



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MÉXICO**

---



**Unidad Académica Profesional de Cuautitlán Izcalli**

***“ESTRATEGIA DE COBERTURA CONTRA LA  
VOLATILIDAD DE LOS PRECIOS INTERNACIONALES DE  
LA MEZCLA MEXICANA DE PETRÓLEO Y SU IMPACTO EN  
LOS INGRESOS DE LA FEDERACIÓN. PERIODO 2015 – 2016”***

**T E S I N A**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN ACTUARÍA**

**PRESENTA:**

**CARLOS FERNANDO AGUILERA ANAYA**

**ASESOR:**

**MTRO. EN FINANZAS ROBERT HERNÁNDEZ MARTÍNEZ**

**Cuautitlán Izcalli, Estado de México; Diciembre, 2016.**

# Índice General

Abstract .....	3
Introducción .....	4
Capítulo I .- Antecedentes para comprender la importancia del petróleo para las Finanzas Públicas en México .....	8
Finanzas Públicas .....	9
Petróleo .....	10
Fondo Mexicano de Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo .....	11
¿Qué es el FMPED? .....	11
Funciones principales que tiene el comité técnico .....	12
¿Qué es la renta petrolera? .....	12
¿A dónde irán los recursos de la renta petrolera que corresponden al Estado? .....	13
Fondo de Estabilización de los Ingresos Petroleros (FEIP) .....	15
Ley de Ingresos de la Federación .....	16
Capítulo II .- Marco conceptual o teórico .....	19
Cobertura .....	20
Riesgo .....	21
Volatilidad .....	23
Derivados financieros .....	25
Contratos de Opciones .....	30
Derechos y Obligaciones de Opciones .....	37
Straddle (cono) .....	38
Strangle (cuna) .....	39
Spread (diferencial) .....	41
Túnel .....	42
Butterfly (mariposa) .....	44
Tipo de Opciones .....	45
Prima de la Opción .....	46

Contrato de Cobertura .....	47
Funciones de las Coberturas.....	48
¿Qué es la cobertura del Petróleo?.....	48
¿Por qué se hacen las coberturas petroleras? .....	49
¿Cómo se hacen las coberturas petroleras? .....	49
Capítulo III .- Diseño de Investigación .....	51
Planteamiento del problema de investigación .....	52
Objetivos de la investigación .....	52
Marco teórico y/o conceptual.....	53
Preguntas de Investigación.....	53
Justificación de la investigación .....	54
Viabilidad de la Investigación .....	54
Capítulo IV .- Propuesta de Estrategia de Cobertura contra el riesgo de volatilidad del precio de la mezcla mexicana de petróleo .....	56
Modelo de Black & Scholes .....	57
Antecedentes .....	57
Las distribuciones de probabilidad .....	59
Propiedad Log-Normal en el precio de las acciones. ....	59
Distribución de la tasa de retorno .....	62
Volatilidad .....	63
Estimación de la volatilidad de los datos históricos .....	64
Supuestos subyacentes al modelo Black & Scholes .....	65
Fórmulas de precios Black-Scholes .....	66
Capítulo V .- Resultados y conclusiones sobre la estrategia propuesta.....	70
Resultados .....	71
Conclusiones .....	76
VII.- Índice de Gráficas.....	84

## Abstract

Oil prices have fallen impressively to levels never seen before, that is why this investigation has to do with an oil prices hedging strategy for the 2015-2016 period, by dealing with “Put” selling options as a mean of insurance against volatility of Mexican oil mix barrel international price, in order to protect income of the Federation, avoiding putting at stake public finances.

The aim of this work is to make a presentation of the hedging strategy without excessive mathematical formalism, but with enough analysis for a decision-making process, in an scenario of volatility of the oil prices; a valuation model of financial derivatives is applied on the basis of Black-Scholes-Merton formula, and getting some conclusions from this strategy.

## Introducción

El precio internacional del petróleo siempre ha sido un tema central en la economía mundial. Su expectativa de precio futuro es tan importante, que define el presupuesto anual de muchas naciones, aunado a que el precio del petróleo es difícil de pronosticar.

Respecto a la mezcla mexicana, en los últimos meses ha tenido bajas significativas y la volatilidad que presenta aumenta el riesgo de no recibir los ingresos esperados por su exportación; por esto, la presente investigación tiene como objetivo proponer una estrategia que consiste en implementar una cobertura financiera contra el riesgo de volatilidad de los precios internacionales de la mezcla mexicana de petróleo; y a su vez, poder mitigar el impacto económico adverso que provocaría en el Presupuesto de Ingresos de la Federación; de tal modo que no afecte los ingresos nacionales, debido a que una tercera parte del presupuesto federal depende del petróleo.

Por lo tanto, esta investigación busca implementar una estrategia de cobertura financiera que proteja el precio del petróleo (y consecuentemente, los ingresos que se perciben por su venta); ya que en los últimos meses se ha experimentado una baja significativa y la volatilidad que presenta dicho evento implica un gran riesgo para los ingresos de la Federación.

La estrategia propuesta será adquiriendo contratos de Opciones de venta tipo Put<sup>1</sup> que funcionarán como una cobertura y actuarán como un seguro para afianzar el precio internacional de la mezcla mexicana; “blindando” el ingreso por concepto de

---

<sup>1</sup> Las Opciones de venta tipo Put son contratos financieros sobre activos subyacentes que explicaremos en el Capítulo II: Marco conceptual o teórico.

la venta del barril de petróleo en caso de volatilidad futura - una baja o un aumento en el precio - dicha cobertura protegerá los ingresos de la Federación y evitará poner en riesgo las finanzas públicas.

Es de suma importancia implementar estrategias de cobertura contra el riesgo de volatilidad del precio de la mezcla mexicana, porque el desplome en los precios del petróleo pueden provocar recortes en el gasto público, lo que pone en riesgo los recursos para rubros administrativos y las participaciones que reciben las entidades federativas y municipios.

Dado que este trabajo se centrará en el precio de la mezcla mexicana y la volatilidad que ha presentado en los últimos años, resulta fundamental dar cuenta de la importancia que conlleva este fenómeno para el Fondo Mexicano del Petróleo. Como hemos mencionado con anterioridad, el escenario que hoy en día presenta el precio del petróleo alcanza niveles extremos nunca antes vistos; por lo que se analizarán las causas y efectos que puedan influir en el presupuesto de la Federación.

Se presentarán las características y variables que comprenden la estrategia de cobertura con Opciones, analizando el impacto que pueda generar al momento en que se implemente.

El análisis se desarrollará a lo largo de cinco capítulos: Antecedentes para comprender la importancia del petróleo para las Finanzas Públicas en México; marco conceptual o teórico; diseño de la investigación; propuesta de estrategia de cobertura contra el riesgo de volatilidad del precio de la mezcla mexicana de petróleo; resultados y conclusiones de la estrategia propuesta. La sucesión de los

capítulos sigue un orden que parte de lo general a lo particular de nuestro objeto de estudio.

Con este propósito, en el Capítulo I se presentarán los Antecedentes para comprender la importancia del petróleo para las Finanzas Públicas en México; ya que será el punto de partida para conocer el origen y aplicación de los ingresos de PEMEX, entidad encargada de administrar, monitorear los recursos económicos y la encargada de elaborar estrategias cuando el precio del barril va a la baja; de igual forma revisaremos las leyes que regulan la actividad energética y las finanzas públicas.

En el Capítulo II, Marco conceptual o teórico, se explicará el contexto de la investigación como son algunos conceptos que serán de utilidad para una mejor comprensión del tema de investigación.

En el Capítulo III, Diseño de la investigación, se puntualizará la importancia del problema, planteamiento del problema de investigación, objetivo, justificación, preguntas del problema de investigación, viabilidad del problema, recolección de datos; y con estos parámetros, se diseñará la investigación.

El Capítulo IV, Propuesta de Estrategia de Cobertura contra el riesgo de volatilidad del precio de la mezcla mexicana de petróleo; se llevará a cabo la implementación de la propuesta de cobertura con Opciones, y se analizarán los probables eventos que se pronostiquen.

En el Capítulo V, Resultados y conclusiones sobre la estrategia propuesta, se analizarán a detalle los resultados que se obtengan de la propuesta de estrategia de cobertura contra la volatilidad del precio de petróleo; y se estimará el impacto que tendrá en los ingresos de la Federación para el ejercicio 2016.

# Capítulo I .- Antecedentes para comprender la importancia del petróleo para las Finanzas Públicas en México

El primer capítulo presenta de manera general los antecedentes necesarios para el análisis de la estrategia de cobertura contra la volatilidad de los precios del petróleo; es decir, aquellos elementos que debe conocer para comprender el tema, partiendo del concepto básico de qué son las Finanzas Públicas y el petróleo; así como conocer a qué entidad se destinan los ingresos de la exportación de la mezcla mexicana y la Ley que la regula.

## Finanzas Públicas

Puesto que la presente investigación involucra de manera importante a las Finanzas Públicas, resulta conveniente comenzar por recordar su significado porque ello permitirá ubicar los conceptos asociados a esta disciplina que se utilizarán a lo largo de este estudio.

Las finanzas públicas **es el estudio sobre cómo se manejan los recursos financieros del Estado. Esto involucra cómo el Gobierno distribuye el gasto público, y cómo obtiene recursos a través de los impuestos. Específicamente, las finanzas públicas estudian y proponen herramientas para regular los ingresos públicos, el gasto público, los préstamos del gobierno; tanto internos como externos, y las tarifas de bienes y servicios de determinados productos.** (Economía, 2015).

En el ámbito de las finanzas públicas se consideran tres aspectos:

- 1.- La asignación eficiente de los recursos.
- 2.- La distribución de ingresos.
- 3.- La estabilización macroeconómica.

## Petróleo

Es la fuente de energía más importante en la actualidad; además es materia prima en numerosos procesos de la industria química. El origen del petróleo es similar al del carbón. En ambos casos, se hallan en las rocas sedimentarias, pero el petróleo procede de la descomposición de materia orgánica (especialmente restos de animales o grandes masas de plancton en un medio marino). Su explotación es un proceso costoso que sólo está al alcance de grandes empresas.

El petróleo es un recurso fósil que se emplea como energía primaria; sustituyó al carbón que era la fuente principal de energía a finales del siglo XIX. El porcentaje respecto del total de la energía primaria consumida, en un país industrializado, ha ido aumentando desde principios del siglo XX hasta hace pocos años. La crisis del petróleo, en 1973, motivada por la alarmante subida del precio del petróleo decretada por la OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo), ha estabilizado el consumo, consiguiendo incluso que varios países diversifiquen su dependencia energética y hagan descender las cifras de las importaciones de petróleo. (Jiménez, Gómez, Fuentes, & Sánchez, 2015).

Para su exportación, en México se preparan tres variedades de petróleo crudo<sup>2</sup>:

- Maya.
- Olmeca.
- Istmo.

---

<sup>2</sup> Entre los tres conforman la "mezcla mexicana" aunque en realidad sólo es un decir (nunca mezclan los tres tipos de petróleo).

## Fondo Mexicano de Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo

Con la promulgación de la reforma energética de 2013, las empresas privadas podrán participar en las actividades de exploración y explotación de petróleo y gas, anteriormente solamente Petróleos Mexicanos (Pemex) podía participar en estas actividades. Después de la reforma, Pemex seguirá teniendo una participación importante, como parte de la reforma constitucional, se creó el Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo (FMP).

### ¿Qué es el FMPED?

El Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo (FMPED, 2016) es aquél que va a recibir, administrar y distribuir los ingresos derivados de las asignaciones y contratos de exploración y extracción de hidrocarburos. El Fondo además administrará los aspectos financieros de dichos contratos; es decir, aquellos relacionados con el cálculo y pago de las contraprestaciones para el Estado y los contratistas. El Fondo transferirá los recursos que reciba al Presupuesto de Egresos de la Federación y a los demás fondos de estabilización y especiales conforme a las disposiciones aplicables y acumulará, con los recursos excedentes, una reserva de ahorro de largo plazo. Con estas tareas el Fondo contribuirá a la estabilización y el desarrollo de la Nación, en beneficio de todos los mexicanos, tanto de las generaciones presentes como futuras.

El FMPED es un fideicomiso del Banco de México en el que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público es el fideicomitente. Para el ejercicio de sus funciones, el Fondo está supervisado por su Comité Técnico.

El comité técnico del Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo está conformado por tres representantes del Estado y cuatro miembros independientes<sup>3</sup>. Los representantes del Estado son los titulares de las siguientes dependencias:

- Secretaría de Hacienda y Crédito Público, quien presidirá el Comité.
- Secretaría de Energía.
- Banco de México.

### **Funciones principales que tiene el comité técnico**

- Determina la política de inversiones y la estrategia de administración de riesgos para los recursos de ahorro de largo plazo.
- En caso de que el ahorro de largo plazo del Fondo sea igual o mayor al 3% del PIB, hace recomendaciones a la Cámara de Diputados sobre cómo destinar los recursos excedentes.
- Aprueba los estados financieros del Fondo.
- Da las instrucciones para que se realicen las transferencias a la Tesorería de la Federación.

### **¿Qué es la renta petrolera?**

El propósito del Fondo (FMPED, 2016), es administrar los recursos provenientes de la renta petrolera que es la diferencia entre el precio de venta del petróleo (y otros hidrocarburos asociados) menos su costo de extracción. Por ejemplo, si un barril de petróleo se vende en 60 dólares, pero el costo de extracción para la empresa

---

<sup>3</sup> Los cuatro miembros independientes serán nombrados por el Titular del Ejecutivo Federal con la aprobación de las dos terceras partes de los miembros presentes de la Cámara de Senadores.

petrolera fue de 20 dólares, entonces la renta petrolera es de 40 dólares por cada barril extraído.

Para que el Estado Mexicano pueda aprovechar eficientemente las reservas de hidrocarburos y así maximizar la renta petrolera de la Nación, es necesario extraer el petróleo del subsuelo al menor costo posible. Con la reforma energética, la competencia y la innovación tecnológica derivadas de la participación de múltiples empresas en la industria se traducirán en costos reducidos en la extracción de los hidrocarburos. Además, se aumentará la inversión en el sector lo cual permitirá aumentar la producción total y de esta forma el Estado Mexicano percibirá una mayor renta petrolera.

## ¿A dónde irán los recursos de la renta petrolera que corresponden al Estado?

Una vez que el Fondo obtenga la parte de la renta petrolera que le corresponde al Estado, utilizará los recursos para dos fines (FMPED, 2016):

a) Una parte de los recursos se transferirá al Gobierno para ayudarlo a cubrir sus gastos:

Cada año el Fondo hará transferencias ordinarias a diversos fondos de estabilización y sectoriales y al presupuesto federal hasta que los ingresos petroleros (incluyendo el Impuesto sobre la Renta petrolero) alcancen el 4.7% del PIB. Así, se garantiza la estabilidad de las finanzas públicas de la Nación y se podrán seguir financiando programas sociales, infraestructura, educación, seguridad y servicios de salud. El orden de prelación entre los distintos fondos está establecido en la Constitución.

b) La otra parte se quedará en el ahorro de largo plazo del Fondo.

Una vez cubiertas las transferencias ordinarias se empezará a contribuir a la Reserva del Fondo (ahorro de largo plazo). Cuando el ahorro de largo plazo alcance un nivel equivalente a 3% del PIB, los ingresos adicionales se podrán destinar a rubros concretos de gasto e inversión. De esta forma, se podrán financiar proyectos de infraestructura, ciencia, tecnología e innovación, así como becas para educación universitaria y de posgrado. No se podrán utilizar estos recursos en gasto corriente de la administración pública, tales como sueldos o en prestaciones de los servidores públicos. Además, al menos el 40% de los recursos adicionales se seguirán destinando al ahorro de largo plazo.

Cuando el ahorro de largo plazo alcance un nivel de 10% del PIB, los rendimientos financieros reales serán transferidos a la Tesorería de la Federación.

En caso de una reducción significativa en los ingresos públicos, asociada a una caída en el PIB, a una disminución pronunciada en el precio del petróleo o a una caída en la plataforma de producción de petróleo, y una vez que se hayan agotado los recursos en el Fondo de Estabilización de los Ingresos Petroleros, la Cámara de Diputados podrá aprobar la integración de recursos de ahorro público de largo plazo al Presupuesto de Egresos de la Federación. Sabemos que hoy en día los precios del petróleo han estado disminuyendo de forma significativa por lo cual dicha investigación aportará una sólida estrategia aplicando una cobertura contra el riesgo de volatilidad que está presentando el precio del petróleo y a su vez poder contrarrestar el impacto que va teniendo este ejercicio en los ingresos de la federación.

## Fondo de Estabilización de los Ingresos Petroleros (FEIP)

Fondo de Estabilización de los Ingresos Presupuestarios, de acuerdo con las Reglas de Operación que son publicadas por el Diario Oficial de la Federación (SHCP, 2015), tienen por objeto regular las operaciones presupuestarias por medio de las cuales se realicen aportaciones al citado Fondo; el manejo e inversión de los recursos del mismo, así como su aplicación, control y destino, lo anterior sin perjuicio de las demás disposiciones aplicables en la materia.

De acuerdo a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, para poder regular las operaciones presupuestarias por medio de las cuales se realicen aportaciones al fondo, el manejo e inversión de los recursos depositados en el mismo, así como su aplicación y destino, existen reglas para su manejo, principalmente supervisadas por el Secretario de Hacienda y Crédito Público, en las que se establece que esta Secretaría es la encargada de administrar los recursos aportados al fondo. Para coadyuvar con la administración, operación o funcionamiento de dicho fondo se pueden crear grupos de trabajo que cumplan las siguientes características:

- Los integrantes de estos grupos pueden o no ser miembros del comité, y sus nombramientos son de carácter formal y honorífico.
- Un servidor público de la Secretaría es el coordinador de cada grupo, seguido de un secretario encargado de llevar a cabo las minutas correspondientes.
- Todas las actividades realizadas en los grupos se le harán saber al Comité.

La finalidad del Fondo es aminorar el efecto sobre las finanzas públicas y la economía nacional cuando ocurran disminuciones de los ingresos del Gobierno Federal, esto sucede si el precio ponderado de barril de petróleo crudo mexicano y de otros hidrocarburos baja, o bien puede ser por movimientos del tipo de cambio

del peso frente al dólar, con respecto a los estimados en la Ley de Ingresos de la Federación del ejercicio fiscal de que se trate, para propiciar condiciones que permitan cubrir el gasto previsto en el Presupuesto de Egresos de la Federación correspondiente.

## Ley de Ingresos de la Federación

De acuerdo con la Dirección General del Centro de Documentación, Información y Análisis (Cámara de Diputados, 2015), la Ley de Ingresos de la Federación es aquella que establece la obligación de todos los mexicanos de contribuir anualmente a los ingresos del Gobierno Federal, estatal y municipal donde residan, de manera proporcional y equitativa, deberán recaudarse por concepto de impuestos, derechos, productos, aprovechamientos, emisión de bonos, préstamos, etcétera; que serán destinados a cubrir los gastos públicos en las cantidades estimadas en la misma.

Algunas de las características que podemos atribuirle a la Ley de Ingresos, son las siguientes:

- Anualidad: tiene vigencia durante un año fiscal, que corresponde al año calendario.
- Precisión: en virtud de que cualquier impuesto y recaudación que no esté claramente establecida en dicha ley no podrá ser recaudado.
- Previsibilidad: ya que establece las cantidades estimadas que por cada concepto habrá de obtener la hacienda pública.
- Especialidad: en razón de que dicha ley contiene un catálogo de rubros por obtener en el año de su vigencia.

Para que el Estado desarrolle y ejecute adecuadamente sus actividades necesita obtener un monto dado de recursos financieros por lo que elabora un presupuesto de ingresos con una proyección a corto plazo la cual denominan Ley de Ingresos.

Este documento presupuestario ofrece información valiosa para identificar las prioridades gubernamentales, las razones y justificaciones de política pública, y es una importante herramienta de transparencia y rendición de cuentas, el documento contiene únicamente montos estimados por impuesto y por rubro, correspondientes a lo que recauda el gobierno federal, estatal y/o municipal pero no especifica las cuotas, los sujetos del impuesto, la manera de cobrarse, etcétera; sino que estos aspectos están contenidos en las leyes específicas.

## Petroleros

<b>Ingresos Petroleros Mexicanos 2012 - 2016.</b>	
<b>Año</b>	<b>Ingresos Petroleros (Millones de pesos)</b>
2012	\$ 428,870.5
2013	\$ 478,430.2
2014	\$ 462,357.7
2015	\$ 439,706.9
2016	\$ 398,392.9

Gráfica 1.- Ingresos Petroleros Mexicanos 2012-2016<sup>4</sup>.

Con objeto de analizar la volatilidad que presenta el precio internacional de la mezcla mexicana en el periodo 2015-2016; en el gráfico (1) se observan los ingresos anuales de los últimos cuatro años que ha tenido la exportación del petróleo; a partir

<sup>4</sup> La Gráfica 1, es elaboración propia, los ingresos petroleros fueron tomados de la Ley de Ingresos de la Federación, de su respectivo periodo que son publicados en el Diario Oficial de la Federación.

del año 2013 se ha presentado un declive significativo que se mantiene hasta la actualidad; por lo que se requiere una estrategia de cobertura que permita blindar los precios de la mezcla mexicana contra la volatilidad que hoy en día se está presentando y así poder asegurar los ingresos de la federación.

## Capítulo II .- Marco conceptual o teórico

En este capítulo se conocerán de manera general los conceptos técnicos que fundamentan la estrategia de cobertura contra la volatilidad de los precios del petróleo; es decir, partiendo del concepto básico de cobertura, qué es el riesgo, qué es la volatilidad; conocer los derivados financieros y cómo se celebran los contratos de Opciones, en qué consisten sus derechos y obligaciones, conocer algunas estrategias de Opciones; y por último, conocer el funcionamiento de las coberturas.

## Cobertura

Este concepto es la base para entender el objetivo de la investigación, ya que sustenta la estrategia que se implementará para la protección contra la volatilidad del precio de la mezcla mexicana de petróleo. A continuación presentaremos diversas definiciones del término cobertura:

- Es la realización de una actividad financiera para reducir o eliminar las probables pérdidas que pueden causar las inversiones financieras. Se trata de un proceso habitual para muchos inversionistas, pero también es útil en muchas empresas que pretenden cubrir sus riesgos de un modo u otro. (BBVA, 2015).
- Podemos definir la cobertura como la protección económica y el compromiso aceptado por la asegurada en virtud del cual se hace cargo hasta el límite estipulado, de las consecuencias económicas derivadas de la realización del riesgo amparado. (Ideal, 2016).
- La cobertura puede definirse como ***"Una técnica financiera que intenta reducir el riesgo de pérdida debido a movimientos desfavorables de precios en materia de tipos de interés, o tipos de cambio, y que consiste en tomar una posición a plazo que sea equivalente u opuesta a otra"***

***posición existente o anticipada sobre el mercado al contado.***" (Izquierdo, 1996); es decir, las operaciones de cobertura vienen dadas por el deseo de reducir o eliminar el riesgo que se deriva de la fluctuación del precio del activo subyacente.

La cobertura es más efectiva cuanto más correlacionados estén los cambios de precios de los activos objeto de cobertura y los cambios de los precios de los futuros. De esta manera, la pérdida en un mercado viene compensada total o parcialmente por el beneficio en el otro mercado, siempre y cuando se hayan tomado posiciones opuestas.

## Riesgo

Cuando hacemos la contratación de algún producto de derivados esto implica, para las partes del contrato, asumir los riesgos financieros correspondientes al producto.

Cabe destacar lo riesgoso que es adquirir algún derivado financiero; ya que son productos sofisticados que, cuando no son utilizados en cobertura y/o si además no se domina y controlan de forma adecuada en su gestión, pueden reportar pérdidas inesperadas importantes debido al alto grado de apalancamiento financiero que suelen tener.

El riesgo para cualquier ámbito se puede definir en términos generales como la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. Los factores que lo componen son la amenaza y la vulnerabilidad, pero en esta investigación definimos el riesgo como **“La posibilidad de que ocurra un evento que se traduzca en pérdidas para los participantes en los mercados financieros, como pueden ser inversionistas, deudores o entidades**

**financieras. El riesgo es producto de la incertidumbre que existe sobre el valor de los activos financieros, ante movimientos adversos de los factores que determinan su precio; a mayor incertidumbre mayor riesgo.”** (Banco de México, 2015).

El impacto se mide en frecuencia (cuántas veces ocurre el evento en un periodo) y severidad (de qué magnitud es la pérdida potencial). Toda actividad, por simple que sea, implica un riesgo.

El riesgo de mercado tiene la posibilidad de incurrir en pérdidas como las variaciones en el valor de la operación. El valor de las operaciones depende fundamentalmente de las cotizaciones de los activos subyacentes<sup>5</sup> en cada operación y éstas presentan la evolución de los mercados financieros. Este riesgo se mide mediante la estimación del valor en riesgo (Value at Risk)<sup>6</sup> que es la pérdida potencial en el valor de la cartera.

En la variación del valor de los productos derivados influyen, principalmente, los siguientes tipos de riesgos de mercado (Alonso, 2014):

- **Riesgo de precio:** Es producido por las variaciones en los precios del activo subyacente<sup>7</sup> que pueden afectar negativamente al valor de un instrumento financiero o a una cartera.

---

<sup>5</sup> Disponible en <http://www.mexder.com.mx/wb3/wb/MEX/glosario> ; bien o índice de referencia, objeto de un Contrato de Futuro o de un Contrato de Opción, concertado en la Bolsa de Derivados.

<sup>6</sup> En matemáticas financieras, el valor en riesgo (abreviado VaR a partir de su expresión en inglés, Value at Risk) es una medida ampliamente utilizada del riesgo de mercado en una cartera de inversiones de activos financieros.

<sup>7</sup> Se denomina activo subyacente al activo financiero (acciones, bonos, índice bursátil o de activos financieros) que es objeto de un contrato normalizado de los negociados en el mercado.

- Riesgo de volatilidad: Por la sensibilidad del valor de la cartera a los cambios en la volatilidad<sup>8</sup> de los factores de riesgo.
- Riesgo de correlación: Este riesgo está ligado a la relación existente entre los factores de riesgo<sup>9</sup>.
- Riesgo de liquidez: Se produce cuando, por condiciones de los mercados financieros, no es posible deshacer o cerrar una posición de riesgo sin impactar en el precio de mercado o en el costo de la transacción.

## Volatilidad

La volatilidad la define (Puig, 2015) como “**la variabilidad de la rentabilidad de una acción respecto a su media en un periodo de tiempo determinado**”. De manera general es una variable crítica en los mercados de Opciones; describiendo la volatilidad estadísticamente, es una medida de dispersión del activo subyacente que toma en cuenta las variaciones de los precios; es una variable que se mide normalmente como la desviación estándar y se expresa en porcentaje, es una herramienta de análisis.

Se dice que un valor es volátil cuando su precio cambia bruscamente, ya sea a la alza o a la baja, de un periodo a otro. Los incrementos de la volatilidad producen aumentos en las primas de las Opciones.

---

<sup>8</sup> La **volatilidad** es una medida de la frecuencia e intensidad de los cambios del precio de un activo o de un tipo definido como la desviación estándar de dicho cambio en un horizonte temporal específico.

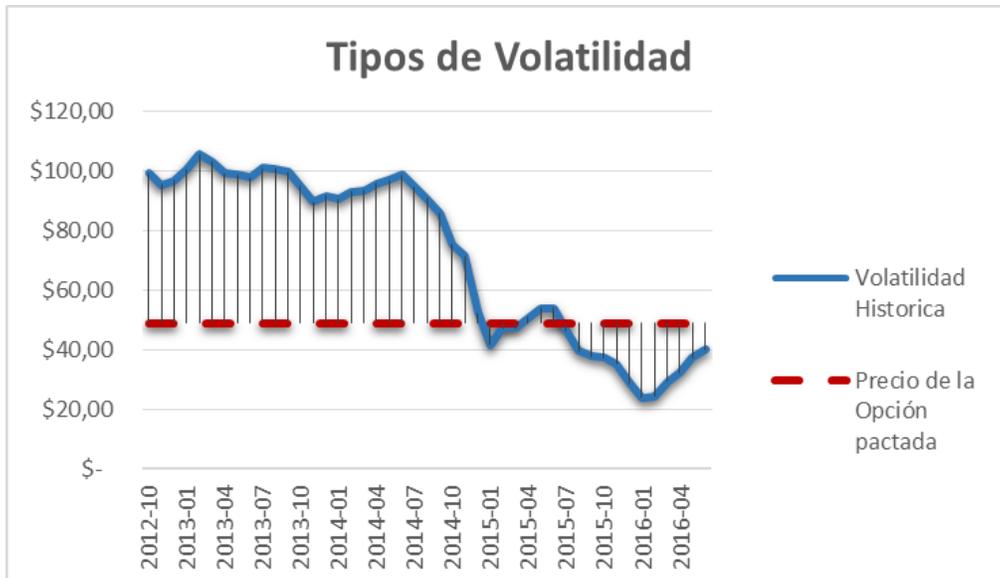
<sup>9</sup> Se consideran factores de Riesgo de una inversión: Tamaño del mercado, Valor esperado en unidades físicas de producto, Precios de venta, Tasa de crecimiento del mercado, participación en el mercado, Coste de inversión, Inversión Total, Vida útil ( horizonte temporal), Valor residual, Costes de Explotación, Coste variable unitario y Costes fijos.

En los mercados financieros, es un indicador que permite al inversionista saber si se encuentra ante una acción que registra movimientos bruscos en su cotización; los inversionistas buscan la mayor rentabilidad posible con el menor riesgo, que viene determinado por la volatilidad.

Para entender un poco mejor las variaciones de un activo subyacente, existen dos tipos de volatilidad:

- **Volatilidad Histórica:** La volatilidad histórica se basa en el estudio de los precios históricos del activo subyacente; si se toman periodos de tiempo largos se podrá analizar y generar un promedio, mientras que los periodos cortos revelan extremos inusuales de volatilidad, por lo tanto entre más datos históricos se tengan, mejor será el análisis. Un contrato sobre acciones que sea volátil día a día será igualmente volátil semana a semana y mes a mes, este comportamiento no siempre se cumple en Opciones sobre productos ya que estos presentan estacionalidad en la volatilidad.
- **Volatilidad Implícita:** A diferencia de la volatilidad histórica que está asociada a un contrato subyacente, la volatilidad implícita se asocia con una Opción. La volatilidad implícita se verá reflejada en el precio de las Opciones, es decir, en su prima.

La volatilidad implícita será aquella que nos dé un precio teórico igual al precio de la Opción en el mercado, y sabemos que el mercado está en continuo cambio ya que los precios de las Opciones como las condiciones del mercado están en continuo movimiento. Mientras la demanda y la oferta se realizan, el precio de mercado de una Opción representará el equilibrio entre estas dos posiciones, este equilibrio se puede traducir en volatilidad implícita.



Gráfica 2.- Tipos de volatilidad en base a los precios de la mezcla mexicana de petróleo<sup>10</sup>.

En el gráfico (2) se observa los tipos de volatilidad histórica e implícita que presenta nuestro objeto de estudio el precio internacional de la mezcla mexicana de petróleo, más adelante se explicará de forma detallada esta variable que permitirá justificar el porqué de esta investigación.

## Derivados financieros

Dentro del mundo financiero, encontramos diversos instrumentos de inversión que denominamos derivados; (Forex, 2015) se define como **“derivado financiero o instrumento derivado a todos aquellos productos financieros cuyo valor se basa en el precio de otro activo. Es decir que los derivados financieros son instrumentos cuyo precio o valor no viene determinado de forma directa sino**

<sup>10</sup> Gráfico 2 es elaboración propia, todos los datos fueron tomados de la Secretaría de Economía, que monitorea y da seguimiento al precio internacional de la mezcla mexicana de petróleo el Servicio Geológico Mexicano.

**que dependen del precio de otro activo al cual denominamos activo subyacente”.**

Es primordial conocer que es el mercado de derivados, es a través de las partes que celebran contratos con instrumentos cuyo valor depende o es contingente del valor de otros activos, denominados activos subyacentes.

La función principal del mercado de derivados es brindar instrumentos financieros de inversión y cobertura que fomenten una adecuada administración de riesgos. Dentro de los activos subyacentes más populares encontramos las acciones de las bolsas de valores, las divisas, los índices bursátiles, los valores de renta fija, las materias primas, los bonos y las tasas de interés.

El mercado de derivados se divide en:

- **Mercado bursátil:** es aquél en el que las transacciones se realizan en una bolsa reconocida. En México la bolsa de derivados se denomina: Mercado Mexicano de Derivados (MexDer). Actualmente MexDer opera contratos de Futuro y de Opción sobre los siguientes activos financieros: dólar, euro, bonos, acciones, índices y tasas de interés.
- **Mercado extrabursátil:** es aquél en el cual se pactan las operaciones directamente entre compradores y vendedores, sin que exista una contraparte central que disminuya el riesgo de crédito.

Los derivados financieros cuentan con las siguientes características generales como son:

- Requieren de una inversión inicial muy pequeña en comparación con otros tipos de contratos, permite al inversionista tener mayores ganancias así como pérdidas más elevadas si la operación no se desarrolla como creía.
- El valor de los derivados cambia en respuesta a los cambios en la cotización del activo subyacente.
- Se pueden negociar tanto en mercados organizados como en las bolsas de valores o en mercados no organizados o también denominados OTC<sup>11</sup>.
- Como todo contrato, los derivados se liquidan en una fecha futura.

Podemos clasificar a los derivados financieros en base a distintos parámetros. Los más comunes son los siguientes:

#### 1.- Derivados de acuerdo al tipo de contrato.

- Opciones: Contrato estandarizado, en el cual el comprador, paga una prima y adquiere el derecho pero no la obligación, de comprar (Call) o vender (Put) un activo subyacente a un precio pactado en una fecha futura. El vendedor está obligado a cumplir el compromiso del contrato (MexDer, 2015).

---

<sup>11</sup> Los mercados (OTC) llamado over the counter o no organizado en castellano es utilizado en la actualidad por muchas instituciones financieras para cubrir riesgos sobre tasas de interés o sobre rentabilidad en sus productos como por ejemplo fondos de inversión.

- **Forwards:** Un forward es un contrato entre dos partes, mediante el cual se adquiere un compromiso para intercambiar algo a futuro, a un precio que se determina por anticipado (MexDer, 2015).
- **Swaps:** Es un instrumento derivado que permite el intercambio de flujos (por ejemplo; tasa fija por variable) o posiciones en distintos vencimientos y/o divisas (MexDer, 2015).
- **Futuros:** Son instrumentos que permiten fijar hoy el precio de compra y/o venta de un “bien” (por ejemplo; un dólar, una acción, etc.) para ser pagados y entregados en una fecha futura. Al ser productos “estandarizados” en tamaño de contrato, fecha de vencimiento, forma de liquidación y negociación, hace posible que sean listados en una Bolsa de Derivados (MexDer, 2015).

## 2.- Derivados según el lugar donde se contratan y negocian.

- **Derivados contratados en mercados organizados:** En este caso los contratos son estandarizados sobre activos subyacentes que se hayan autorizado previamente. Además tanto los precios en ejercicio como los vencimientos de los contratos son iguales para todos los participantes. Las operaciones son efectuadas en una bolsa o centro regulado y organizado, un ejemplo es la Bolsa de Chicago en Estados Unidos, donde se negocian derivados y contratos de Futuros.
- **Derivados contratados en mercados no organizados o Extrabursátiles:** Estos son derivados cuyos contratos y especificaciones son confeccionados a la medida de las partes intervinientes que contratan el instrumento

derivado. En estos mercados no hay estandarización y las partes suelen fijar las condiciones que más les favorezcan.

### 3.- Derivados según el activo subyacente involucrado.

- **Derivados financieros:** Son aquellos contratos que emplean activos financieros como son acciones, divisas, bonos y tasas de interés.
- **Derivados no financieros:** En esta categoría se incluyen a las materias primas o productos como activos subyacentes que corren desde los productos agrícolas como el maíz y la soja, hasta el ganado, también los productos energéticos como el petróleo y gas, y los metales preciosos como el oro y la plata.

### 4.- Derivados según la finalidad.

- **Derivados de cobertura:** Estos derivados son utilizados como herramienta para la disminución de riesgos. En este caso se coloca una posición opuesta en un mercado de futuros en contra del activo subyacente del derivado.
- **Derivados de arbitraje:** Estos derivados son utilizados para tomar ventajas de la diferencia de precios entre dos o más mercados. Por medio del arbitraje los participantes en el mercado pueden conseguir una ganancia prácticamente libre de riesgo. Las utilidades se generan debido a la diferencia de precios del mercado.
- **Derivados de negociación:** Estos derivados se negocian con el fin de obtener ganancias mediante la especulación del precio del activo subyacente involucrado en el contrato.

## Contratos de Opciones

Una Opción, de acuerdo con (MexDer, 2015), es un contrato entre dos partes por el cual una de ellas, denominado comprador adquiere el derecho, pero no la obligación, a comprar o vender una cantidad determinada de activos llamados “subyacentes” como acciones, un futuro o divisas, a un precio predeterminado llamado “Precio de Ejercicio” o Strike, antes de una fecha concreta denominada “fecha de vencimiento”. Dicho comprador de la Opción tendrá que pagar una prima al vendedor, la otra parte, por el derecho adquirido.

Cuando adquirimos una Opción quizá sea el mejor instrumento para cubrir cualquier riesgo sobre el precio del Activo Subyacente. Con la Opción de manera de cobertura, lo que estamos haciendo es traspasando el riesgo de pérdida a un tercero, mientras conservamos en nuestro poder la posibilidad de seguir obteniendo beneficios, en caso de una evolución favorable en el precio del activo subyacente.

Por ejemplo, al adquirir una Opción de compra su tenedor se cubre contra futuras bajadas que sufre el precio del activo subyacente, mientras que conserva la posibilidad de obtener futuros beneficios derivados de las futuras subidas en el precio del activo subyacente. Podemos imaginar a la Opción como una Póliza de Seguro. Pagamos una prima a cambio de cubrir un riesgo, si el evento productor del riesgo no se materializa, continuaríamos disfrutando del bien asegurado, perdiendo únicamente la prima pagada.

Existen dos clases de Opciones:

- Contrato de **Opción de compra** (Opción Call).
- Contrato de **Opción de venta** (Opción Put).

En términos generales entenderemos que las Opciones son productos derivados que otorgan un derecho al que las compra y una obligación a quien las vende, y en consecuencia los últimos son los que cobran la prima. El precio de ejercicio o strike de una Opción es el que pacten comprador y vendedor en el momento inicial. Cuanto más bajo sea en las Call, más cara será la Opción mientras que esto ocurrirá en las Put cuanto más alto sea el strike fijado.

Las Opciones se pueden negociar en un mercado organizado o en mercados no organizados.

**Una Call otorga el derecho a comprar un activo** subyacente (activo sobre el que está denominado la Opción) durante un periodo de tiempo hasta una fecha futura a un precio de ejercicio (strike) preestablecido. Por dicho derecho habrá que pagar una prima al vendedor o emisor de la Opción quien adquiere la obligación a vender el activo al precio de ejercicio si el comprador de la Opción opta por ejercer dicho derecho. El comprador de la Opción ejercerá su derecho cuando el precio de mercado del activo subyacente en el momento de la posible toma de decisión se encuentre por encima del precio de ejercicio de la Opción. Con ello conseguiría materializar un beneficio neto si la diferencia obtenida entre el precio de ejercicio fuese superior a la prima pagada (Mesa, 2009).

**Un Put es el derecho a vender un activo** subyacente durante un periodo de tiempo hasta una fecha futura a un precio de ejercicio (strike) preestablecido. Por dicho derecho habrá que pagar una prima al vendedor o emisor de la Opción quien adquiere la obligación de comprar el activo al precio de ejercicio si el comprador de la Opción optara por ejercer dicho derecho; es decir, vender. El comprador de la Opción ejercerá ese derecho cuando el precio de mercado del activo subyacente en el momento de la posible toma de decisión se encuentre por debajo del precio de ejercicio de la Opción. Con ello conseguirá materializar un resultado positivo si la diferencia obtenida entre el precio de ejercicio y precio de mercado fuese superior a la prima pagada (Mesa, 2009).

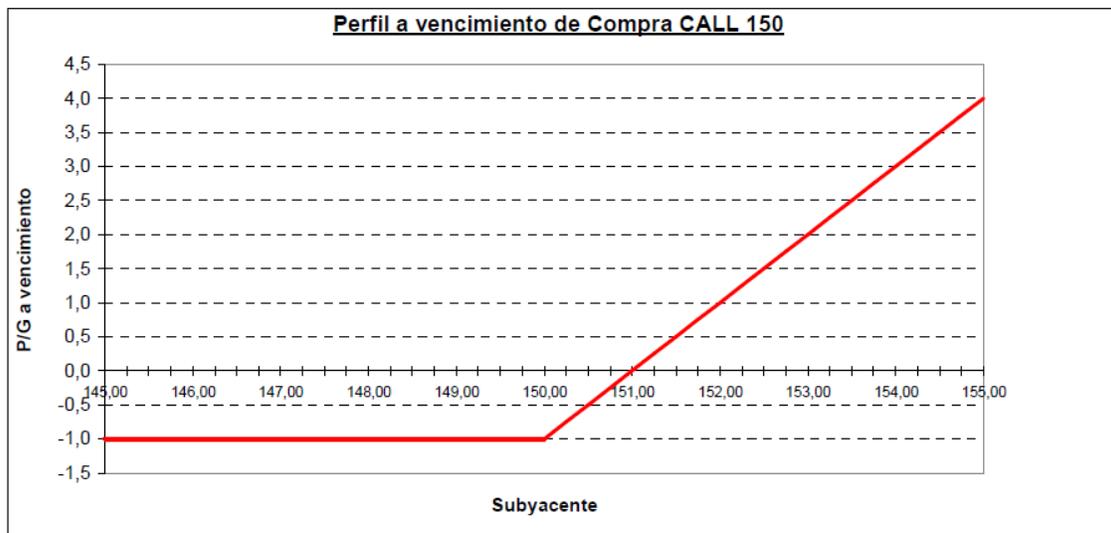
Ya que tenemos por entendido los contratos de Opciones en un panorama general, a continuación analizaremos cuatro estrategias básicas en Opciones (comprar y vender acciones Call y Put), estudiando:

- El tipo de **riesgo** que se asume: analizaremos si existen riesgos limitados o ilimitados ante los posibles movimientos del precio del activo subyacente.
- Las **expectativas** implícitas: podremos analizar si la estrategia implica unas expectativas a la alza o a la baja del precio del activo subyacente. Considerando además, como se verá en detalle, que las Opciones incorporan el factor de volatilidad del precio del activo subyacente como una variable fundamental. También se definirá qué tipo de expectativas de volatilidad incorpora la estrategia.
- El potencial de **beneficios**: definiremos el carácter limitado o ilimitado que estos puedan tener en cada estrategia.

- El punto de **break-even**: definiremos a partir de qué precio del activo subyacente, considerando el valor de la Opción, esta no genera pérdidas ni ganancias.

A continuación para ejemplificar lo anterior utilizaremos Opciones con strikes de 150 y con un precio de prima de 1. Gráficamente, representamos los posibles resultados de la estrategia al vencimiento para precios del activo subyacente.

### Compra de Call

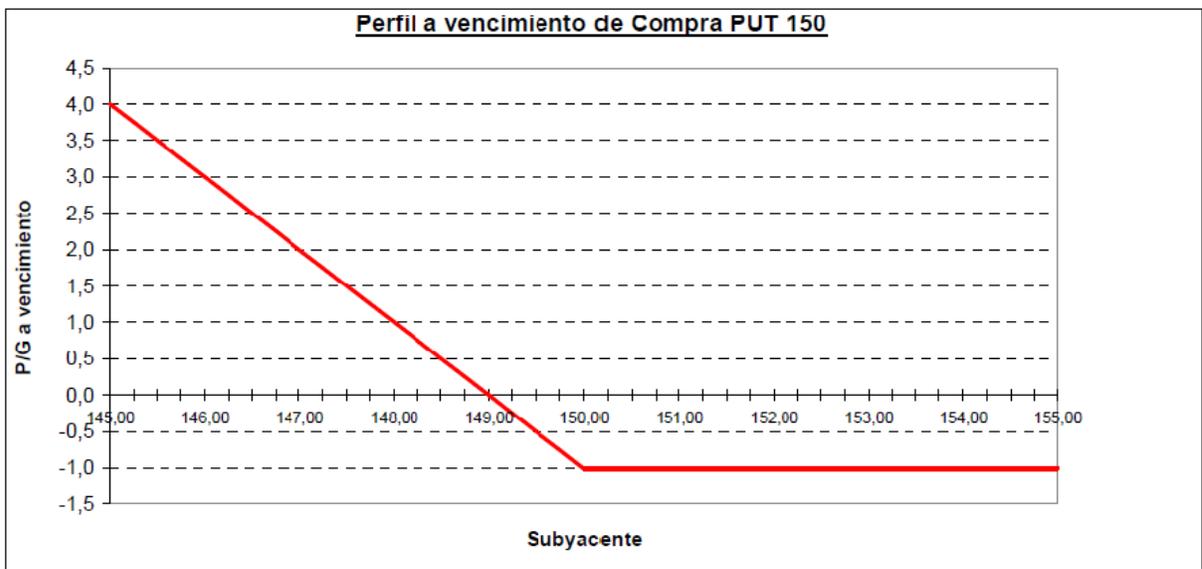


Gráfica 3- Opción Call (compra).

<b>Riesgo</b>	Limitado
<b>Beneficios</b>	Potencialmente ilimitados
<b>Expectativas: subyacente</b>	Alcista
<b>Expectativas: volatilidad</b>	Alcista
<b>Break-even</b>	Precio de ejercicio + prima

La compra de la Opción Call tiene un riesgo limitado que viene representado por la inversión que se hace al pagar la prima de la Opción que será lo máximo que se perdería. Por el contrario, si el precio del activo subyacente subiese de tal forma que compensara el valor de la prima, se generarían beneficios netos que serían tanto mayores cuanto más subiera el precio del activo subyacente. El beneficio, por lo tanto, se da ante subidas del precio y que compensen el valor de la prima pagada. El punto en el que no se gana ni pierde justamente viene dado por el precio de ejercicio de la Call más el costo de la prima.

### Compra de Put

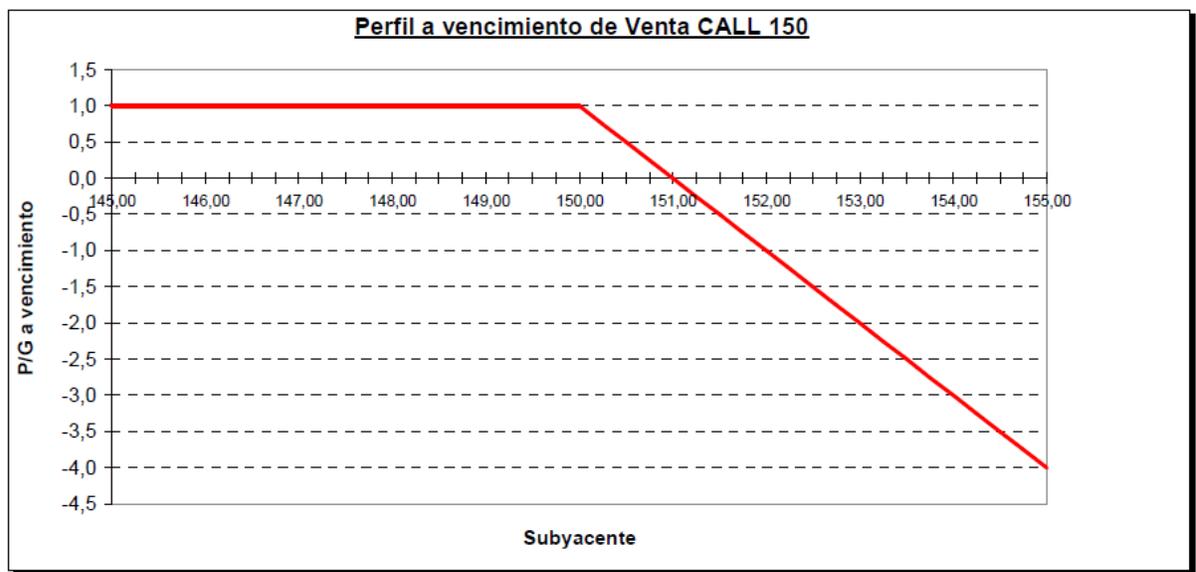


Gráfica 4- Opción Put (compra).

<b>Riesgo</b>	Limitado
<b>Beneficios</b>	Potencialmente ilimitado
<b>Expectativas: subyacente</b>	Bajista
<b>Expectativas: volatilidad</b>	Alcistas
<b>Break-even</b>	Precio de ejercicio - Prima

La compra de la Opción Put tiene un riesgo limitado que viene representado por la inversión que se hace al pagar la prima de la Opción que será lo máximo que se perdería. Por el contrario, si el precio del activo subyacente bajase de tal forma que compensara el valor de la prima, se generarían beneficios netos que serían tanto mayores cuanto más bajara el precio del activo subyacente. El beneficio, por tanto, se da ante bajadas del precio del activo subyacente y que compensen el valor de la prima pagada. El punto en el que no se gana ni se pierde justamente viene dado por el precio de ejercicio de la Call menos el costo de la prima.

### **Venta de Call**

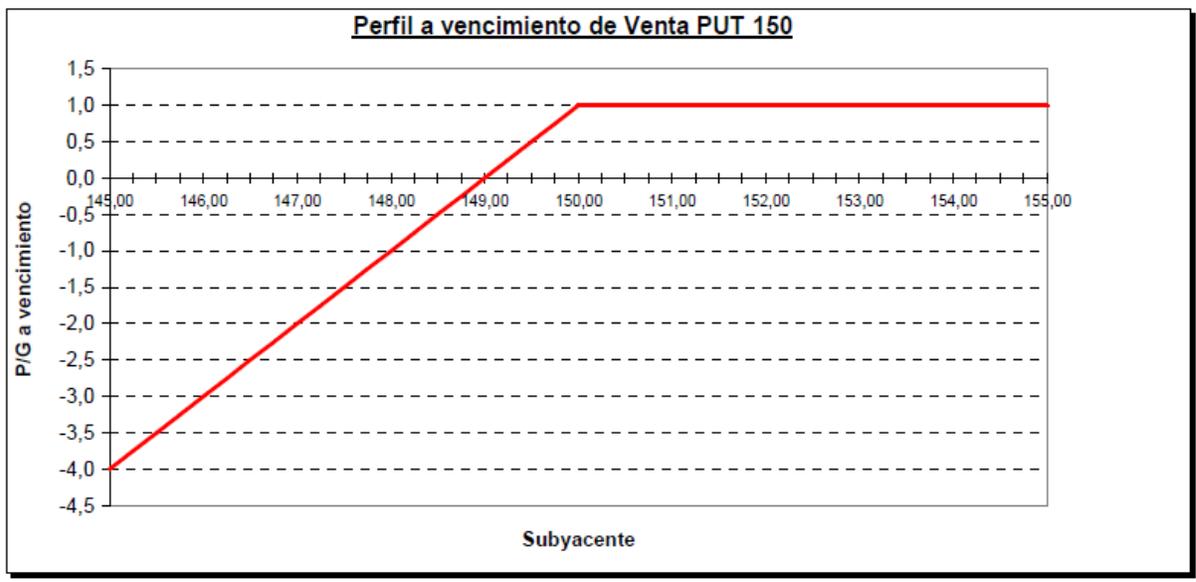


Gráfica 5- Opción Call (venta).

<b>Riesgo</b>	Ilimitado
<b>Beneficios</b>	Potencialmente limitados
<b>Expectativas: subyacente</b>	Bajista
<b>Expectativas: volatilidad</b>	Bajista
<b>Break-even</b>	Precio de ejercicio + prima

La venta de la Opción Call tiene un riesgo ilimitado ya que si el precio del activo subyacente sube al vencimiento por encima del strike, el comprador de la Opción ejercería, de tal forma que nos generaría pérdidas netas que serían tanto mayores cuanto más subiera el precio del activo subyacente. Estaríamos obligados a vender el activo al strike, que en ese caso, sería inferior al precio del activo en mercado. Es decir venderíamos el activo a un precio inferior al de mercado. Por el contrario, si el precio del activo subyacente cayese por debajo del strike, el comprador de la Opción no nos ejercería y en términos netos, nuestro resultado sería la prima cobrada inicialmente. Por esto, el beneficio se daría ante bajadas del precio del activo subyacente y sería limitado.

### Venta de Put



Gráfica 6-Opción Put (venta).

<b>Riesgo</b>	Ilimitado
<b>Beneficios</b>	Potencialmente limitados
<b>Expectativas: subyacente</b>	Alcistas
<b>Expectativas: volatilidad</b>	Bajistas
<b>Break-even</b>	Precio de ejercicio-Prima

La venta de la Opción Put tiene un riesgo ilimitado ya que si el precio del activo subyacente cae al vencimiento por debajo del strike, el comprador de la Opción ejercería, de tal forma que nos generaría pérdidas netas que serían tanto mayores cuanto más cayese el precio del activo subyacente. Estaríamos obligados a comprar el activo al strike que en ese caso, sería superior al precio del activo en mercado. Es decir compraríamos el activo a un precio superior al del mercado. Por el contrario, si el precio del activo subyacente subiese por encima del strike, el comprador de la Opción no nos ejercería y en términos netos, nuestro resultado sería la prima cobrada inicialmente. Por esto, el beneficio se daría ante subidas del precio del activo subyacente y sería limitado.

## Derechos y Obligaciones de Opciones

	Call	Put
COMPRADOR (paga la prima)	Derecho a comprar	Derecho a vender
VENDEDOR (recibe la prima)	Obligación de vender	Obligación de comprar

Además de estas estrategias simples (Call, Put), las Opciones ofrecen al inversionista de las mismas, un amplio abanico de posibilidades más elaboradas o complejas, esto es si es capaz de anticipar correctamente los potenciales movimientos de los precios o la volatilidad que pueda presentarse del activo subyacente.

Las estrategias posibles son prácticamente ilimitadas, dependiendo sólo de la mayor o menor aversión al riesgo del inversionista y de su imaginación, dado que las posibles combinaciones son enormes y al echar mano de ellas comúnmente se

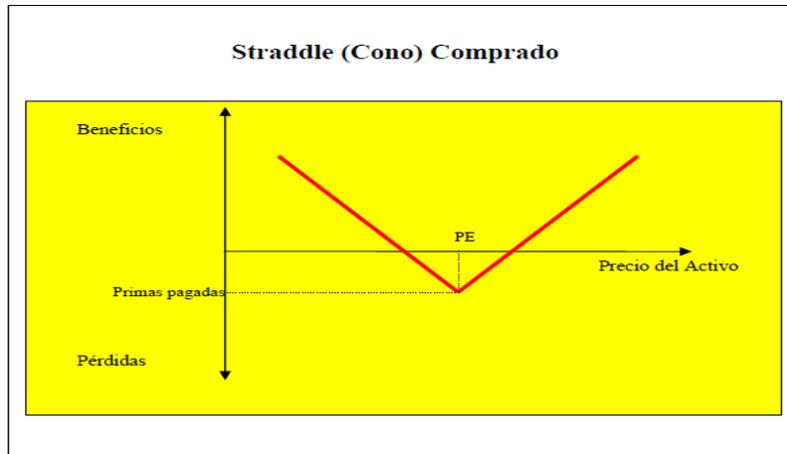
le denomina estrategia o modelo exótico (auténtico). Sólo examinaremos y dando un panorama general de algunas a modo de ejemplo para que podamos comprender sus mecanismos y fines.

Estas estrategias complejas reciben nombres curiosos en función de la figura que se dibuja en los gráficos de cotización. Así nos encontramos con estrategias llamadas: *straddle* (cono), *strangle* (cuna), *spread* (diferencial), túnel, *butterfly* (mariposa), (Arrollo, 2015). A continuación analizamos cada una de ellas:

### **Straddle (cono)**

Si creemos, que tras un cierto tiempo de una cierta estabilidad en las cotizaciones del mercado bursátil, éstas van a sufrir una variación sin que sepamos a ciencia cierta hacia donde se va a dirigir, ya sea hacia el alza o a la baja, podríamos elaborar una estrategia con Opciones financieras, dirigida a conseguir el máximo beneficio en caso de una fuerte subida o bajada de las cotizaciones, a cambio de poder perder la prima pagada por la compra de las dos Opciones, si las cotizaciones mantienen una cierta estabilidad.

Esta estrategia, denominada straddle comprado (cono comprado) se construiría a base de comprar un “*Call*” y un “*Put*”, sobre el mismo precio de ejercicio, lo más cercano posible al precio del mercado en ese momento.



*Gráfica 7- Estrategia por la Opción del tipo Straddle (cono).*

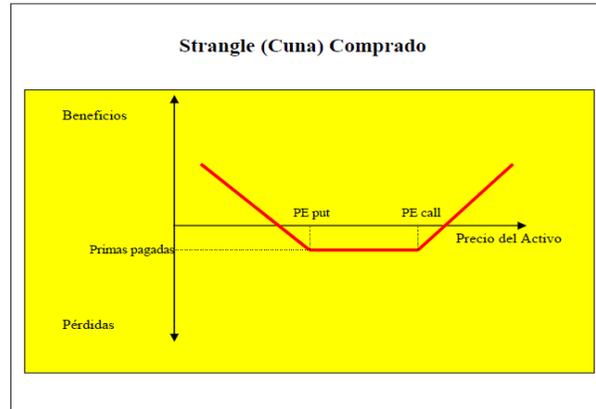
Al igual que hemos construido la presente estrategia, dado que presentíamos fuertes oscilaciones en el mercado, podemos construir una totalmente opuesta, si opinamos que las cotizaciones de mercado van a permanecer relativamente estables.

La misma se denomina straddle vendido (cono vendido) y se formaría vendiendo una “*Put*” y un “*Call*” con el mismo precio de ejercicio, lo más cercano posible a la cotización actual del activo subyacente, por lo que de permanecer el mercado estable ganaríamos las primas cobradas, mientras que incurriríamos en fuertes pérdidas si el mercado se decanta por fuertes ascensos o descensos.

## **Strangle (cuna)**

Esta estrategia es similar a la estrategia mantenida con un straddle (cono). Al igual que antes usted cree que se van a producir grandes movimientos en el precio del activo subyacente pero no sabe si será un fuerte ascenso o un fuerte descenso del precio; sin embargo, ahora quiere reducir las pérdidas generadas en el caso de que el precio del subyacente no variase en gran medida, para ello compra una *Put* y una *Call* con la misma fecha de vencimiento, que se encuentre “out of the money” en consecuencia, serán más baratas que las compradas para construir el straddle y

con distintos precios de ejercicio, en particular el precio de ejercicio del *Put* será menor que el *Call*. Esta estrategia se denomina “strangle (cuna) comprado” y sus resultados quedan reflejados en la siguiente figura.



Gráfica 8- Estrategia por la Opción del tipo Strangle (cuna).

Al hacer la comparación de esta estrategia con la del cono comprado podemos observar como la variación en el precio del activo subyacente que se ha de producir para obtener beneficios, ha de ser mayor cuando construimos una Strangle (cuna), que se ha de producir cuando construimos un Straddle (cono). Sin embargo, la pérdida que obtendríamos cuando el precio del subyacente no varíe es menor con una Strangle (cuna).

Además, vemos como el resultado de esta estrategia depende de la diferencia entre los precios de ejercicio de las Opciones, así cuanto más alejados se encuentren menor será la pérdida y mayores variaciones en los precios del subyacente serán necesarias para conseguir beneficios.

Por otro lado, en la posición como inversionista cree que es poco probable que se produzcan grandes movimientos en el precio del activo subyacente pero, ahora, quiere aumentar el intervalo de precios del activo subyacente en el que obtiene beneficios, entonces, puede construir la estrategia inversa a la anterior conocida

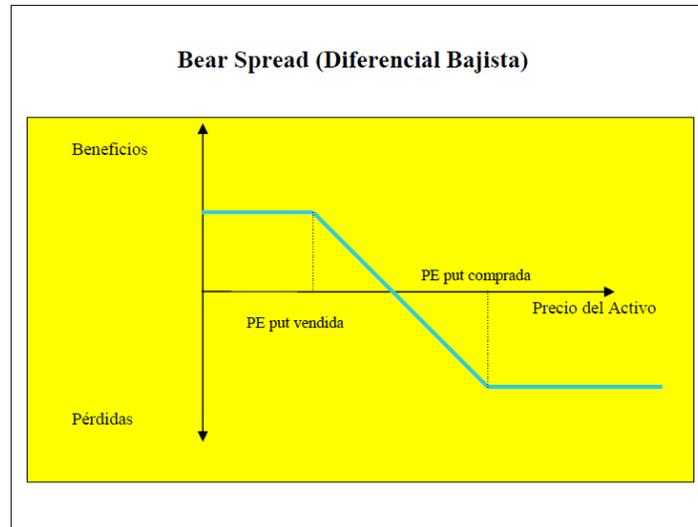
como “strangle (cuna) vendida”, para ello vende una *Put* y una *Call* con la misma fecha de vencimiento pero con un precio de ejercicio menor para la *Put*.

## **Spread (diferencial)**

Si creemos que el mercado se irá decantando hacia posiciones levemente a la baja, con pequeñas oscilaciones, pero siempre hacia abajo, podríamos montar una estrategia denominada bear spread (diferencial bajista), para intentar conseguir el máximo de beneficios de la coyuntura del mercado. Los beneficios que podemos obtener son limitados a cambio de limitar también nuestras pérdidas.

La estrategia sería montada bien con base a vender una “*Put*” con precio de ejercicio menor que la actual cotización del subyacente y comprar una “*Put*” con precio de ejercicio mayor que el actual precio del activo subyacente, o bien comprando una *Call* con precio de ejercicio mayor que el actual precio del activo subyacente y vendiendo una *Call* con un precio de ejercicio inferior a la cotización actual del activo subyacente. A través de esta estrategia también estamos financiando parte de la prima pagada con la prima cobrada.

El siguiente gráfico muestra la representación de los resultados obtenidos con esta estrategia para el caso de la compra/venta simultánea de Opciones de venta.



Gráfica 9- Estrategia por la Opción del tipo Bear Spread (diferencial bajista).

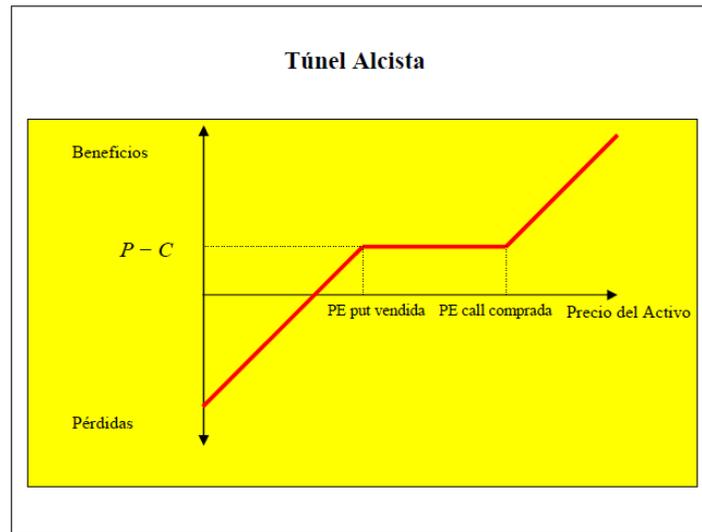
Como en la estrategia anterior se podría construir una estrategia totalmente inversa, bien comprando un “Call” con un precio de ejercicio más bajo, que otro “Call” de precio de ejercicio superior que venderíamos, o bien comprando un “Put” con un precio de ejercicio inferior al precio de ejercicio del “Put” que venderíamos. Esta estrategia se denomina bull spread (diferencial alcista) y la adoptaríamos en caso de que nuestra visión del mercado fuera ligeramente a la alza.

## Túnel

Si usted cree que el mercado en un futuro tenga posiciones a la alza con mayor probabilidad que hacia posiciones a la baja; es decir, creemos que la volatilidad del mercado puede hacer que los precios se muevan en las dos direcciones aunque asignamos una mayor probabilidad a los movimientos a la alza.

Podemos crear una estrategia denominada “túnel alcista” en el cual consistiría en la compra de una “Call” con un precio de ejercicio superior al precio actual del activo subyacente y la venta de una “Put” con un precio de ejercicio de inferior a la cotización actual del activo subyacente.

El siguiente gráfico muestra los resultados de esta estrategia para el caso en el que la prima recibida por la *Put* vendida sea superior a la prima pagada por la *Call* comprada.



Gráfica 10- Estrategia por la Opción del tipo Túnel Alcista.

Como vemos la posición del área plana del gráfico está en función de la diferencia entre el precio de la *Put* y el precio de la *Call*. Esta área plana nos ofrece cierta protección frente a bajadas en las cotizaciones del activo subyacente. Como vemos, en función de los precios de ejercicio, esta estrategia se puede construir con un desembolso inicial nulo y, normalmente, se lleva a cabo para la cobertura de posiciones compradoras.

Además, si nuestras expectativas son las inversas al caso anterior, es decir, si creemos que el mercado se decantará hacia posiciones a la baja con mayor probabilidad que hacia posiciones a la alza, podríamos crear la estrategia opuesta, denominada "túnel bajista", para ello compramos una *Put* con un precio de ejercicio inferior al precio actual del activo subyacente y vendemos una *Call* con un precio de

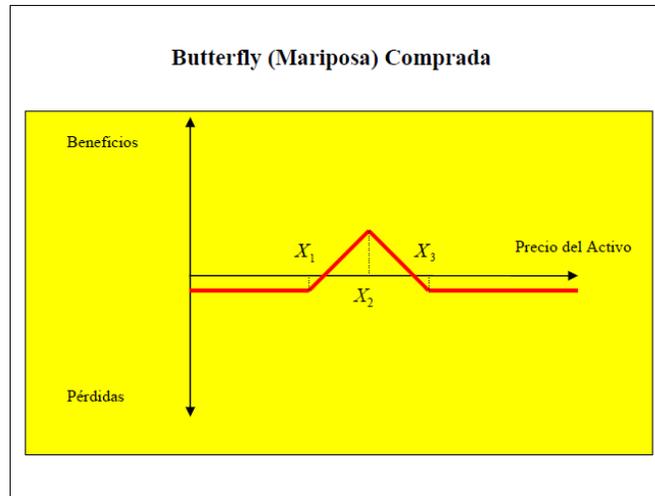
ejercicio superior a la cotización actual del activo subyacente. Al igual que en el caso anterior y en función de los precios de ejercicio de las Opciones, esta estrategia se podría construir con un desembolso inicial nulo y, en este caso, se suele utilizar para la cobertura de posiciones vendedoras.

### **Butterfly (mariposa)**

Si usted cree muy improbable que se produzcan grandes movimientos en las cotizaciones del activo subyacente en cualesquiera de las direcciones, podría construir una estrategia que le garantizase un resultado positivo, si, efectivamente, el precio del activo subyacente permanece relativamente estable y pequeñas pérdidas en caso de que se produjesen cambios importantes en el precio del activo subyacente. Dicha estrategia que, como vemos, nos garantiza un menor riesgo, se conoce con el nombre de “butterfly (mariposa) comprada” y se construye tomando posiciones en Opciones con tres precios de ejercicio diferentes.

En particular, se puede crear comprando una *Call* con un precio de ejercicio relativamente bajo  $X_1$ , comprando otra *Call* con un precio de ejercicio relativamente alto,  $X_3$  y vendiendo dos *Calls* con un precio de ejercicio que sea igual al valor medio de los precios de ejercicio anteriores,  $X_2 = 0.5 \times (X_1 + X_3)$ .

Por otro lado, esta estrategia se puede construir igualmente utilizando Opciones de venta, en este caso debemos comprar una *Put* con un precio de ejercicio relativamente bajo, comprar otra *Put* con un precio de ejercicio relativamente alto y vender dos *Puts* con un precio de ejercicio que sea igual al valor medio de los precios de ejercicios anteriores. Los resultados de esta estrategia quedan reflejados en la siguiente figura.



Gráfica 11- Estrategia por la Opción del tipo Butterfly (mariposa).

Por el contrario, si usted cree más probable que se produzcan importantes movimientos en el precio del activo subyacente en cualquier dirección, podría construir una estrategia que le asegurase un resultado positivo si, efectivamente, el precio del activo subyacente experimenta una gran variación de cualquier signo y una pequeña pérdida en el caso menos probable en el que el precio del subyacente permanezca relativamente estable. Esta estrategia se denomina “BUTTERFLY (MARIPOSA) VENDIDA” y se construye de forma inversa a la anterior, es decir, vendiendo las Opciones con precios de ejercicio  $X_1$  y  $X_3$ , mientras que compramos dos Opciones con precio de ejercicio  $X_2 = 0.5 \times (X_1 + X_3)$ .

## Tipo de Opciones

- **Europeas:** La Opción no se ejerce hasta el día de expiración (también llamado de Rescate en estos casos), éstas serán de principal estudio en este trabajo.
- **Americanas:** La Opción puede ejercerse en cualquier momento hasta la fecha de Vencimiento.

- **Basket Options:** Son Opciones sobre una canasta (un conjunto) de activos.

Si bien las anteriores son las más conocidas, con base en variaciones, surgieron otros tipos de Opciones (asiáticas, Bermuda, arcoíris, con barrera, etc.) presentan cambios en las formalidades del contrato, fechas de ejecución, tipos de subyacentes entre otros.

## Prima de la Opción

La prima es el precio que el comprador de la Opción paga al vendedor de la misma por tener el derecho de comprar (Opciones Call) o vender (Opciones Put) el activo subyacente en el futuro al precio de ejercicio.

El comprador de la Opción paga la prima y el vendedor de la Opción la cobra, debido a la diferencia de obligaciones y derechos. La parte compradora tiene el derecho, pero no la obligación, de comprar o vender, y la parte vendedora tiene obligación de comprar o vender al precio fijado, sea o no beneficioso para él.

Sin embargo, la determinación o estimación que el comprador de Opciones o el vendedor de Opciones (demandantes de Opciones y oferentes) hacen del precio al que están dispuestos a comprar o vender depende fundamentalmente de cinco factores que son (precio de la acción, precio de ejercicio, tiempo de vencimiento, volatilidad y la tasa de interés), básicamente estos componentes son fundamentales ya que forman parte del Modelo de Black & Scholes, dicho modelo se analizará y aplicará más adelante.

## Contrato de Cobertura

La función económica importante de los mercados de futuros es la cobertura. Por medio de la cobertura se compran y venden contratos de futuros para contrarrestar los riesgos de cambios adversos en los precios en el mercado físico. Este mecanismo de transferencia del riesgo ha hecho de los contratos de futuros elementos indispensables para las compañías e Instituciones financieras en todo el mundo (FIRA, 2011).

Los compradores y vendedores de coberturas pueden ser individuos o compañías que son o tienen planes para ser dueños de un producto físico; y temen que el precio del producto pueda cambiar antes de que lo compren o lo vendan, ya que no se pueden evitar las diferentes fluctuaciones de los precios, en todos los sectores de la economía, por consiguiente todo el que busca protección contra cambios adversos en los precios del mercado, puede usar los mercados de futuros y/u Opciones como medio de cobertura.

Los mercados a futuro ofrecen una solución a las dificultades causadas por la volatilidad en los precios de las mercancías que se comercian en esos mercados permitiendo así a vendedores y compradores, asegurar un precio hasta por un período aproximado de un año y medio.

El punto clave es entender que una cobertura es una herramienta de cotización de precios, que puede ayudar a alcanzar los objetivos financieros establecidos para cada negocio. Puede verse entonces como una técnica que se utiliza para minimizar el riesgo de una pérdida financiera, cuando los movimientos en precios sean adversos.

## Funciones de las Coberturas

Las coberturas se adquieren porque proporcionan una protección contra movimientos no deseados o no esperados en las cotizaciones de los precios de activos subyacentes. Las coberturas pueden ayudar a cumplir varios propósitos; ejemplo:

- Neutralizar el efecto de altas y bajas en los precios.
- Proteger contra bajas de precios el valor de los inventarios.
- Ofrecer un medio para estabilizar los márgenes de ganancia.
- Dar flexibilidad de manejo; es decir, dar la ventaja de un mercado alternativo al cual acudir. Dicho mercado es el de futuros como alternativa al mercado.

## ¿Qué es la cobertura del Petróleo?

El petróleo lleva registrado un descenso en sus precios de venta; un país que quiera cubrir sus posibles ganancias, o presupuestos, podrá optar por blindar el precio de venta del petróleo, y para ello recurrirá a la cobertura petrolera.

La cobertura petrolera es un instrumento que sirve para garantizar los ingresos petroleros, con el fin de proteger las finanzas de un país en el futuro. Cubre las posibles volatilidades que puede sufrir el precio del crudo y los efectos que pueda tener en la economía; se pueden hacer con contratos de Opciones que mediante el pago de una prima otorga el derecho (pero no la obligación) de comprar o vender una cantidad de barriles de crudo a un precio y plazo pactados previamente.

Normalmente se estipula un precio de venta del petróleo, y si éste baja de esta cuantía, el país en cuestión recibirá la diferencia entre el precio estipulado con anterioridad y la venta del petróleo en ese momento.

Esta cobertura funciona como una Opción de derivados y se asemeja a un seguro, pues hay una prima, y el costo de esta prima se realiza con un número de operaciones en los mercados de derivados internacionales.

### **¿Por qué se hacen las coberturas petroleras?**

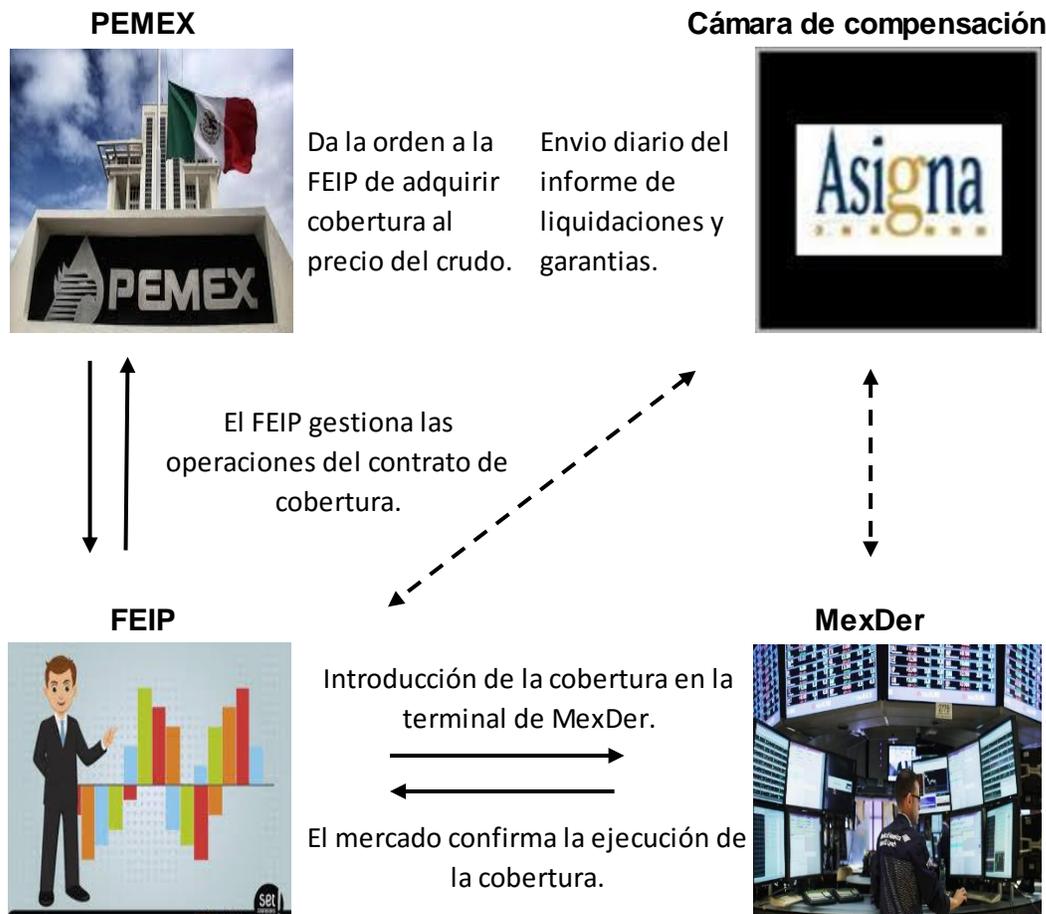
La finalidad de la compra de coberturas petroleras es que el vendedor de barriles de petróleo se asegura la venta de los mismos a un precio dado en un momento del tiempo. Si un país como México se quiere asegurar de vender el barril de petróleo a por ejemplo \$75 el barril dentro de tres meses, una manera de asegurarse ese precio es comprar coberturas petroleras que le aseguren poder vender el barril a ese precio, de manera que si en el mercado el precio del barril se encuentra por debajo de los \$75 el gobierno los venderá a ese precio y si está por encima no ejercerá la cobertura, ya que tiene el derecho pero no la obligación de ejercerla.

### **¿Cómo se hacen las coberturas petroleras?**

Las coberturas petroleras que adquirió el gobierno mexicano se hicieron vía compra de Opciones tipo Put. Las Opciones financieras tipo Put son un derivado financiero que permiten al comprador vender un determinado producto a un precio y plazos determinados. Las Opciones Put dan el derecho de vender un determinado activo pero no la obligación, de tal manera que ejerceremos la Opción en caso de que nos interese. Siguiendo el ejemplo anterior ejerceré la Opción si el precio del barril esta por ejemplo a \$73 ya que gano \$2 por barril vendiendo a ese precio, pero

no ejerceré la Opción si el precio de mercado está a \$77 porque perdería \$2 ejerciendo la Opción (la vendería a \$75 en lugar de \$77).

A continuación se representa en el grafico (12) un panorama general sobre el proceso que se tiene para adquirir una cobertura de protección contra la volatilidad del precio de la mezcla mexicana, con el fin de entender el funcionamiento de cada entidad involucrada en el sistema.



Gráfica 12.- Proceso para adquirir una cobertura por Opciones<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Elaboración propia del grafico (12), permite una mayor comprensión del proceso que se tiene para adquirir una protección sobre el precio del petróleo por medio de Opciones.

## Capítulo III .- Diseño de Investigación

## Planteamiento del problema de investigación

El precio internacional del petróleo siempre ha sido un tema central en la economía mundial. Que suba o que baje es tan importante, porque define el presupuesto anual de muchas naciones, considerando que el precio del petróleo es difícil de pronosticar.

En México, hoy en día es un tema muy importante el precio de la mezcla mexicana dado que en los últimos meses ha tenido bajas significativas y la volatilidad que presenta aumenta el riesgo; por esto, la presente investigación tiene como objetivo proponer una estrategia financiera que consiste en implementar una cobertura contra el riesgo de volatilidad de los precios internacionales de la mezcla mexicana de petróleo; y a su vez, poder contrarrestar el impacto que tuviera en el presupuesto de ingresos de la Federación, de tal modo que no afecte la economía nacional, debido a que una tercera parte del presupuesto federal depende del petróleo.

## Objetivos de la investigación

La estrategia propuesta en esta investigación consiste en adquirir contratos de Opciones que funcionen como una cobertura y actúen como un seguro del precio internacional de la mezcla mexicana ya que blindará el ingreso por concepto de la venta del barril de petróleo; en caso de volatilidad futura - una baja o un aumento en el precio - dicha cobertura tiene como fin proteger los ingresos de la Federación y no poner en riesgo las finanzas públicas.

## Marco teórico y/o conceptual

Como hemos mencionado anteriormente, el escenario que hoy en día presenta el precio del petróleo alcanza niveles extremos nunca antes vistos; es por eso que es de suma importancia esta investigación, ya que analizaremos sus efectos y obtendremos conclusiones sobre las afectaciones que pueden provocar en los ingresos de la Federación.

Para empezar presentaremos las características y variables que comprenden la estrategia de cobertura con Opciones, analizando el impacto que pueda generar al momento que se implemente.

## Preguntas de Investigación

Esta investigación está orientada a buscar respuestas que serán de mucha utilidad para las finanzas públicas, siendo las siguientes:

1. ¿Cuáles fueron los motivos principales que funcionan como causantes de la baja significativa de los precios de la mezcla mexicana?
2. ¿Es viable la estrategia de cobertura contra el riesgo de volatilidad del precio del petróleo y qué impacto tendrá en los ingresos de la federación para el año 2016?
3. ¿Cómo se comportan las finanzas públicas en México ante el severo impacto que está presentando la baja del precio del petróleo?

4. ¿De qué manera actúa el Fondo Mexicano del Petróleo para la estabilización y desarrollo ante la volatilidad que presenta el precio de petróleo?

## Justificación de la investigación

El motivo que impulsa esta investigación es porque México está experimentando gran incertidumbre en sus finanzas públicas; debido a que el precio del petróleo (mezcla mexicana) ha ido disminuyendo de forma significativa y esto repercute en menos ingresos a la Federación.

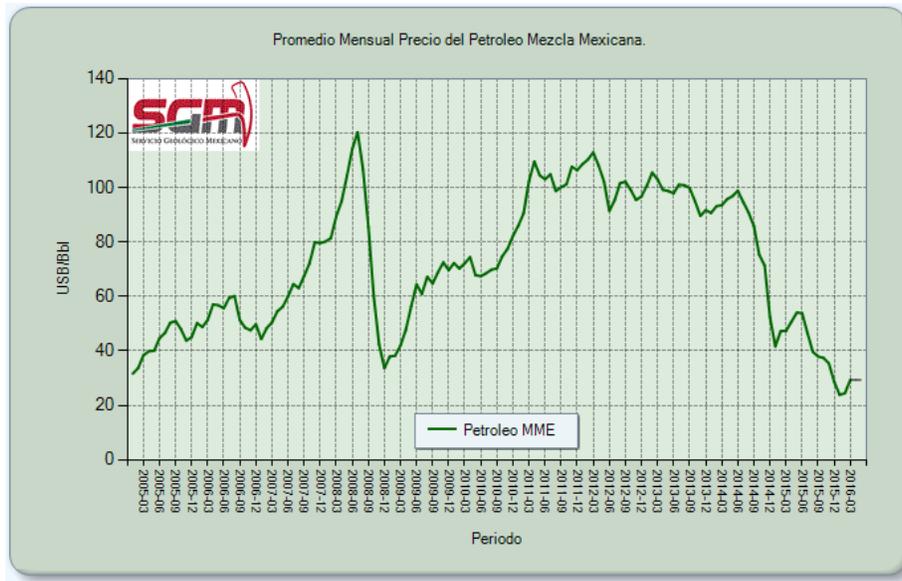
Es de suma importancia implementar estrategias de cobertura (por medio de Opciones) contra el riesgo, que se ha presentado en los últimos meses, a causa de la volatilidad del precio de la mezcla mexicana, ya que el desplome en los precios del petróleo puede provocar recortes en el gasto público, poniendo en riesgo los recursos para rubros administrativos y las participaciones que reciben las entidades federativas y municipios del país.

A continuación se presenta gráficamente el precio del petróleo mezcla mexicana promedio anual, con datos proporcionados por el Servicio Geológico Mexicano (SGM); se puede observar cómo ha presentado un declive del precio de manera significativa, provocando incertidumbre en los ingresos de la Federación, Finanzas Públicas y el Fondo Mexicano del Petróleo.

## Viabilidad de la Investigación

En cuanto la viabilidad de esta investigación es factible su realización, porque hoy en día es un tema que mantiene en alerta roja a los ingresos de la federación, que

ha causado mucha polémica en las Finanzas Públicas y en la estabilización y desarrollo social, esto permite contar con información necesaria y suficiente para la realización de dicha investigación, como son los precios históricos de la mezcla mexicana esto permite analizar de forma detallada el comportamiento que está presentando. A continuación se muestra la gráfica de los precios mensuales de la mezcla mexicana de petróleo:



Gráfica 13- Promedio mensual precio del petróleo de la mezcla mexicana<sup>13</sup>.

<sup>13</sup> Fuente: Sistema de Información Energética (MME).

## Capítulo IV .- Propuesta de Estrategia de Cobertura contra el riesgo de volatilidad del precio de la mezcla mexicana de petróleo

En este capítulo abordaremos la estrategia de Cobertura contra el riesgo de volatilidad del precio de la mezcla mexicana de petróleo mediante el modelo de Black & Scholes.

## Modelo de Black & Scholes

### Antecedentes

A principios de la década de 1970, Fischer Black, Myron Scholes y Robert Merton lograron un gran avance en el precio de las Opciones sobre acciones. Esto implicó el desarrollo del modelo conocido como el Black & Scholes o (Black-Scholes-Merton). El modelo ha tenido una gran influencia sobre los precios y Opciones de cobertura, eso también ha sido fundamental para el crecimiento y el éxito de la ingeniería financiera en los últimos 30 años. En 1997, se reconoció la importancia del modelo cuando Robert Merton y Myron Scholes fueron galardonados con el premio Nobel de economía. Lamentablemente, Fischer Black murió en 1995, no pudo recibirlo, de lo contrario él también, sin duda, lo hubiera merecido, pues él fue uno de los destinatarios de este premio (Hull, 2009).

Si bien a principios del Siglo XX existían modelos para valorar derivados, estos contaban con numerosos errores que provocaban importantes diferencias entre el valor calculado por el modelo y el real; La fórmula de Black & Scholes, fue toda una innovación, para muchos especialistas, la razón del crecimiento de las finanzas, éste análisis es fundamentalmente matemático, pero enmarcado en la utilidad financiera que este modelo tiene.

El aporte de Scholes, Black y Merton tuvo un impacto substancial. Su metodología allanó el camino para valuaciones económicas en varias áreas. También ha generado nuevos instrumentos financieros, y facilitando una más eficiente gestión

del riesgo en la sociedad. La fórmula Black & Scholes es sólo “la punta del iceberg”, su impacto en la ciencia es mucho mayor de lo que muchos imaginan.

Su trabajo en valuación de Opciones (option pricing) no sólo proveyó de una técnica para valuar, sino que también creó un nuevo campo en las finanzas, conocido como derivados, y ofreció una nueva perspectiva en áreas relacionadas como finanzas corporativas, presupuesto de capital, mercados financieros e instituciones. Más aún, su impacto llegó a las matemáticas, la informática y los negocios privados.

La teoría de valuación de Opciones de Scholes, Black y Merton es reconocida por muchos académicos como la aplicación más exitosa de teoría económica en la historia de la economía.

En esta investigación se utilizará una herramienta que es muy eficiente y se implementa cuando nos referimos a coberturas por medio de Opciones, que es el modelo de Black & Scholes, el cual es muy importante en la economía moderna ya que dicho modelo se utiliza, entre otras cosas, para valuar determinados bienes y/o activos financieros que presentan severa volatilidad o riesgo (que en el trabajo denominaremos Derivados u Opciones) a través del tiempo.

Ahora veremos cuál es la fórmula de Black & Scholes, comprendiendo primero cuáles son las variables que en ella intervienen; también consideraremos los distintos tipos de Opciones: las Calls y las Puts.

## Las distribuciones de probabilidad

Los precios tienen un componente de incertidumbre o indeterminación, por esa razón se dice que cumplen un modelo estocástico<sup>14</sup>, esto es un factor probabilístico que representa la incertidumbre en el valor del mismo a futuro, podría ser que suba o que baje, si este factor no existiera los precios variarían únicamente por la tasa de interés, sabríamos de antemano hasta donde pueden subir o bajar en cierto momento de tiempo; así, no existiría la compra-venta de acciones por ejemplo, no existiría el riesgo de perder dinero.

Muchas veces los precios de ciertos bienes varían por acontecimientos políticos, económicos y/o humanitarios que no pueden ser considerados de antemano: guerras, golpes de estado, catástrofes climáticas, crisis financieras (como las que sufrieron las bolsas de Indonesia, México y Turquía durante los '90), etc.

## Propiedad Log-Normal en el precio de las acciones.

Se supone que los cambios porcentuales en el precio de la acción en un corto período de tiempo se distribuyen normalmente. Los parámetros claves que describen el comportamiento del precio de las acciones cuando se hace una distribución de log-normal son:

$\mu$ : Rendimiento esperado de las acciones (rentabilidad media anual obtenida por los inversionistas en un periodo de tiempo corto).

$\sigma$ : Volatilidad de los precios de las acciones (será la medida de nuestra incertidumbre sobre las fluctuaciones futuras de los precios de las acciones).

---

<sup>14</sup> Que depende del azar o de la suerte, es decir un suceso aleatorio.

La distribución log-normal para los precios de las acciones implica que  $\text{LnST}$  es normal, donde  $ST$  es el precio de las acciones en un tiempo futuro  $T$ , puede demostrarse que la media y la desviación estándar de  $\text{LnST}$  son:

$$\text{LnS} + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T \quad \wedge \quad \sigma\sqrt{T} \quad \text{Ecuación (1.1)}$$

Donde:

$S$  = es el precio actual de las acciones.

$\mu$  = es la rentabilidad anual esperada de una inversión en acciones, y

$\sigma$  = es la volatilidad anual del precio de las acciones.

Podemos expresar este resultado como:

$$\text{LnST} \sim \phi \left[ \text{LnS} + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T, \sigma\sqrt{T} \right] \quad \text{Ecuación (1.2)}$$

Donde:

$ST$  = precio de la acción en un momento futuro  $T$ .

$S$  = precio de la acción al momento 0.

$(\mu, \sigma)$  = distribución normal con media  $\mu$  y desviación estándar  $\sigma$ .

La ecuación (1.1) muestra que  $\text{LnST}$  está normalmente distribuido, por lo cual  $ST$  tiene distribución log-normal.

Una variable que tiene una distribución log-normal puede tomar cualquier valor entre cero e infinito.

De la ecuación (1.1) y de las propiedades de la distribución log-normal puede obtenerse que el valor esperado de  $S_T$ ,  $E(S_T)$  viene dado por:

$$E(S_T) = S_0 e^{\mu T} \quad \text{Ecuación (1.3)}$$

Donde:

$E(S_T)$  = es el valor esperado.

$S_T$  = precio de la acción al momento  $T$ .

$\mu$  = media de la distribución o rentabilidad esperada.

$T$  = periodo de tiempo.

Esto corresponde con la definición de  $\mu$  como la tasa de rentabilidad esperada. La varianza de  $S_T$ ,  $\text{var}(S_T)$ , puede demostrarse que viene dada por:

$$\text{var}(S_T) = S_0^2 e^{2\mu T} (e^{\sigma^2 T} - 1) \quad \text{Ecuación (1.3.1)}$$

A partir de la ecuación (1.1) puede demostrarse que:

$$\ln \frac{S_T}{S_0} \sim \Phi \left[ \left( \mu + \frac{\sigma^2}{2} \right) T, \sigma \sqrt{T} \right] \quad \text{Ecuación (1.4)}$$

Lo que nos queda:

$$\ln S_T \sim \Phi \left[ \ln S_0 + \left( \mu + \frac{\sigma^2}{2} \right) T, \sigma \sqrt{T} \right] \quad \text{Ecuación (1.5)}$$

La expresión  $\ln \frac{S_T}{S_0}$  es la rentabilidad compuesta continua proporcionada por las acciones en un tiempo T. La ecuación precedente muestra que está normalmente distribuida.



Gráfica 14- Distribución log-normal.

### Distribución de la tasa de retorno

La propiedad log-normal de precios de las acciones se puede utilizar para proporcionar información sobre la distribución de probabilidad de la tasa de capitalización continua de rentabilidad obtenida en una acción entre el tiempo cero y T. Si definimos la tasa de capitalización continua de retorno anual realizada entre el tiempo cero y T como x, entonces:

$$S_T = S_0 e^{xT} \quad \text{Ecuación (1.6)}$$

Así que lo podemos expresar como:

$$x = \frac{1}{T} \ln \frac{S_T}{S_0} \quad \text{Ecuación (1.7)}$$

De la ecuación (1.4) se deduce que:

$$x \sim \mathcal{N}\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}, \frac{\sigma^2}{T}\right) \quad \text{Ecuación (1.8)}$$

Por lo tanto, la tasa de capitalización continua de retorno anual se distribuye normalmente con media  $\mu - \frac{\sigma^2}{2}$  y desviación estándar  $\sigma\sqrt{T}$ . A medida que aumenta T, la desviación estándar de x baja. Para entender la razón de esto, considerar dos

casos:  $T = 1$  y  $T = 20$ . Estamos más seguros acerca del retorno medio por año durante 20 años que el retorno de un año.

## Volatilidad

La volatilidad de una acción es una medida de nuestra incertidumbre sobre los rendimientos proporcionados por las acciones. Las acciones suelen tener una volatilidad entre 10% y 60%.

A partir de la ecuación (1.8), la volatilidad del precio de las acciones puede ser definida como la desviación estándar de la rentabilidad proporcionada por las acciones de 1 año cuando se expresa el retorno utilizando capitalización continua.

Cuando  $T$  es pequeño, la ecuación (1.5) muestra que  $\sigma\sqrt{T}$  es aproximadamente igual a la varianza del cambio porcentual en el precio de las acciones en el tiempo  $T$ . Esto significa que  $\sigma\sqrt{T}$  es aproximadamente igual a la desviación estándar del cambio porcentual en el precio de las acciones en el tiempo  $T$ . Supongamos que  $\sigma = 0.3$  o 30%, por año y el precio actual es de \$ 50. La desviación estándar de la variación porcentual en el precio de las acciones en 1 semana es aproximadamente

$$30 * \sqrt{\frac{1}{52}} = 4.16\%$$

Por lo tanto un movimiento de la desviación estándar en el precio de las acciones en 1 semana es de  $50 \times 0.0416 = \$ 2.08$ .

## Estimación de la volatilidad de los datos históricos

Para estimar la volatilidad del precio de las acciones empíricamente, el precio de las acciones se observa generalmente en intervalos fijos de tiempo (por ejemplo, cada día, semana o mes).

Por lo tanto definimos:

$n+1$  = Número de observaciones.

$S_i$  = Precio de la acción, con  $i = 0, 1, \dots, n$

$r$  = Longitud del intervalo de tiempo en años.

Tenemos que:

$$U_i = \ln \left( \frac{S_i}{S_{i-1}} \right), \text{ con } i = 1, 2, \dots, n \quad \text{Ecuación (1.9)}$$

La estimación de  $s$ , de la desviación estándar de la interfaz de usuario es dado por:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (U_i - \bar{u})^2} \quad \text{Ecuación (2.0)}$$

Donde  $\bar{u}$  es la media de  $U_i$ .

A partir de la ecuación (1.4), la desviación estándar de la  $U_i$  es  $\sigma\sqrt{T}$ . La variable  $s$ , es por lo tanto, una estimación de  $\sigma\sqrt{T}$ . De ello resulta que sí se puede estimar  $\hat{s}$ , como:

$$\hat{S} = \frac{S}{\sqrt{T}} \quad \text{Ecuación (2.1)}$$

La elección de un valor apropiado para  $n$  no es fácil, ya que contar con demasiados datos por lo general conduce a una mayor precisión, pero  $\sigma$  cambia con el tiempo y datos que son demasiado viejos pueden no ser relevante para predecir la volatilidad futura. Un compromiso que parece funcionar razonablemente bien es utilizar los precios de cierre de los datos diarios sobre el más los últimos 90 a 180 días. Alternativamente, como regla general,  $n$  se pueden establecer igual al número de días en que la volatilidad se va a aplicar. Por lo tanto, si la estimación de la volatilidad es para valorar una Opción de 2 años, se utilizan datos diarios de los últimos 2 años. Los enfoques más sofisticados para la estimación de la volatilidad que implica modelos GARCH.

## **Supuestos subyacentes al modelo Black & Scholes**

La ecuación diferencial Black & Scholes es una ecuación que debe ser satisfecha por el precio de cualquier dependiente derivado en una acción que no paga dividendos, la ecuación se deriva a continuación.

Supuestos:

- El precio de las acciones se distribuye como log-normal con  $\mu$  y  $\sigma$  constantes.
- No hay costo de transacción e impuestos. Todos los activos financieros son perfectamente divisibles.
- Las acciones no pagan dividendos durante la vida de la Opción.
- En ausencia de oportunidades de arbitraje, la rentabilidad de la cartera debe ser el interés libre de riesgo.
- La negociación de valores es continua.
- La tasa libre de riesgo de interés,  $r$ , es constante e igual para todos los vencimientos.

- Se establece una cartera libre de riesgo consistente en una posición de la Opción y otra en las acciones subyacentes.

## Fórmulas de precios Black-Scholes

Fórmula de Black & Scholes para los precios en el momento de una Opción de compra europea en una acción que no paga dividendos, del mismo modo calcula el valor teórico de una Opción (Put o Call) utilizando los siguientes parámetros:

Glosario	Variable	Descripción de la variable
Activo Subyacente	<b>S</b>	Bien o índice de referencia, objeto de un Contrato de Futuro o de un Contrato de Opción, concertado en la Bolsa de Derivados.
Precio de Ejercicio	<b>K</b>	Precio por unidad de activo subyacente acordado en un Contrato de Futuro en la fecha de celebración. Este se ajustará diariamente para efecto de reflejar las pérdidas y ganancias.
Fecha de Vencimiento	<b>T</b>	Es el Día Hábil en que expira el plazo de un Contrato conforme a las Condiciones Generales de Contratación.
Tasa de Interés	<b>r</b>	Tasa de interés libre de riesgo.
Volatilidad	<b><math>\sigma</math></b>	Grado de fluctuación que manifiesta el precio del subyacente a través del tiempo.

Con estas variables se define la fórmula para determinar el valor de una Opción según su naturaleza, C para el caso de una Call y P si estamos tratando de una Opción Put.

$$C = S_0 N(d_1) - K e^{-rT} N(d_2) \quad \text{Ecuación (2.2)}$$

$$P = K e^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1)$$

Ecuación (2.3)

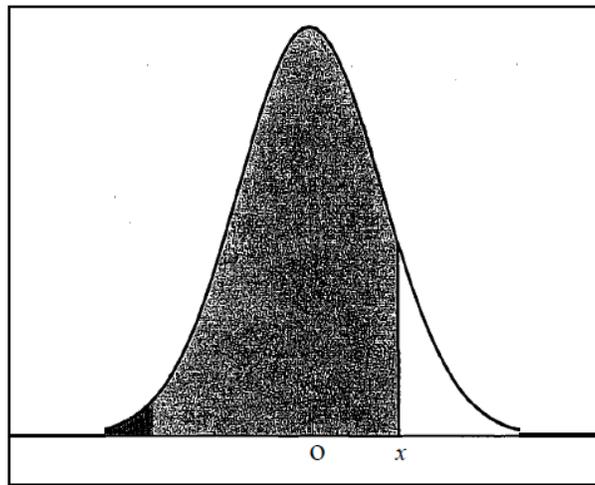
Donde:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad \text{Ecuación (2.4)}$$

Y

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad \text{Ecuación (2.5)}$$

La función  $N(x)$  es la función de distribución de probabilidad acumulada para una distribución normal estandarizada. En otras palabras, es la probabilidad de que una variable con una distribución normal estándar,  $\phi(0, 1)$ , con media 0 y desviación estándar 1, será menor que  $x$  como se muestra en la gráfica. El resto de variables deben estar familiarizados. Como lo mencionamos anteriormente  $S$  es el precio de las acciones en el tiempo cero,  $K$  es el precio de ejercicio,  $r$  es la tasa libre de riesgo agravado de forma continua,  $\sigma$  es la volatilidad del precio de las acciones, y  $T$  es el tiempo a la madurez de la Opción.



Gráfica 15- El área sombreada representa  $N(x)$ , probabilidad acumulada para una distribución normal estandarizada.

## Propiedades de las fórmulas Black & Scholes

Ahora nos muestran que las fórmulas de Black & Scholes tienen las propiedades generales correctas, considerando lo que ocurre cuando algunos de los parámetros toman valores extremos (Hull, 2009).

Cuando el precio de las acciones, se hace muy grande, una Opción de compra es casi seguro que será ejercido. Entonces se hace muy similar a un contrato a plazo con el precio de entrega K.

$$S_0 - Ke^{-rT}$$

Se considera el precio dado por la ecuación (2.2), ya que, cuando se hace muy grande, tanto  $d_1$  y  $d_2$  llegar a ser muy grande, y  $N(d_1)$  y  $N(d_2)$  se convierten en cerca de 1. Cuando el precio de las acciones se hace muy grande, el precio de una Opción de venta europea, Put, se aproxima a cero.

$$Ke^{-rT} - S_0$$

Cuando el precio de la acción es muy pequeño, la Opción Call da cero, esto es consistente con la ecuación (2.3), ya que  $N(-d_1)$  y  $N(-d_2)$  están cerca de cero en este caso,  $d_1$  y  $d_2$  aumentan mucho y se vuelven negativos.

## Capítulo V .- Resultados y conclusiones sobre la estrategia propuesta

En este capítulo analizaremos los resultados que arrojó la propuesta de estrategia financiera de la cobertura contra el riesgo de la volatilidad de los precios internacionales de la mezcla mexicana para el periodo 2015-2016, y con base en los resultados se formularán conclusiones sobre la estrategia de esta investigación.

## Resultados

A continuación se explicarán los aspectos técnicos del modelo actuarial que se implementó para realizar la estrategia de cobertura:

Para poder calcular el precio de la prima unitaria por barril se implementó el modelo de Black & Scholes, ya que este modelo permite estimar el valor de la Opción de tipo Put, a continuación se presenta la ilustración de dicho modelo.

<b>Modelo - Black-Scholes</b>		
<b>Datos de Entrada</b>		
Precio de la Acció	$S$	43,1
Precio de Ejercicio	$K$	49
Fecha de Vencimiento	$T$	1,00
Tasa libre de riesgo	$r$	2,4%
Volatilidad	$\sigma$	10,5%
<b>Datos de Salida</b>		
Valor Presente de Precio de Ejercicio ( $K(EXP)^{-rT}$ )		47,8380
$\sigma(\text{raiz}(T))$		0,1050
$d_1$		-0,9408
$d_2$		-1,0458
$N(d_1)$		0,1734
$N(d_2)$		0,1478
<b>Valor de Call</b>		<b>0,4020</b>
<b>Valor de Put</b>		<b>5,14</b>

Al realizar el modelo de Black & Scholes<sup>15</sup> ponemos atención al resultado que obtuvo el valor de Put de 5,14 dólares, es decir, es la prima que se pagará por cubrir cada barril. Con este resultado podemos analizar de forma detallada los efectos que tuvo la estrategia implementada en nuestra investigación:

De acuerdo con la Secretaria de Hacienda y Crédito Público se cubrirán 212 millones de barriles a un precio de ejercicio de 49 dólares, teniendo en cuenta lo anterior se proponen dos escenarios para visualizar el impacto que tuvo la estrategia adquirida en la venta de los barriles de la mezcla mexicana de petróleo.

A continuación se presenta el primer escenario:

---

<sup>15</sup> El modelo Black & Scholes que se implementó en esta investigación requiere de Datos de Entrada los cuales se obtuvieron:

-Precio de la acción ( $S$ ): se obtuvo al precio actual cuando inicio la cobertura que fue en octubre, la fuente se puede consultar en <http://portalweb.sgm.gob.mx/economia/es/energeticos/695-seguimiento-precio-del-petroleo-mezcla-mexicana-mme-datos.html>.

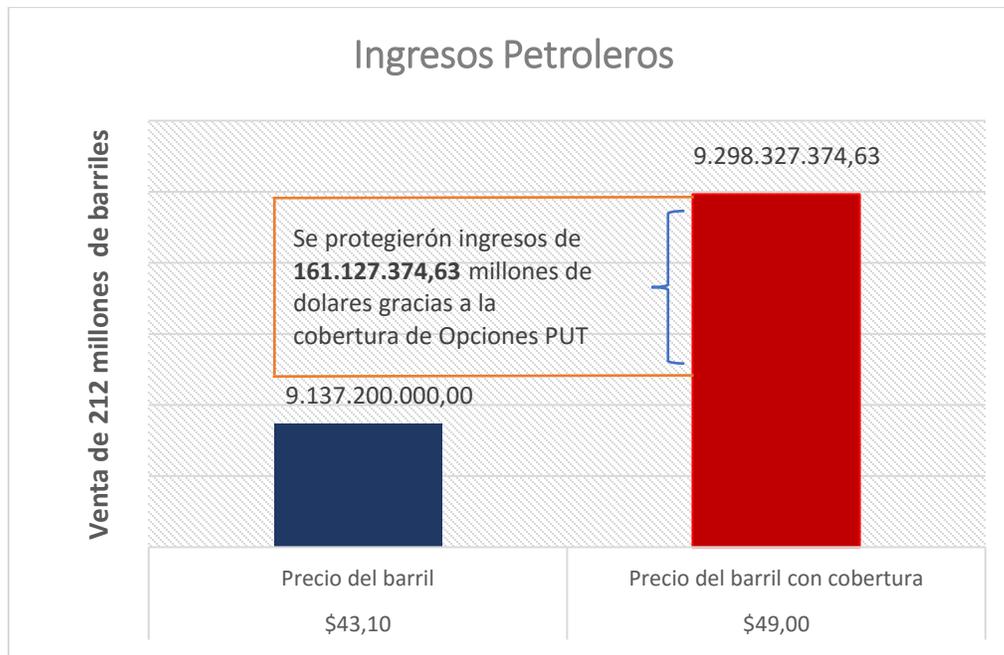
-Precio de ejercicio ( $k$ ): Precio pactado en el momento de la celebración del contrato de cobertura.

-Fecha de Vencimiento ( $T$ ): La cobertura tiene fecha de vencimiento pactada a un año.

-Tasa libre de riesgo ( $r$ ): Se puede consultar en <https://www.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/Pages/TextView.aspx?data=yield>.

-Volatilidad ( $\sigma$ ): Se calculó con datos históricos del precio de la mezcla mexicana que pueden ser consultados en <http://portalweb.sgm.gob.mx/economia/es/energeticos/695-seguimiento-precio-del-petroleo-mezcla-mexicana-mme-datos.html>.

<b>Resultados del primer escenario (Precios en Dólares)</b>	
Precio de la Acción	43,1
Precio de Ejercicio	49
Número de barriles cubiertos	212.000.000,00
Prima unitaria por barril	5,14
Prima total	1.089.672.625,37
<b>Precio de ejercicio - la prima</b>	<b>43,9</b>
<b>Venta realizada con Cobertura</b>	<b>9.298.327.374,63</b>
<b>Venta SIN Cobertura</b>	<b>9.137.200.000,00</b>
<b>Ingresos que se hubieran dejado de obtener</b>	<b>161.127.374,63</b>



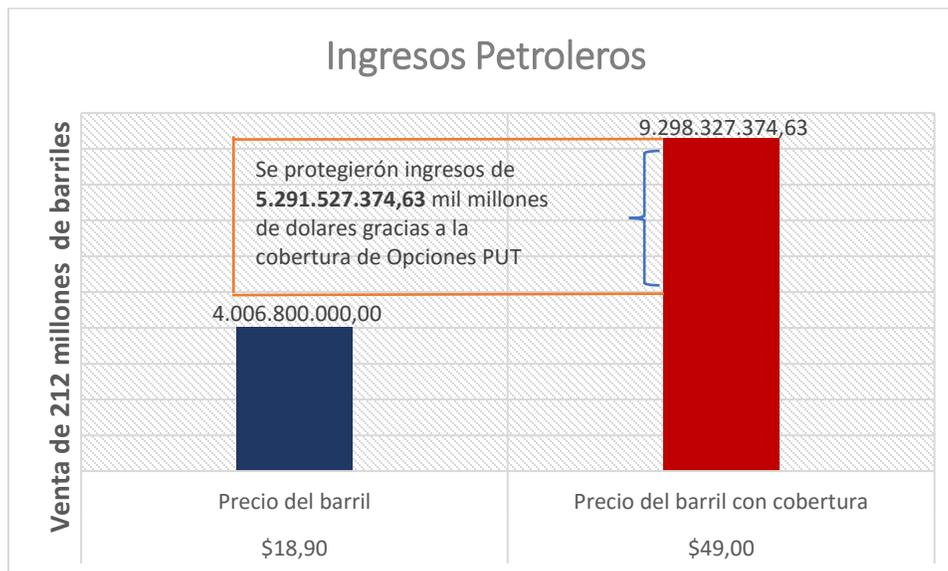
Gráfica 16- Muestra la diferencia de ingresos protegidos por la cobertura de Opciones Put.

En primera instancia se destaca el precio de ejercicio ya descontando el precio de la prima aún es mayor que el precio de la acción, en el caso que no se hubiera adquirido la cobertura se estaría teniendo el 98% de ingresos con el precio del crudo

en 43,1 dólares; es decir, 161.127.374,63 millones de dólares se hubieran dejado de percibir, lo cual repercutiría a los ingresos de la federación.

Segundo escenario:

<b>Resultados del segundo escenario (Precios en Dólares)</b>	
Precio de la Acción	18,9
Precio de Ejercicio	49
Número de barriles cubiertos	212.000.000,00
Prima unitaria por barril	5,14
Prima total	1.089.672.625,37
<b>Precio de ejercicio - la prima</b>	<b>43,9</b>
<b>Venta realizada con Cobertura</b>	<b>9.298.327.374,63</b>
<b>Venta SIN Cobertura</b>	<b>4.006.800.000,00</b>
<b>Ingresos que se hubieran dejado de obtener</b>	<b>5.291.527.374,63</b>

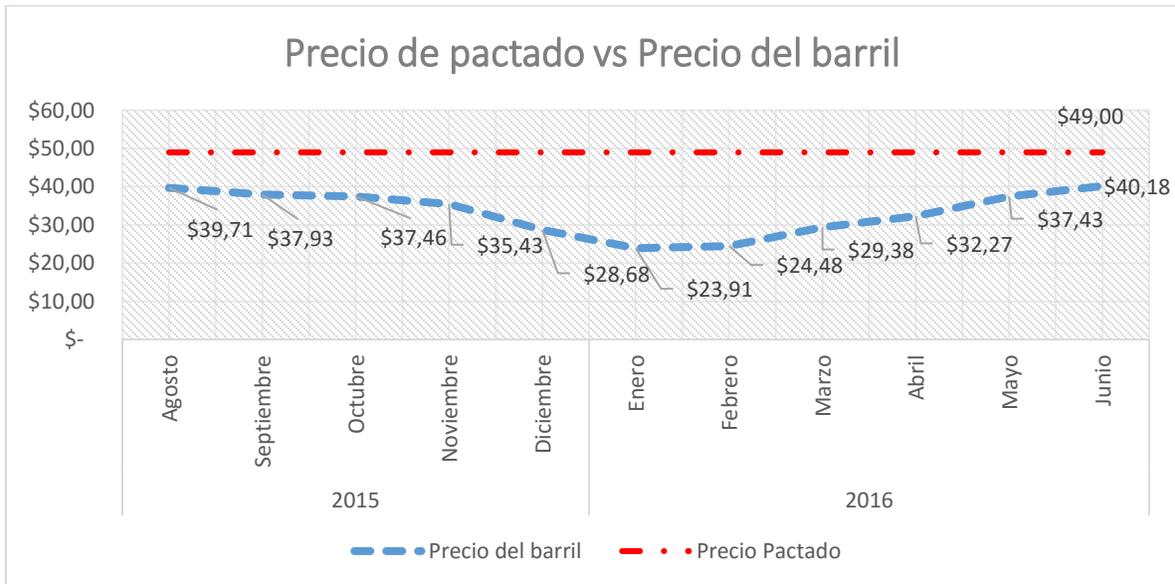


Gráfica 17- Muestra la diferencia de ingresos protegidos por la cobertura de Opciones Put.

En este segundo escenario se tomó el precio más bajo que ha alcanzado durante el periodo de cobertura que es de 18,9 dólares por barril, suponiendo el caso de que no se hubiera adquirido la cobertura contra la volatilidad del precio del crudo se

estaría dejando de percibir 5.291.527.374,63 mil millones de dólares, cantidad que perjudicaría de forma brutal a los ingresos de la federación.

En la celebración de contratación de cobertura como conocemos al precio de ejercicio que se pactó es de 49 dólares por barril, en un periodo de vencimiento de un año. A continuación en el grafico (14) podemos observar cómo se ha comportado de manera positiva en los últimos meses la estrategia de cobertura para blindar la incertidumbre en que se encuentran los precios del petróleo mexicano, que aún se encuentran por debajo los precios del barril con el precio de ejercicio.



Gráfica 18.- Comparación del precio de la acción vs el precio ejercicio durante el periodo de cobertura.

Por lo tanto, los resultados que se obtuvieron al implementar la estrategia de cobertura contra los precios internacionales de la mezcla mexicana de petróleo por medio de Opciones tipo Put (venta) fueron positivos, ya que se blindó el precio de exportación del petróleo de forma efectiva dado que en los últimos meses ha tenido bajas significativas y una volatilidad que nunca antes había presentado.

La estrategia que se implementó en esta investigación fue adquirir una cobertura por medio de Opciones de tipo Put, que la misma funge como seguro para proteger las posibles variaciones que puedan generar cualquier riesgo sobre el precio del activo subyacente, en este caso el precio de la mezcla mexicana de petróleo, para adquirir dicha cobertura se pagó una prima a cambio de cubrir dicho riesgo esto permite minimizar la volatilidad que ha venido presentándose.

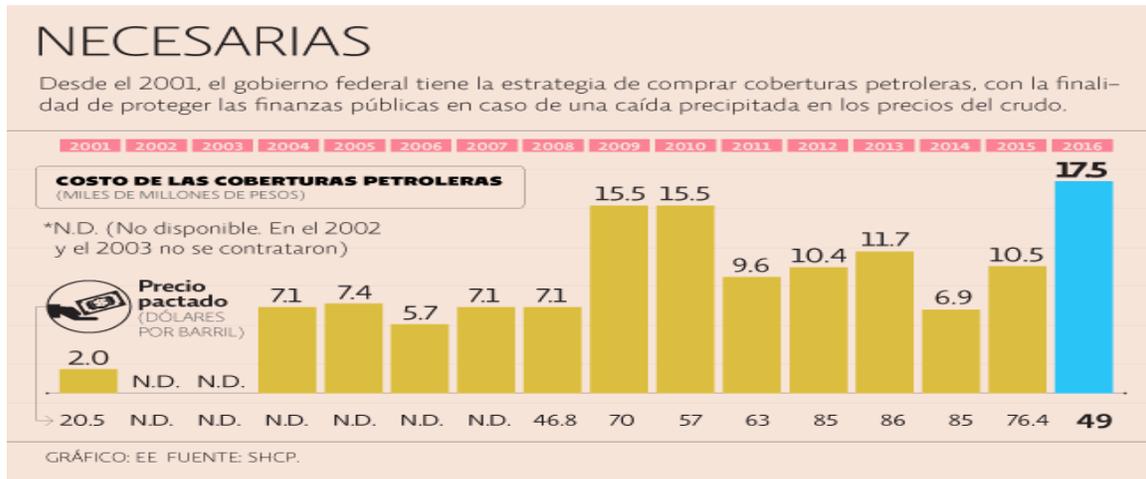
## Conclusiones

Tomando en cuenta estos dos escenarios podemos concluir que la estrategia de cobertura contra la volatilidad de los precios internacionales de la mezcla mexicana de petróleo y su impacto en los ingresos de la federación en el periodo 2015-2016 tuvo resultados positivos ya que cumplió el objetivo de proteger el precio del petróleo mexicano y los ingresos de la federación ya que de lo contrario el Gobierno federal tendría que hacer reajuste del gasto público que impactaría a las finanzas públicas.

Los precios del petróleo han experimentado una caída significativa en los últimos meses, pasando de niveles cercanos a los 110 dólares por barril en junio del 2014 a niveles que están por debajo de 18,9 dólares por barril, siendo un tema de suma importancia porque esta volatilidad obliga a realizar un reajuste al gasto de la federación.

Desafortunadamente, hoy en día se desconoce cuánto tiempo más permanecerán los bajos precios del petróleo, principalmente debido a que estos dos fenómenos que impiden generar un incremento en el precio del petróleo, están lejos de cambiar en un corto plazo. La Secretaría de Hacienda y Crédito Público tuvo que considerar otro recorte al gasto público para el 2017 por 175,100 millones de pesos. Dado que

el precio del petróleo seguirá en niveles bajos, se tendrá que evaluar la contratación de coberturas petroleras para el próximo año, y si vale o no la pena, considerando como están actualmente los precios llevar a cabo la contratación de una cobertura petrolera.

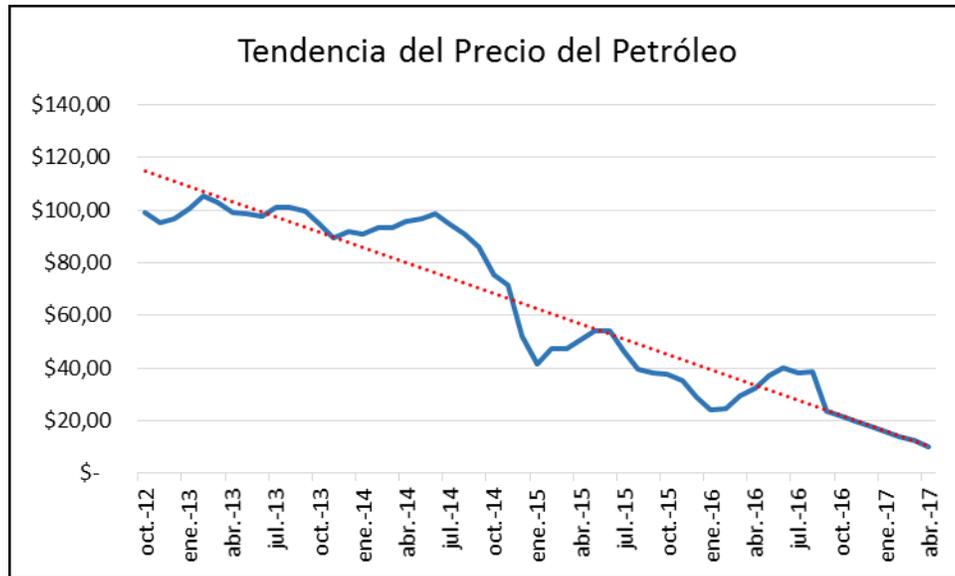


Gráfica 19- Costo de coberturas petroleras "2001-2016"; Fuente: El Economista.

Mientras más bajos estén los precios del petróleo, estos se acercan más a sus costos de producción (piso), bajo este panorama convendrá contratar cobertura solamente para una parte de los barriles; es decir, no cubrirlos todos y buscar otra alternativa para blindar los ingresos de la federación. Se tienen costos de producción tan bajos que no conviene contratar una cobertura a 100%, dependerá mucho de la volatilidad y la perspectiva que se tenga sobre el precio del crudo.

Cuando se llega más cerca a los costos de producción se toca un piso, y aparentemente el piso que ha encontrado el precio del petróleo es de 18,9 dólares por barril y a lo largo del año ha presentado distintas variaciones. Para tener un panorama más claro, se realizó un pronóstico que nos permitirá visualizar la tendencia que tendrá para los próximos ocho meses el precio de la mezcla

mexicana, se observa en la gráfica (20) que al mes de abril del 2017 volverá a llegar el precio del petróleo a menos de 20 dólares.



Gráfica 20.- Tendencia del precio del petróleo<sup>16</sup>.

Teniendo en cuenta el precio del crudo presenta una tendencia decreciente, el Gobierno Federal tiene que actuar de manera oportuna para asegurar la estabilidad de las finanzas públicas, se espera pactar el precio promedio en 42 dólares por barril, lo que dará seguridad y estabilidad macroeconómica del país y para los ingresos petroleros del año próximo.

### **Petróleo podría frenar desempeño del PIB**

Además se tienen riesgos a nivel global que pueden afectar el desempeño del Producto Interno Bruto (PIB). Entre los factores que podrían propiciar un menor crecimiento, se encuentran un menor dinamismo de la actividad industrial de

<sup>16</sup> Elaboración propia del gráfico (20), con la finalidad de conocer la tendencia que tomará el precio del petróleo para los próximos ocho meses.

Estados Unidos; que los precios del petróleo no se recuperen, y una mayor volatilidad en los mercados financieros internacionales.

Por lo que la volatilidad del precio del crudo podría frenar el desempeño de la actividad económica, se espera que el PIB nacional se ubicará entre 2.0 y 3.0%, siendo la media 2.49%; concuerdan en que se necesita seguir fortaleciendo la economía.

Respuesta a las preguntas de investigación:

***1. ¿Cuáles fueron los motivos principales que fungen como causantes de la baja significativa de los precios de la mezcla mexicana?***

Los motivos principales que fungen como causantes de la baja significativa que han experimentado los precios del petróleo mexicano, son los siguientes:

- El gran incremento de la producción de petróleo en Estados Unidos, ya que en los últimos años, se producían aproximadamente más de cinco millones de barriles diarios en 2005, y a finales del año pasado ya se producían cerca de 9 millones de barriles diarios. En el caso de México, el costo de producción es de 9 dólares por barril, en Estados Unidos es de 28 dólares por barril.
- La fuerte desaceleración económica que ha registrado China, cuyas tasas de crecimiento en la actualidad oscilan alrededor de 7%, mientras que se ubicaban por arriba de 10% algunos años atrás.

**2. *¿Cómo se comportan las finanzas públicas en México ante el severo impacto que está presentando la baja del precio del petróleo?***

El Gobierno Federal tiene que tener presente dos riesgos importantes: la consistente baja en los niveles de producción (entre 2004 y lo que va del presente año la plataforma de producción de petróleo pasó de 3.4 a 2.3 millones de barriles diarios, una caída del 33%) y un entorno de bajos precios de petróleo (entre junio de 2014 y enero de este año el precio promedio de la mezcla mexicana pasó de 100 a 18.9 dólares por barril, lo que representa una caída del 81.1%); ya que el petróleo representa un 13% de las exportaciones totales en México, los ingresos petroleros representan aproximadamente el 35% de las finanzas públicas.

Por ello, todos los órdenes de gobierno, incluidos los gobiernos estatales y municipales que dependen de sobremanera de los recursos provenientes de la federación, deberán realizar los ajustes estructurales pertinentes que les permitan sobrellevar la reducción de sus ingresos sin comprometer ni la estabilidad de sus finanzas ni el cumplimiento de sus metas.

**3. *¿De qué manera actúa el Fondo Mexicano del Petróleo para la estabilización y desarrollo ante la volatilidad que presenta el precio de petróleo?***

EL Fondo Mexicano del Petróleo administra y distribuye los ingresos derivados de exploración y extracción de hidrocarburos, entonces, al contratar la estrategia de cobertura para el precio del petróleo se asegura los ingresos al fondo, y este podrá transferir los recursos que reciba al Presupuesto de Egresos de la Federación y a los demás fondos de estabilización (Fondo de Estabilización de los Ingresos Presupuestarios (FEIP), Fondo de Estabilización de los Ingresos de las Entidades

Federativas (FEIEF), Fondo de Extracción de Hidrocarburos, Fondos Sectoriales, Para cubrir costos de fiscalización de la Auditoría en materia petrolera) y especiales conforme a las disposiciones aplicables y acumulará, con los recursos excedentes, una reserva de ahorro de largo plazo. Con estas tareas el Fondo contribuirá a la estabilización y el desarrollo de la Nación, en beneficio de todos los mexicanos, tanto de las generaciones presentes como futuras.

**4. ¿Es viable la estrategia de cobertura contra el riesgo de volatilidad del precio del petróleo y qué impacto tendrá en los ingresos de la federación?**

Sí. Los derivados de Opciones tipo Put (venta) resultaron útiles para la estrategia de cobertura del precio del petróleo, obteniéndose los siguientes beneficios concretos:

<b>Variable</b>	<b>Sin cobertura petrolera 2016</b>	<b>Con cobertura petrolera 2016</b>
<i>Precio del barril de crudo:</i>	\$ 18.9	\$ 49
<i>Ingreso a recibir por la venta de petróleo:</i>	\$4,006,800,000.00	\$10,388,000,000.00
<b>Beneficio neto para el país:</b>	<b>\$4,006,800,000.00</b>	<b>\$9,298,327,374.63</b>

Gráfica 21.- Conclusión sin cobertura - con cobertura.

Solo resta decir que la estrategia de cobertura contra la volatilidad de los precios internacionales de la mezcla mexicana de petróleo en el periodo de 2015-2016 blindó los ingresos de la federación al 100%, y contrarrestó los efectos negativos que la economía mexicana está sufriendo a causa de la baja en el precio del crudo.

## VI.- Bibliografía

- Albarrán, E. (3 de Abril de 2016). Recortes ascienden a más de 300,00 millones de pesos en dos años. *El Economista*.
- Alonso, B. V. (2014). *Gestión patrimonial y banca privada*. Pirámide.
- Arrollo, M. B. (10 de Septiembre de 2015). *Las Opciones como Instrumentos de Cobertura de Riesgos*. Obtenido de <http://docplayer.es/1152449-Las-Opciones-como-instrumentos-de-cobertura-de-riesgos.html>
- Banco de México. (20 de Noviembre de 2015). *Definiciones básicas de Riesgos*. Obtenido de <http://www.banxico.org.mx/sistema-financiero/material-educativo/intermedio/riesgos/%7BA5059B92-176D-0BB6-2958-7257E2799FAD%7D.pdf>
- BBVA. (Abril de 2015). Obtenido de <https://www.bbva.com/es/noticias/economia/que-es-el-hedging-o-cobertura/>
- Cámara de Diputados. (20 de Noviembre de 2015). *Secretaria General, Secretaria de Servicios Parlamentarios*. Obtenido de <http://www.diPutados.gob.mx/bibliot/publica/prosparl/iifunci.htm>
- Economía. (11 de Noviembre de 2015). *Economía*. Obtenido de <http://economiaes.com/finanzas/publicas.html>
- FIRA. (2011). *Mercados de Futuros y Opciones*. Obtenido de [http://www.fira.gob.mx/Nd/BF1\\_Mercados\\_de\\_Futuros\\_y\\_Opciones.pdf](http://www.fira.gob.mx/Nd/BF1_Mercados_de_Futuros_y_Opciones.pdf)
- Forex. (22 de Noviembre de 2015). *Planeta Forex*. Obtenido de <http://www.planetaforex.com/mercado-de-derivados-financieros-Opciones-forwards-swaps-digital-contratos/>
- Hernández, R., & Pérez, J. (2014). *Los riesgos financieros en México*. México: Trillas.
- Hull, J. C. (2009). *Options, Futures and Other Derivatives*. Toronto: Pearson Education International.
- Ideal, E. S. (02 de 2016). Obtenido de <http://www.elseguroideal.com/glosario/>
- Izquierdo, Á. F. (1996). Gestión de Riesgos con Activos Derivados. En Á. F. Izquierdo, *Gestión de Riesgos con Activos Derivados* (pág. 253). Universitat Jaume.
- Jiménez, E. P., Gómez, M. V., Fuentes, M. P., & Sánchez, V. C. (17 de 11 de 2015). Obtenido de <http://platea.pntic.mec.es/~rmartini/petroleo.htm>
- Juárez, B. (09 de 04 de 2016). *sitio de las Leyes de Reforma*. Obtenido de [www.leyesdereforma.com](http://www.leyesdereforma.com)

Mesa, J. A. (2009). *Boletín de la Real Sociedad Económica de Amigos del país de Tenerife*. San Cristobal de la Laguna: R.S.E.A.P.T.

MexDer. (23 de Noviembre de 2015). *Mercado Mexicano de Derivados*. Obtenido de [http://www.mexder.com.mx/wb3/wb/MEX/MEX\\_Repositorio/\\_vtp/MEX/1ef6\\_publicaciones/\\_rid/21/\\_mto/3/UnaIntroduccionESP.pdf](http://www.mexder.com.mx/wb3/wb/MEX/MEX_Repositorio/_vtp/MEX/1ef6_publicaciones/_rid/21/_mto/3/UnaIntroduccionESP.pdf)

Puig, X. (22 de Noviembre de 2015). *El Economista*. Obtenido de <http://www.eleconomista.es/diccionario-de-economia/volatilidad>

Robles, P. G. (24 de Abril de 2016). " Las coberturas petroleras ya noson una herramienta suficiente". *El Economista*.

SHCP. (17 de Noviembre de 2015). *Secretaria de Gobernacion, Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5387549&fecha=01/04/2015](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5387549&fecha=01/04/2015)

Tato, S. B. (16 de Febrero de 2013). *Hasta donde las Finanzas se puedan contar*. Obtenido de [http://www.sgapeio.es/descargas/ponencia\\_finanzas.pdf](http://www.sgapeio.es/descargas/ponencia_finanzas.pdf)

## VII.- Índice de Gráficas

Gráfica 1.- Ingresos Petroleros Mexicanos 2012-2016. -----	17
Gráfica 2.- Tipos de volatilidad en base a los precios de la mezcla mexicana de petróleo.-----	25
Gráfica 3- Opción Call (compra).-----	33
Gráfica 4- Opción Put (compra). -----	34
Gráfica 5- Opción Call (venta). -----	35
Gráfica 6-Opción Put (venta).-----	36
Gráfica 7- Estrategia por la Opción del tipo Straddle (cono). -----	39
Gráfica 8- Estrategia por la Opción del tipo Strangle (cuna). -----	40
Gráfica 9- Estrategia por la Opción del tipo Bear Spread (diferencial bajista).-----	42
Gráfica 10- Estrategia por la Opción del tipo Túnel Alcista.-----	43
Gráfica 11- Estrategia por la Opción del tipo Butterfly (mriposa). -----	45
Gráfica 12.- Proceso para adquirir una cobertura por Opciones-----	50
Gráfica 13- Promedio mensual precio del petróleo de la mezcla mexicana. -----	55
Gráfica 14- Distribución log-normal.-----	62
Gráfica 15- El área sombreada representa $N(x)$ , probabilidad acumulada para una distribución normal estandarizada. -----	68
Gráfica 16- Muestra la diferencia de ingresos protegidos por la cobertura de Opciones Put.-----	73
Gráfica 17- Muestra la diferencia de ingresos protegidos por la cobertura de Opciones Put.-----	74
Gráfica 18.- Comparación del precio de la acción vs el precio ejercicio durante el periodo de cobertura. -----	75
Gráfica 19- Costo de coberturas petroleras "2001-2016"; Fuente: El Economista.-----	77
Gráfica 20.- Tendencia del precio del petróleo. -----	78
Gráfica 21.- Conclusión sin cobertura - con cobertura.-----	81