71%7D.pdf>
- Banxico. (Noviembre de 2005). *Banxico*. Recuperado el 2020, de <https://www.banxico.org.mx/sistema-financiero/d/%7B691D5348-6C29-424E-4A6F-C1E6F6F47A00%7D.pdf>
- Benninga, S. (2008). *Financial modeling*. London: The MIT Press.
- Bernard Suárez, L. M., Ortiz Pimiento, N. R., & Duarte Duarte, J. (2015). SELECCIÓN DE PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN SOCIALMENTE RESPONSABLES. *EIA*, 71-85.
- BMV. (2016). *INFORME ANUAL GRUPO BMV*. Recuperado el 2020, de <https://www.bmv.com.mx/docs-pub/informeAnual/INFORME%20ANUAL%20GRUPO%20BMV%202016.pdf>
- BMV. (2017). *INFORME ANUAL 2017*. Recuperado el 2020, de https://www.bmv.com.mx/docs-pub/informeAnual/InformeAnual_2017.pdf
- BMV. (2018). *INFORME 2018*. Recuperado el 2020, de <https://www.bmv.com.mx/docs-pub/informeAnual/Informe%202018%20sf.pdf>
- BMV. (2019). *INFORME ANUAL 2019*. Recuperado el 2020, de https://www.bmv.com.mx/docs-pub/informeAnual/Informe_Anual_2019_versionfinal.pdf
- BMV. (s.f.). *Bolsa Mexicana de Valores*. Obtenido de <https://www.bmv.com.mx/es/grupo-bmv/acerca-de>
- BMV; S&P DJI. (17 de Mayo de 2017). *BMV*. Recuperado el 2020, de https://www.bmv.com.mx/docs-pub/INDICES/CTEN_INCAM/BMV%20SP%20IPC%20%20INMEX%20Methodology%20Changes%20SPANISH.pdf
- CNBV. (s.f.). Recuperado el 2020, de <https://www.gob.mx/cnbv/que-hacemos>
- CNBV. (s.f.). Recuperado el 31 de Mayo de 2020, de <https://portafolioinfo.cnbv.gob.mx/Paginas/Contenidos.aspx?ID=40&Titulo=Banca%20M%C3%BAltiple>
- CNBV. (18 de Julio de 2014). Recuperado el 2020, de <https://www.cnbv.gob.mx/SECTORES-SUPERVISADOS/BURS%C3%81TIL/Descripci%C3%B3n/Paginas/Casas-de-Bolsa.aspx>
- CNBV. (02 de Septiembre de 2016). Recuperado el 2020, de <https://www.gob.mx/cnbv/acciones-y-programas/banca-multiple>
- CNBV. (28 de Enero de 2016). Recuperado el 2020, de <https://www.gob.mx/cnbv/acciones-y-programas/banca-de-desarrollo-y-entidades-de-fomento-bdef>
- CNSF. (s.f.). *Gobierno de México*. Recuperado el 2020, de <https://www.gob.mx/cnsf/que-hacemos>
- CNSF. (s.f.). *LISF*. Obtenido de <https://www.cnsf.gob.mx/CUSFELECTRONICA/LISF/Index>

Índice de Figuras

Figura 1.1 Comportamiento del IPC en 2016.....	27
Figura 1.2 Comportamiento del IPC en 2017.....	28
Figura 1.3 Comportamiento del IPC en 2018.....	29
Figura 1.4 Comportamiento de IPC en 2019.....	31
Figura 1.5 Comportamiento del IPC de 2016 – 2019	32
Figura 2.1 Clasificación de los riesgos financieros.....	36
Figura 2.2 Valor en riesgo	48
Figura 2.3 Función de densidad conjunta de las variables aleatorias X y Y.....	55
Figura 2.4 Distribución de pérdidas, VaR y CVaR.....	60
Figura 3.1 Ponderado del portafolio optimizado.....	69
Figura 3.2 Comparativo del VaR y CVaR.....	73
Figura 3.3 Distribución de ganancias y pérdidas en el periodo de backtesting.....	75
Figura 3.4 Distribución de pérdidas y ganancias vs VaR al 95%.....	77
Figura 3.5 Distribución de pérdidas y ganancias vs VaR al 99%.....	78
Figura 3.6 Distribución de pérdidas y ganancias vs VaR al 99.99%.....	79
Figura 3.7 Distribución de pérdidas y ganancias vs CVaR al 95%.....	80
Figura 3.8 Distribución de pérdidas y ganancias vs CVaR al 99%.....	81
Figura 3.9 Distribución de pérdidas y ganancias vs CVaR al 99.99%.....	82
Figura 3.10 Análisis de Backtesting.....	83

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Escalares para el cálculo del CVaR.....	61
Tabla 3.1 Acciones que componen el portafolio de inversión.....	63
Tabla 3.2 Rendimientos esperados por acción.....	66
Tabla 3.3 Matriz de varianzas-covarianzas	67
Tabla 3.4 Ponderación por emisora del portafolio optimizado.....	69
Tabla 3.5 Rendimiento esperado del portafolio optimizado.....	70
Tabla 3.6 Valores de la distribución Normal Estándar	71
Tabla 3.7 VaR del portafolio optimizado.....	71
Tabla 3.8 Escalares para el cálculo del CVaR	72
Tabla 3.9 CVaR del portafolio optimizado.....	73
Tabla 3.10 Valor inicial del portafolio.....	74
Tabla 3.11 Distribución de utilidades o pérdidas	75
Tabla 3.12 Observaciones que rebasan el VaR al 95%.....	76
Tabla 3.13 Observaciones que rebasan el VaR al 99%.....	78
Tabla 3.14 Observaciones que rebasan el VaR al 99.99%.....	79
Tabla 3.15 Observaciones que rebasan el CVaR al 95%.....	80
Tabla 3.16 Observaciones que rebasan el CVaR al 99%.....	81
Tabla 3.16 Observaciones que rebasan el CVaR al 99.99%.....	82
Tabla 3.17 Análisis del Backtesting.....	83
Tabla C1 Participación en el portafolio por Sector.....	84

Índice de ecuaciones

Ecuación 2.1 Exposure at Default.....	40
Ecuación 2.2 Tasa de Recuperación.....	41
Ecuación 2.3 Razón de cobertura a corto plazo.....	43
Ecuación 2.4 Fondeo estable neto.....	43
Ecuación 2.5 Modelo de Markowitz.....	45
Ecuación 2.6 Valor de un portafolio.....	46
Ecuación 2.7 Cambio en un portafolio.....	46
Ecuación 2.8 VaR	47
Ecuación 2.11 Valor en riesgo para un activo individual.....	49
Ecuación 2.12 VaR de un portafolio.....	49
Ecuación 2.13 VaR con simulación histórica	50
Ecuación 2.14 Pérdidas o ganancias absolutas	51
Ecuación 2.15 Precio más reciente de un activo.....	51
Ecuación 2.16 Rendimientos simulados	51
Ecuación 2.17 Rendimientos logarítmicos	51
Ecuación 2.18 Precios simulados	51
Ecuación 2.19 Rendimientos relativos	52
Ecuación 2.20 Monotonía no decreciente.....	53
Ecuación 2.21 Subaditividad	53
Ecuación 2.22 Homogeneidad positiva.....	53
Ecuación 2.23 Invarianza bajo traslaciones	54
Ecuación 2.24 Esperanza matemática.....	59
Ecuación 2.25 CVaR	55
Ecuación 2.26 Escalar estimado para obtener el CVaR	61
Ecuación 2.27 CVaR para un activo individual	61
Ecuación 2.28 CVaR para un portafolio	62
Ecuación 3.1 Rendimientos logarítmicos	64
Ecuación 3.2 Rendimientos esperados.....	65
Ecuación 3.3 Rendimientos anuales	65
Ecuación 3.4 Matriz de varianzas-covarianzas.....	67
Ecuación 3.5 Modelo de Markowitz	68

Ecuación 3.6 Desviación anualizada	70
Ecuación 3.7 VaR de un portafolio	71
Ecuación 3.8 Escalar estimado para obtener el CVaR	72
Ecuación 3.9 CVaR para un portafolio	72

Anexo

Matriz de varianzas - covarianzas

Para poder visualizar mejor la matriz dadas sus dimensiones se dividió en cinco tablas presentadas a continuación.

Matriz de varianzas-covarianzas 1.

	ALFAA.MX	ALPEKA.MX	ALSEA.MX	AMXL.MX	AC.MX	BOLSAA.MX
ALFAA.MX	0.037%	0.010%	0.008%	0.004%	0.004%	0.005%
ALPEKA.MX	0.010%	0.032%	0.003%	0.002%	0.002%	0.004%
ALSEA.MX	0.008%	0.003%	0.022%	0.004%	0.004%	0.004%
AMXL.MX	0.004%	0.002%	0.004%	0.026%	0.003%	0.003%
AC.MX	0.004%	0.002%	0.004%	0.003%	0.018%	0.000%
BOLSAA.MX	0.005%	0.004%	0.004%	0.003%	0.000%	0.028%
CEMEXCPO.MX	0.012%	0.008%	0.006%	0.009%	0.004%	0.004%
LIVERPOL C1.MX	0.009%	0.004%	0.007%	0.003%	0.005%	0.004%
LABB.MX	0.008%	0.005%	0.005%	0.001%	0.002%	0.002%
GENER.A.MX	0.016%	0.003%	0.010%	0.005%	0.006%	0.004%
GRUMAB.MX	0.003%	0.002%	0.004%	0.002%	0.003%	0.002%
OMAB.MX	0.007%	0.003%	0.007%	0.003%	0.005%	0.005%
GAPB.MX	0.009%	0.004%	0.006%	0.004%	0.005%	0.002%
ASURB.MX	0.006%	0.004%	0.005%	0.004%	0.004%	0.003%
BIMBOA.MX	0.003%	0.005%	0.005%	0.004%	0.007%	0.003%
GCARSO.MX	0.010%	0.004%	0.008%	0.005%	0.006%	0.006%
GCC.MX	0.002%	0.001%	0.002%	0.001%	0.001%	0.000%
ELEKTRA.MX	0.008%	0.003%	0.004%	0.000%	0.000%	0.000%
GBNORTEO.MX	0.009%	0.006%	0.009%	0.006%	0.006%	0.006%
GFINBURO.MX	0.016%	0.005%	0.007%	0.007%	0.006%	0.006%
GMEXICOB.MX	0.005%	0.005%	0.002%	0.003%	0.002%	0.003%
TLEVISACPO.MX	0.002%	-0.001%	0.003%	0.005%	0.003%	0.001%
PEÑOLES.MX	0.004%	0.005%	0.001%	0.003%	0.003%	0.001%
IENOVA	0.004%	0.004%	0.004%	0.002%	0.003%	0.003%
KIMBERA.MX	0.005%	0.003%	0.008%	0.003%	0.003%	0.003%
MEGACPO.MX	0.004%	0.002%	0.002%	0.001%	0.002%	0.001%
MEXCHEM.MX	0.008%	0.004%	0.005%	0.006%	0.003%	0.003%
PINFRA	0.013%	0.006%	0.008%	0.004%	0.005%	0.005%
RA.MX	0.008%	0.004%	0.007%	0.003%	0.003%	0.004%
WALMEX	0.006%	0.003%	0.006%	0.003%	0.003%	0.003%

Elaboración propia con datos de Yahoo Finanzas.

Matriz de varianzas-covarianzas 2.

	CEMEXCPO.M X	LIVERPO L C1.MX	LABB.M X	GENTERA.M X	GRUMAB.M X	OMAB.M X
ALFAA.MX	0.012%	0.009%	0.008%	0.016%	0.003%	0.007%
ALPEKA.MX	0.008%	0.004%	0.005%	0.003%	0.002%	0.003%
ALSEA.MX	0.006%	0.007%	0.005%	0.010%	0.004%	0.007%
AMXL.MX	0.009%	0.003%	0.001%	0.005%	0.002%	0.003%
AC.MX	0.004%	0.005%	0.002%	0.006%	0.003%	0.005%
BOLSAA.MX	0.004%	0.004%	0.002%	0.004%	0.002%	0.005%
CEMEXCPO.MX	0.044%	0.007%	0.007%	0.009%	0.004%	0.006%
LIVERPOL C1.MX	0.007%	0.024%	0.004%	0.008%	0.004%	0.007%
LABB.MX	0.007%	0.004%	0.046%	0.007%	0.001%	0.003%
GENTERA.MX	0.009%	0.008%	0.007%	0.040%	0.004%	0.007%
GRUMAB.MX	0.004%	0.004%	0.001%	0.004%	0.019%	0.002%
OMAB.MX	0.006%	0.007%	0.003%	0.007%	0.002%	0.022%
GAPB.MX	0.006%	0.006%	0.004%	0.007%	0.003%	0.010%
ASURB.MX	0.007%	0.007%	0.004%	0.005%	0.004%	0.010%
BIMBOA.MX	0.006%	0.008%	0.005%	0.004%	0.005%	0.004%
GCARSO.MX	0.011%	0.009%	0.005%	0.010%	0.004%	0.005%
GCC.MX	0.003%	0.001%	0.004%	0.002%	0.000%	0.000%
ELEKTRA.MX	0.002%	0.001%	0.006%	0.003%	0.000%	0.002%
GBNORTEO.MX	0.011%	0.010%	0.005%	0.009%	0.004%	0.007%
GFINBURO.MX	0.012%	0.009%	0.009%	0.013%	0.004%	0.006%
GMEXICOB.MX	0.013%	0.003%	0.004%	0.002%	0.001%	0.003%
TLEVISACPO.MX	0.007%	0.004%	0.002%	0.001%	0.000%	0.003%
PEÑOLES.MX	0.008%	0.007%	0.003%	0.006%	0.002%	0.000%
IENOVA	0.004%	0.005%	0.002%	0.003%	0.001%	0.004%
KIMBERA.MX	0.007%	0.008%	0.006%	0.007%	0.002%	0.005%
MEGACPO.MX	0.004%	0.002%	0.003%	0.000%	0.001%	0.002%
MEXCHEM.MX	0.011%	0.007%	0.003%	0.004%	0.002%	0.003%
PINFRA	0.008%	0.007%	0.006%	0.012%	0.003%	0.008%
RA.MX	0.006%	0.007%	0.005%	0.008%	0.003%	0.007%
WALMEX	0.004%	0.006%	0.004%	0.004%	0.003%	0.003%

Elaboración propia con datos de Yahoo Finanzas.

Matriz de varianzas-covarianzas 3.

	GAPB.MX	ASURB.MX	BIMBOA.MX	GCARSO.MX	GCC.MX	ELEKTRA.MX
ALFAA.MX	0.009%	0.006%	0.003%	0.010%	0.002%	0.008%
ALPEKA.MX	0.004%	0.004%	0.005%	0.004%	0.001%	0.003%
ALSEA.MX	0.006%	0.005%	0.005%	0.008%	0.002%	0.004%
AMXL.MX	0.004%	0.004%	0.004%	0.005%	0.001%	0.000%
AC.MX	0.005%	0.004%	0.007%	0.006%	0.001%	0.000%
BOLSAA.MX	0.002%	0.003%	0.003%	0.006%	0.000%	0.000%
CEMEXCPO.MX	0.006%	0.007%	0.006%	0.011%	0.003%	0.002%
LIVERPOL C1.MX	0.006%	0.007%	0.008%	0.009%	0.001%	0.001%
LABB.MX	0.004%	0.004%	0.005%	0.005%	0.004%	0.006%
GENTERA.MX	0.007%	0.005%	0.004%	0.010%	0.002%	0.003%
GRUMAB.MX	0.003%	0.004%	0.005%	0.004%	0.000%	0.000%
OMAB.MX	0.010%	0.010%	0.004%	0.005%	0.000%	0.002%
GAPB.MX	0.020%	0.011%	0.005%	0.006%	-0.001%	0.003%
ASURB.MX	0.011%	0.021%	0.005%	0.007%	0.000%	0.004%
BIMBOA.MX	0.005%	0.005%	0.022%	0.009%	0.001%	0.001%
GCARSO.MX	0.006%	0.007%	0.009%	0.031%	0.004%	0.003%
GCC.MX	-0.001%	0.000%	0.001%	0.004%	0.026%	-0.001%
ELEKTRA.MX	0.003%	0.004%	0.001%	0.003%	-0.001%	0.060%
GBNORTEO.MX	0.006%	0.006%	0.009%	0.011%	0.000%	0.001%
GFINBURO.MX	0.007%	0.006%	0.006%	0.013%	0.002%	0.002%
GMEXICOB.MX	0.004%	0.004%	0.006%	0.008%	-0.001%	-0.003%
TLEVISACPO.MX	0.002%	0.004%	0.004%	0.002%	0.000%	0.002%
PEÑOLES.MX	0.003%	0.003%	0.005%	0.006%	0.000%	0.002%
IENOVA	0.003%	0.003%	0.003%	0.002%	0.000%	0.001%
KIMBERA.MX	0.004%	0.004%	0.007%	0.007%	0.002%	0.000%
MEGACPO.MX	0.002%	0.002%	0.001%	0.002%	0.000%	0.002%
MEXCHEM.MX	0.003%	0.005%	0.004%	0.008%	0.001%	0.001%
PINFRA	0.006%	0.007%	0.006%	0.009%	0.003%	0.004%
RA.MX	0.005%	0.006%	0.007%	0.009%	0.002%	0.000%
WALMEX	0.004%	0.003%	0.004%	0.006%	0.000%	0.002%

Elaboración propia con datos de Yahoo Finanzas.

Matriz de varianzas-covarianzas 4.

	GBNORTEO. MX	GFINBURO. MX	GMEXICOB. MX	TLEVISACPO. MX	PEÑOLES. MX	IENOVA
ALFAA.MX	0.009%	0.016%	0.005%	0.002%	0.004%	0.004%
ALPEKA.MX	0.006%	0.005%	0.005%	-0.001%	0.005%	0.004%
ALSEA.MX	0.009%	0.007%	0.002%	0.003%	0.001%	0.004%
AMXL.MX	0.006%	0.007%	0.003%	0.005%	0.003%	0.002%
AC.MX	0.006%	0.006%	0.002%	0.003%	0.003%	0.003%
BOLSAA.MX	0.006%	0.006%	0.003%	0.001%	0.001%	0.003%
CEMEXCPO.MX	0.011%	0.012%	0.013%	0.007%	0.008%	0.004%
LIVERPOL C1.MX	0.010%	0.009%	0.003%	0.004%	0.007%	0.005%
LABB.MX	0.005%	0.009%	0.004%	0.002%	0.003%	0.002%
GENTERA.MX	0.009%	0.013%	0.002%	0.001%	0.006%	0.003%
GRUMAB.MX	0.004%	0.004%	0.001%	0.000%	0.002%	0.001%
OMAB.MX	0.007%	0.006%	0.003%	0.003%	0.000%	0.004%
GAPB.MX	0.006%	0.007%	0.004%	0.002%	0.003%	0.003%
ASURB.MX	0.006%	0.006%	0.004%	0.004%	0.003%	0.003%
BIMBOA.MX	0.009%	0.006%	0.006%	0.004%	0.005%	0.003%
GCARSO.MX	0.011%	0.013%	0.008%	0.002%	0.006%	0.002%
GCC.MX	0.000%	0.002%	-0.001%	0.000%	0.000%	0.000%
ELEKTRA.MX	0.001%	0.002%	-0.003%	0.002%	0.002%	0.001%
GBNORTEO.MX	0.028%	0.009%	0.004%	0.004%	0.005%	0.005%
GFINBURO.MX	0.009%	0.034%	0.005%	0.004%	0.007%	0.004%
GMEXICOB.MX	0.004%	0.005%	0.030%	0.003%	0.010%	0.001%
TLEVISACPO.MX	0.004%	0.004%	0.003%	0.024%	0.002%	0.000%
PEÑOLES.MX	0.005%	0.007%	0.010%	0.002%	0.062%	0.002%
IENOVA	0.005%	0.004%	0.001%	0.000%	0.002%	0.016%
KIMBERA.MX	0.008%	0.008%	0.001%	0.001%	0.003%	0.003%
MEGACPO.MX	0.002%	0.003%	0.002%	0.001%	0.002%	0.002%
MEXCHEM.MX	0.008%	0.008%	0.007%	0.003%	0.003%	0.002%
PINFRA	0.008%	0.010%	0.004%	0.002%	0.004%	0.004%
RA.MX	0.010%	0.007%	0.005%	0.003%	0.002%	0.004%
WALMEX	0.007%	0.006%	0.004%	0.002%	0.004%	0.002%

Elaboración propia con datos de Yahoo Finanzas.

Matriz de varianzas-covarianzas 5.

	KIMBERA.MX	MEGACPO.MX	MEXCHEM.MX	PINFRA	RA.MX	WALMEX
ALFAA.MX	0.005%	0.004%	0.008%	0.013%	0.008%	0.006%
ALPEKA.MX	0.003%	0.002%	0.004%	0.006%	0.004%	0.003%
ALSEA.MX	0.008%	0.002%	0.005%	0.008%	0.007%	0.006%
AMXL.MX	0.003%	0.001%	0.006%	0.004%	0.003%	0.003%
AC.MX	0.003%	0.002%	0.003%	0.005%	0.003%	0.003%
BOLSAA.MX	0.003%	0.001%	0.003%	0.005%	0.004%	0.003%
CEMEXCPO.MX	0.007%	0.004%	0.011%	0.008%	0.006%	0.004%
LIVERPOL C1.MX	0.008%	0.002%	0.007%	0.007%	0.007%	0.006%
LABB.MX	0.006%	0.003%	0.003%	0.006%	0.005%	0.004%
GENTERA.MX	0.007%	0.000%	0.004%	0.012%	0.008%	0.004%
GRUMAB.MX	0.002%	0.001%	0.002%	0.003%	0.003%	0.003%
OMAB.MX	0.005%	0.002%	0.003%	0.008%	0.007%	0.003%
GAPB.MX	0.004%	0.002%	0.003%	0.006%	0.005%	0.004%
ASURB.MX	0.004%	0.002%	0.005%	0.007%	0.006%	0.003%
BIMBOA.MX	0.007%	0.001%	0.004%	0.006%	0.007%	0.004%
GCARSO.MX	0.007%	0.002%	0.008%	0.009%	0.009%	0.006%
GCC.MX	0.002%	0.000%	0.001%	0.003%	0.002%	0.000%
ELEKTRA.MX	0.000%	0.002%	0.001%	0.004%	0.000%	0.002%
GBNORTEO.MX	0.008%	0.002%	0.008%	0.008%	0.010%	0.007%
GFINBURO.MX	0.008%	0.003%	0.008%	0.010%	0.007%	0.006%
GMEXICOB.MX	0.001%	0.002%	0.007%	0.004%	0.005%	0.004%
TLEVISACPO.MX	0.001%	0.001%	0.003%	0.002%	0.003%	0.002%
PEÑOLES.MX	0.003%	0.002%	0.003%	0.004%	0.002%	0.004%
IENOVA	0.003%	0.002%	0.002%	0.004%	0.004%	0.002%
KIMBERA.MX	0.023%	0.002%	0.004%	0.005%	0.005%	0.004%
MEGACPO.MX	0.002%	0.016%	0.001%	0.001%	0.000%	0.002%
MEXCHEM.MX	0.004%	0.001%	0.023%	0.005%	0.005%	0.005%
PINFRA	0.005%	0.001%	0.005%	0.021%	0.007%	0.005%
RA.MX	0.005%	0.000%	0.005%	0.007%	0.025%	0.003%
WALMEX	0.004%	0.002%	0.005%	0.005%	0.003%	0.020%

Elaboración propia con datos de Yahoo Finanzas