



unab

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
2011

R.020

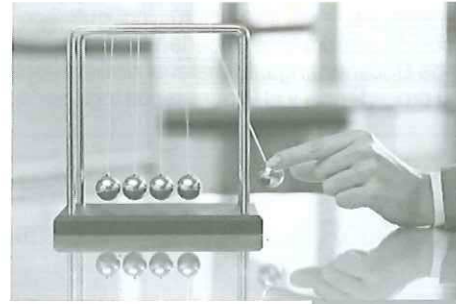
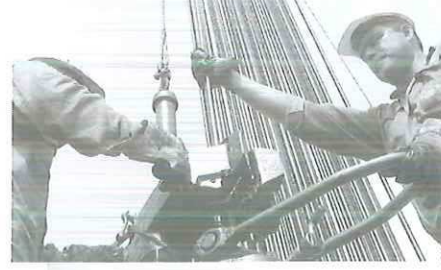
# opciones

REVISTA DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA FINANCIERA DE LA UNAB ISSN 1657-3374 VOLUMEN 5 N° 10 BUCARAMANGA (COLOMBIA) DICIEMBRE DE 2011



unab





# opciones

REVISTA DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA FINANCIERA DE LA UNAB ISSN 1657-3371 VOLUMEN 5 N° 10 BUCARAMANGA (COLOMBIA) DICIEMBRE DE 2011



unab

## OPCIONES

Revista del Programa de Ingeniería Financiera  
ISSN 1657-3374  
Volumen 5 N°10 Bucaramanga, Diciembre 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

ALBERTO MONTOYA PUYANA  
Rector

EULALIA GARCÍA BELTRÁN  
Vicerrectora Académica

GILBERTO RAMIREZ VALBUENA  
Vicerrector Administrativo

Decana  
MARTHA INÉS BLANCO ALVIAR

Directora  
MARÍA EUGENIA SERRANO ACEVEDO

CONSEJO EDITORIAL  
Jaime Ángel Rico Arias  
Gloria Inés Macías Villalba  
María Eugenia Serrano Acevedo

EDICIÓN Y PRODUCCIÓN  
Publicaciones UNAB

CORRECTOR DE ESTILO  
Heriberto Sánchez Bayona

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN  
Ideas Comunicación

Las opiniones contenidas en los artículos de esta revista no vinculan a la institución sino que son de exclusiva responsabilidad de los autores, dentro de los principios democráticos de cátedra libre y libertad de expresión, consagrados en el artículo 3º del Estatuto General de la Corporación Autónoma de Bucaramanga. El material de esta publicación puede ser reproducido sin autorización, siempre y cuando se mencione su procedencia y el Programa de Ingeniería Financiera de la UNAB reciba un ejemplar de su publicación.

OPCIONES UNAB  
Calle 48 N° 39-234 Teléfonos (7) 643 61 11 y 643 62 61 / Ext.183  
Fax (7) 643 39 58  
Bucaramanga, Colombia

www.unab.edu.co

## Contenido

<b>Editorial</b> Martha Inés Blanco Alviar	5
<b>Programa Visión Colombia 2019: Una lectura desde las escuelas del crecimiento económico (neoclásica y endógena)</b> Omar Alfonso Ochoa Maldonado	7
<b>Una adecuada gestión de riesgos contribuye a la creación de valor en las empresas, caso del sector financiero en Colombia</b> Gloria Inés Macías Villalba	19
<b>Algunas aplicaciones de las redes neuronales como herramientas de pronóstico en los ámbitos nacional e internacional</b> María Eugenia Serrano Acevedo, Jaime Ángel Rico Arias	49
<b>Valoración del campo toca de la compañía cerex-ccp-ecop por medio de opciones reales</b> Mauricio Otero Espinel	55
<b>Mercados Energéticos</b> Erika Cárdenas, Eliana Oliveros, Roberto Claro, Jaime Bermúdez y Cristian Vesga	83



# Editorial

**Doctora Martha Inés Blanco Alviar**  
**Decana Facultad de Ingenierías Administrativas**  
mblanco@unab.edu.co

## **CULTURA FINANCIERA EN LA UNAB**

El proyecto de Cultura Financiera, puesto en marcha desde el año 2008 por el programa de Ingeniería Financiera en alianza con la Bolsa de Valores de Colombia BVC, ha registrado aceptación importante por la comunidad santandereana. La creciente participación de estudiantes y público en general en las actividades desarrolladas permite afirmar que se evidenciará en el mediano y largo plazo impactos positivos en nuestra economía regional.

Este proyecto nace con el propósito claro de propiciar, mantener y desarrollar ambientes en la Universidad en los cuales se adquiera cultura financiera. Esta afirmación se sustenta en el argumento de las variadas decisiones financieras que deben tomar los individuos en el transcurso de su vida. Los resultados de estas determinaciones dependerán de una formación en conceptos tales como el ahorro e inversión, que se adquiere a menor edad y que adicionada a la formación en edad adulta, en temas especializados, puedan dar respuesta adecuada a preguntas tales como: ¿Cuál es la rentabilidad deseada de mi patrimonio?; ¿Cómo invertir y ganar dinero en la Bolsa de Valores?; ¿En cuales entidades invertiré mis excesos de liquidez? . Cada determinación dependerá del grado de conocimiento y cultura financiera que se tenga en el momento específico e impactará en la economía personal y de las familias.

Es así como en año 2008, el programa de Ingeniería Financiera de la UNAB, adecuó un espacio, en el cual la comunidad académica y la sociedad en general, pudiesen adquirir cultura financiera y fortalecer la formación académica. Este espacio se denomina Punto BVC UNAB. En



este se propicia el contacto de estudiantes, de inversionistas actuales y potenciales y todos aquellos interesados en obtener asesoría adecuada con miras a generar valor y beneficios para todos, con oportunidades de inversión en empresas con proyección de negocio y crecimiento. El espacio se ubica en el primer piso del Edificio Armando Puyana Puyana en un área equivalente a 92 mts cuadrados. Un profesional de la Ingeniería Financiera está a cargo, e imparte charlas relacionadas con las finanzas modernas. Allí se ofrece asesoría integral en relación con el funcionamiento de las pantallas de sistemas transaccionales instaladas por la BVC, con la información en tiempo real del mercado accionario colombiano, mercado de divisas y de renta fija. Adicionalmente se tiene una red de Internet, la cual permite al visitante acceder a un revolucionario conglomerado interactivo de información financiera que contribuye al entendimiento de los mercados mundiales. Cuenta con cinco terminales de computador, en las cuales pondrá acceder a Internet, teléfonos y consultar la pantalla de negociación de títulos de renta variable.

Las estadísticas de los últimos años, registran una participación de las comunidades regionales, integradas a colegios, universidades con programas de pregrado y posgrado, inversionistas y público en general. Es así como al finalizar el año 2008 se registró una asistencia de 3031 personas en el proyecto, cifra que fue superada en el año 2009 cuando asistieron de 3092 visitantes. Durante el año 2010, la participación fue de 2964 personas. Durante la vigencia del 2011 se contabilizaron 3259 personas involucradas al proyecto y durante el primer semestre del 2012, la cifra de 1903 personas.

Este proyecto genera grandes retos para el Programa de Ingeniería Financiera, por cuanto se verifica en cada año de funcionamiento del proyecto, un incremento en los públicos que participan y una demanda de información cada vez más especializada. Nuestro objetivo será dar respuestas pertinentes, propiciar mayores tiempos e incorporar mayores recursos técnicos al proyecto. El compromiso de la comunidad que integra la Facultad: estudiantes, docentes, padres de familia y administrativos se hace evidente y su participación es garantía de éxito.



# Programa Visión Colombia 2019: Una lectura desde las escuelas del crecimiento económico (neoclásica y endógena)

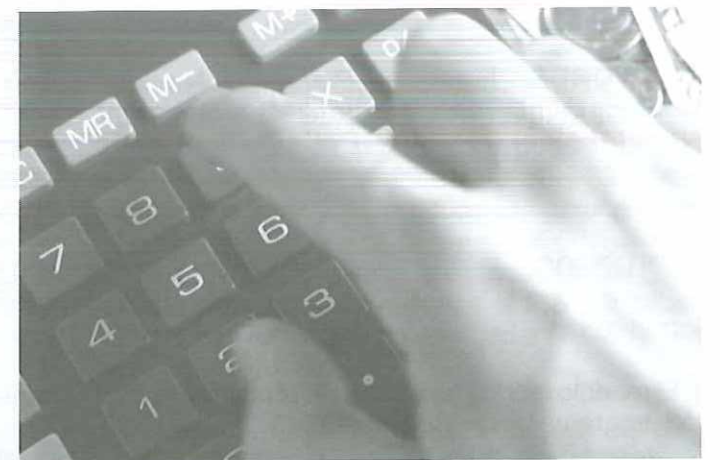
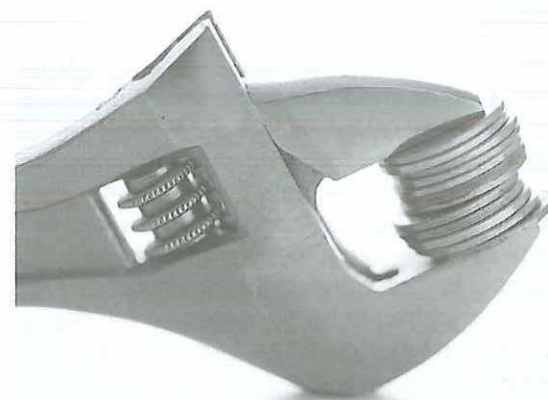
*"El lenguaje económico es un conjunto de tautologías que tienen la finalidad de servir como criterios de ordenación de la realidad empírica. Mediante él, entonces, se significan ciertos fenómenos de la realidad y se facilita su comprensión dentro de una hipótesis"*  
**Robert Cooter**

**OMAR ALFONSO OCHOA MALDONADO<sup>1</sup>**

Docente Universitario  
ochoaomar2006@yahoo.es

## RESUMEN:

El propósito palmario del presente artículo, es el de efectuar una revisión conceptual de las estrategias incorporadas en el Programa Visión Colombia 2019, elaborado por el Gobierno Nacional, con miras a lograr el crecimiento económico a largo plazo en el país, lo cual se traduce en la obtención de niveles más elevados del PIB potencial. Teniendo claro ese norte orientador,



<sup>1</sup> Abogado con grado de Honor de la Universidad Nacional de Colombia. Especialista en Gestión Pública e Instituciones Administrativas, Universidad de los Andes; en Derecho Constitucional, Universidad Nacional de Colombia y en Derecho Privado Económico, Universidad Nacional de Colombia. Estudios en Filosofía, Pensamiento Político y Económico Universidad Santo Tomás, candidato a Magíster en Derecho Económico Pontificia Universidad Javeriana. Docente Ocasional Facultad de Derecho, Ciencias Políticas y Sociales Universidad Nacional de Colombia. Actual Jefe de Control Interno, Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.



nos referiremos en primer lugar al marco teórico que guiará el estudio que se propone desarrollar, para posteriormente adentrarnos en el análisis de las principales acciones que se formulan para ser desarrolladas en cada una de las áreas estratégicas identificadas en el documento, resaltando las principales coincidencias del Plan 2019, con los modelos de crecimiento económico a largo plazo propios de la escuela neoclásica de la economía, así como con los postulados de la escuela endógena.

**PALABRAS CLAVES:** Planeación Financiera, Plan Nacional de Desarrollo, Escuela Neoclásica del Desarrollo, Políticas Públicas, estrategias de desarrollo económico, escuela endógena del crecimiento.

#### ABSTRACT:

The blatant purpose of this article is to conduct a conceptual review of the strategies built into the program Visión Colombia 2019, prepared by the National Government with a view to achieving long-term economic growth in the country, which means obtaining higher levels of potential GDP. Being clear about the North East, we refer first to the theoretical framework that guided the study aims to develop, for later in the analysis of the main actions that are formulated to be developed in each of the strategic areas identified in document, Highlighting the main matches of the Plan 2019, with models of long-term economic growth characteristic of the neoclassical school of economics, as well as the tenets of endogenous school.

**KEYWORDS:** Financial Planning, National Development Plan, School Development Neoclassical, Public Policy, economic development strategies, endogenous growth school.

#### CONTENIDO:

Introducción

I. El modelo teórico que subyace al planteamiento del programa Visión Colombia 2019.

II. Las metas planeadas y las acciones estratégicas del Programa Visión Colombia 2019

III. Objetivo. Una economía que garantice un

mayor nivel de bienestar. Estrategias 2019 y modelos de crecimiento:

Conclusiones

Bibliografía

#### INTRODUCCIÓN:

Una de las críticas más reiteradas frente al diseño y ejecución de las políticas públicas en el país en forma inveterada, es la inmediatez con que se pretenden materializar las mismas, respondiendo simplemente a coyunturas históricas muy particulares, y con el ánimo de mostrar "resultados" cortoplacistas que aparezcan efectos electorales.

Frente a esa constante, es loable que el Gobierno Nacional consciente de la necesidad de estructurar lineamientos de largo aliento como referentes que guíen el desarrollo económico y social, haya elaborado el programa Visión Colombia 2019, lanzado oficialmente en el año 2005 para discusión, con la activa participación del Departamento Nacional de Planeación, como un primer intento por lograr un acuerdo sobre lo fundamental en materia de directrices que deben orientarnos hacia unas metas respecto de las cuales exista un amplio consenso político, lo cual permitirá que independientemente de la administración de turno, se le brinde continuidad a la ejecución de la política establecida, situación que redundará en beneficio del crecimiento económico y el bienestar colectivo.

Con base en los postulados programáticos contenidos en el citado Documento, el presente artículo pretende auscultar específicamente el objetivo relacionado con el crecimiento económico y las estrategias que se esbozan para su consecución, a la luz de dos escuelas económicas del crecimiento económico: la neoclásica y la endógena, tratando de establecer puentes conectores entre el contenido del plan y los postulados de esas vertientes del pensamiento.

Igualmente, se efectúa una reseña de las estrategias mencionadas y los factores claves de éxito para materializar las ambiciosas metas propuestas en el Documento, efectuando una

crítica constructiva frente a su consistencia macroeconómica.

Especial referencia hace a la política fiscal y su incidencia en el crecimiento sostenido como factor catalizador y equilibrante de las demás variables, máxime en nuestro país en donde el gasto del sector público constituye una de las variables de más difícil manejo, en razón a la situación deficitaria entre ingresos fiscales y egresos, aunadas a la carencia de una auténtica voluntad política que discipline el comportamiento de las finanzas públicas. En efecto:

(..) Una creciente literatura destaca la noción de que la política fiscal es el resultado de complejas interacciones entre el poder ejecutivo, el legislativo y toda una serie de intereses de grupos políticos y económicos. En un estudio pionero Alesina, Hausmann, Hommes y Stein (1995), utilizando datos sobre las características de las instituciones presupuestales de 20 países de América Latina, encuentran evidencias que señalan que dichas instituciones tienen un importante efecto sobre los déficits fiscales. (CÁRDENAS, 1999, 175).

Por último, se plantearán algunas ideas que sirven de colofón frente a la discusión planteada y la relevancia de contar con un instrumento que como el Programa Visión Colombia 2019 trascienda lo coyuntural y se adentra en proyectar lineamientos estructurales de política pública, alrededor de los cuales se construya un desarrollo económico sostenido que coadyuve la efectividad de los derechos inherentes a un Estado Social de Derecho.

#### I. EL MODELO TEÓRICO QUE SUBYACE AL PLANTEAMIENTO DEL PROGRAMA VISIÓN COLOMBIA 2019

El presente análisis parte de los supuestos conceptuales propios de teoría del crecimiento, bajo la óptica del modelo de SOLOW<sup>2</sup> que se enmarca en la Escuela Neoclásica y por otro lado del modelo de crecimiento endógeno, para con posterioridad matizarlas con referencia a su aplicación concreta al caso colombiano a la luz de los postulados plasmados en el Documento

<sup>2</sup> El modelo de Solow plantea un modelo de carácter cuantitativo para explicar el crecimiento de la producción nacional de bienes y servicios. En la estructura del modelo intervienen como factores la producción nacional, el ahorro, y el capital fijo. El modelo parte del supuesto de que el Producto Interno Bruto es igual a la renta nacional; por tanto, implica una abstracción frente a la interacción con agentes externos, es decir, no contempla las importaciones ni las exportaciones.

Colombia Visión 2019, el cual retoma elementos estructurantes de los dos modelos económicos de crecimiento reseñados, circunstancia que, de contera, nos permite efectuar un parangón con las experiencias en el desarrollo de otros países y sus factores claves de éxito en ese propósito.

Para el efecto, se estima pertinente en primera instancia remitirnos a la concepción propia de la teoría neoclásica del crecimiento, según la cual el crecimiento de la producción se encuentra vinculado estrechamente con el comportamiento y evolución de los diferentes factores productivos, dentro de los cuales destacamos el capital y el trabajo, así como su nivel de incidencia sobre la renta.

El desarrollo metodológico de esta teoría nos indica que en un primer nivel es menester hacer abstracción del progreso tecnológico en las primeras instancias del desarrollo, en las cuales, cuando se logra un punto en el cual la renta y el capital *per capita* se mantienen constantes, se ha alcanzado un "estado estacionario", en el que el ahorro generado en una economía es equivalente a la inversión necesaria en los factores capital y trabajo.

Como resultado de la anterior situación tenemos necesariamente una tasa de crecimiento de la población igual a la expansión de la producción, en forma independiente del nivel del ahorro. La anterior sería una tendencia secular que implicaría la convergencia de los países en desarrollo al estado descrito, en ausencia de mejoras de carácter tecnológico, reflejándose en un indicador que mostraría un PIB *per cápita* constante.

Esta teoría implica entonces que los rendimientos son constantes, pero decrecientes para cada uno de los factores de producción, puesto que en algún momento cada máquina o bien de capital adicional aumenta la producción, pero en una cantidad menor que la anterior (DORNBUSCH, 2005, 65). En este punto, la economía alcanza un estado estacionario, en donde el PIB *per cápita* como se ha indicado precedentemente es constante.

Posteriormente, al aumentar la relación capital y trabajo ello permite un aumento en el nivel de renta que si bien no conlleva un crecimiento



inmediato de la producción, si favorece el nivel de capital y la producción *per cápita* en el largo plazo.

Aunando a lo anterior, cuando nos encontramos frente a un estado estacionario con tendencia al crecimiento de la renta *per cápita* y mayor acumulación de capital, ello se ve reflejado en el progreso técnico que indudablemente marca la pauta en torno al crecimiento de la producción, razón por la cual, se afirma que:

La tasa de crecimiento de la renta *per cápita* correspondiente al estado estacionario depende de la tasa de progreso técnico. La tasa de crecimiento de la producción agregada correspondiente al estado estacionario es la suma de la tasa de progreso técnico y de la tasa de crecimiento de la población. (DORNBUSCH, 2005, 75).

En ese orden de ideas, el factor tecnológico ocupa un lugar de especial relevancia en la teoría neoclásica, por cuanto es el insumo que a la postre permite generar las condiciones propicias para el crecimiento económico, trascendiendo las instancias de desarrollo anteriores. En ese sentido se señala por parte de esta vertiente del pensamiento, lo siguiente:

En 1957, un año después de publicar el artículo teórico sobre el modelo neoclásico, Solow hizo otro aporte importante, esta vez en el terreno empírico. Trató de descomponer el crecimiento en los Estados Unidos en sus diferentes factores: la acumulación de capital, la acumulación de trabajo y el progreso técnico, a veces llamado el residuo de Solow<sup>3</sup>. Concluyó que casi el 80% del crecimiento económico en los Estados Unidos se debía atribuir al progreso tecnológico. (MONTENEGRO, 2005, 64).

Según los anteriores postulados conceptuales de la escuela neoclásica, si dos o más países ostentan la misma tasa de crecimiento de la población, los mismos niveles de ahorro y de producción, accederán al mismo nivel de renta. De tal suerte que los países en vías de desarrollo deberían alcanzar un nivel de ahorro similar al de los desarrollados y con acceso a similar tecnología lograrían alcanzar niveles importantes

de desarrollo (progreso técnico más crecimiento demográfico).

El otro modelo conceptual es el del crecimiento endógeno, según el cual el progreso en materia tecnológica depende de los niveles de ahorro, en la medida en que este último esté focalizado hacia la formación de capital humano. En el escenario de largo plazo, el crecimiento de los países industrializados depende de la tasa de crecimiento tecnológico.

De esa forma, la teoría del crecimiento endógeno surge como la respuesta a un interrogante principal que suscita la teoría neoclásica del crecimiento, consistente en que dicho modelo no explica cuáles son los determinantes económicos del progreso tecnológico. Para el modelo bajo estudio, la inversión en capital humano, en investigación y en desarrollo es el factor axial para lograr el crecimiento de largo plazo.

En ese orden de ideas, la producción de conocimiento es vital para el crecimiento económico, tal como lo asevera la doctrina especializada en los siguientes términos:

Los modelos que explican el crecimiento como resultado de la producción de conocimiento, conocidos como modelos de Investigación y Desarrollo (I&D), hacen varios aportes importantes. Primero, ofrecen explicaciones con fundamento macroeconómico a la pregunta de cómo se genera el conocimiento, como parte de la actividad económica intencional. Como el conocimiento no sería el subproducto automático de alguna otra actividad, se vuelve importante pensar en cómo se estimula su producción y difusión. Segundo, hay un grado alto de consenso sobre el importante papel del conocimiento como explicación del crecimiento global en el último siglo. (MONTENEGRO, 2005, 74).

Frente a los países en vías de desarrollo, el crecimiento está asociado a los niveles de ahorro, al crecimiento poblacional, a la internacionalización de sus economías y a un entorno caracterizado por la seguridad, así como por la estabilidad jurídica y política.

Bajo la orientación de los anteriores derroteros conceptuales, nos adentramos en el análisis concreto del instrumento de planificación: Documento Colombia Visión 2019, y las estrategias plasmadas en el mismo para alcanzar el desarrollo económico.

En lo que respecta al tipo del modelo de crecimiento adoptado por el citado Programa Visión Colombia 2019, podemos señalar que en dicho documento programático se retornan aspectos de ambas teorías, tal como pasamos a explicar a continuación.

## II. LAS METAS PLANEADAS Y LAS ACCIONES ESTRATÉGICAS DEL PROGRAMA VISIÓN COLOMBIA 2019

El Programa Visión Colombia 2019 ha sido concebido como un documento a través del cual se articulan distintos consensos e imaginarios de los diferentes sectores de la población colombiana, orientados a estructurar una visión de largo plazo que propenda por el desarrollo económico sostenible del país.

Este instrumento responde a la imperiosa necesidad de forjar políticas públicas de largo aliento que garanticen líneas de continuidad en materias tales como la paz, el bienestar social, la justicia social, la creación de infraestructura, la calidad de vida, la productividad, la competitividad, el crecimiento económico, entre otras. Respecto a los aspectos enunciados, las administraciones de turno han tenido una visión pragmática que ha fragmentado en la práctica la continuidad de las estrategias con vocación de continuidad, haciendo por lo general tabla rasa de los diferentes acumulados obtenidos en periodos anteriores. Lo anterior es consecuente con un factor de éxito crucial para cualquier economía: tener objetivos de largo plazo y no coyunturales, a ese loable propósito apunta el documento bajo estudio.

En tal sentido, la propuesta contenida en el Programa Visión Colombia 2019 se sustenta en dos axiomas fundamentales: Consolidar el modelo político de talante democrático y afianzar un modelo económico sin exclusiones. En ese sentido, el texto propone como uno de sus cuatro grandes objetivos; "lograr una economía que garantice un mayor bienestar". En ese aspecto, el documento centra su atención en la consolidación

de una base material que posibilite el cumplimiento de las metas propuestas especialmente en lo referente al aumento en el nivel de ingreso por habitante y la distribución equitativa de los frutos del crecimiento, aspecto en el cual reviste especial importancia el papel que juegue el Estado como elemento regulador y catalizador de la economía a través del diseño e implementación de políticas públicas consecuentes con el ideario democrático y pluralista que pregonan la Carta Política.

Lo anterior sin perjuicio de otros aspectos tales como el aprovechamiento pleno de los recursos naturales del país, esto es; la tierra, los mares, la biodiversidad y su estratégica localización geográfica. Así mismo, también se plantea una necesaria integración de la economía con los mercados externos, lo que propiciaría el crecimiento de la misma de tal manera que la ciencia, la tecnología y la innovación desempeñen un papel de primer orden en el logro de ese plausible propósito.

Para ilustrar el camino a seguir, es pertinente remitirnos a la experiencia internacional de países que, como los llamados tigres asiáticos, han enfocado su acción a generar altas tasas de ahorro que redunden en mayor inversión en bienes de capital y en capital humano, brindando condiciones propicias para la inversión, el cual debe ser un referente de forzosa observancia para adentrarnos en las rutas del progreso productivo.

Para cumplir con el objetivo mencionado, el documento propone ocho estrategias básicas de acción, las cuales se enmarcan dentro de los supuestos conceptuales propios de la aplicación de dos modelos de crecimiento económico: la teoría neoclásica del crecimiento y la teoría del crecimiento endógeno.

Analicemos ahora brevemente cada una de estas estrategias propuestas en ese frente de acción y su relación con los modelos económicos de crecimiento reseñados.

## III. OBJETIVO. UNA ECONOMÍA QUE GARANTICE UN MAYOR NIVEL DE BIENESTAR. ESTRATEGIAS 2019 Y MODELOS DE CRECIMIENTO:

**1. Consolidar una estrategia de crecimiento:** Para lograr el aumento en el tamaño de la

<sup>3</sup> El concepto de productividad que es pertinente en este caso es la productividad total de los factores (PTF), es decir, la medida de qué tan eficientemente se utilizan todos los factores de producción juntos. No se debe confundir con el concepto de productividad laboral, que mide la eficiencia con que se convierten las horas de trabajo en unidades efectivas de trabajo.



economía, el documento propone consolidar una estrategia de crecimiento fundamentada principalmente en: a) cambios tanto en la oferta como en la demanda de la estructura productiva, y b) asegurar la apropiación de los retornos esperados de la inversión. Bajo esa perspectiva, el país debe propender por aprovechar sus ventajas comparativas que devienen de su localización, biodiversidad y recursos naturales, para convertir esas prerrogativas en ventajas competitivas que se proyecten hacia los mercados internacionales, generando de esa forma una expansión del sector productivo.

De esa forma, el documento propone un aumento de maquinaria e infraestructura, es decir, en el capital de producción, lo cual es consecuente con los postulados propios de la teoría neoclásica del desarrollo. Igualmente, el documento también señala como instrumento de crecimiento, un mejoramiento paulatino en la cobertura y calidad de educación en aras de formar capital humano, lo que supone entonces darle primacía al conocimiento como elemento primordial para el crecimiento económico, axioma que es inherente a la teoría del crecimiento endógeno.

Dentro de los factores claves de éxito encontramos: el incremento de los factores de producción y de la relación capital – trabajo, los cuales guardan un íntimo nivel de concordancia con la acción descrita, en la medida que el crecimiento económico en la forma propuesta en el documento en análisis, apunta a cambios cuantitativos tanto en la demanda como en la oferta de la estructura de producción, meta que solamente se puede obtener con la expansión de su capital productivo y la absorción de mano de obra calificada y no calificada, a la vez que se optimiza el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles, factores que conjugados en debida forma, militan a favor de un ensanchamiento de la capacidad de producción y un mayor dinamismo de la relación capital – trabajo.

**2.- Afianzar la consistencia macroeconómica:** Como segunda acción, se pretende un afianzamiento de la consistencia macroeconómica, a través de una mayor participación del sector privado en los proyectos de inversión, de tal manera que el ahorro privado y la inversión pública se complementen generando sinergias. Sobre este aspecto en particular, se llama la atención en torno

a la necesidad de ajustar el gasto público que en la actualidad aparece seriamente desbalanceado por el exceso de gasto frente al nivel de ingresos fiscales, lo cual origina una marcada dependencia del endeudamiento externo y la necesidad de continuas reformas tributarias para solventar las coyunturas que se pretende conjurar.

En este punto se estima necesario en el largo plazo generar una dinámica económica que permita un mayor recaudo de tributos en la medida en que haya un crecimiento económico sostenible que permita ampliar las bases impositivas, reduciendo la necesidad de endeudamiento. Por otro lado, es fundamental generar condiciones normativas frente a la viabilidad financiera de los pasivos pensionales en el mediano y largo plazo, así como garantizar un flujo efectivo de recursos del centro a la periferia por el sistema general de participaciones, sin que ello implique un desangre del sector central, para lo cual se propone indexar cada año el crecimiento de las citadas transferencias. Respecto a las transferencias del centro a la periferia y la sostenibilidad fiscal, es pertinente traer a colación algunas recomendaciones de la Misión de Ingreso Público, especialmente relacionadas con la problemática territorial respecto de la cual se advertía como necesidad:

Diseñar un esquema de reparto de los recursos en el cual las transferencias se entreguen premiando el esfuerzo fiscal de las regiones o por lo menos incentive debidamente ese esfuerzo. Para aquellas entidades locales sin capacidad, se propone establecer una organización basada en diseños más eficientes de administración y fondos nacionales de desarrollo local. (ZAPATA, 2002).

Desde la perspectiva neoclásica, el mayor nivel de ahorro termina generando crecimiento de la capacidad productiva, a ello apunta esta acción en particular, al generar condiciones fiscales propicias para el ahorro del sector público (superávit del tesoro) y a su vez una política tributaria que pondere el incentivo a la inversión y el recaudo de los recursos provenientes de las actividades productivas en expansión. En efecto, sobre el particular se asevera:

“Las bases sobre las cuales se asienta ese crecimiento económico son: Alto crecimiento

real del PIB y baja inflación. Estabilidad de precios, es un objetivo necesario para crear un clima de confianza y para que los agentes tomen sus decisiones adecuadamente (...) Elevada tasa de ahorro doméstica y estabilidad del tipo de cambio: nuevo comportamiento del sector exterior más equilibrado y menos estrangulador del crecimiento económico.” (MARTÍNEZ, 2000, 97).

Como factor de éxito se destaca la generación de ahorro e inversión, en la cual el sector público cumple un papel relevante mediante el ajuste en el gasto público, la generación de excedentes y su canalización hacia el sector productivo por construcción de infraestructura o, incluso, como partícipe en los mercados, erigiéndose de esa forma en agente dinamizador de los mismos.

**3.- Desarrollar un modelo empresarial competitivo:** Como tercera acción, se propone desarrollar un modelo empresarial competitivo que aproveche las ventajas comparativas volviéndolas competitivas y de esa forma generar valor agregado, adaptándose a las exigencias de los mercados internacionales. En este punto en particular, se resaltan medidas que generen estabilidad jurídica de las inversiones, de tal manera que nuestro ordenamiento normativo debe flexibilizarse en lo referente a la necesidad de contar con inversión extranjera, aspecto en el cual se ha avanzado con la ley de protección al inversionista – Ley 963 de 2005 – e instrumentos tales como los contratos de estabilidad jurídica que propenden por atraer capital foráneo. Dentro de las acciones que se proponen en este ítem, encontramos la paulatina certificación con estándares internacionales de los procesos productivos, aspecto sobre el cual también se ha avanzado ante la generalización de la cultura de las certificaciones de calidad de los procesos y procedimientos, vía normas técnicas internacionalmente reconocidas.

El crecimiento de la producción como resultado de un mayor nivel de ingreso que se vea reflejado en mayor capacidad de inversión está directamente relacionado con esta acción en particular, lo cual es un fiel trasunto que deviene de la teoría neoclásica del crecimiento económico.

Sobre ese particular, es destacable el impulso del componente tecnológico como motor del

desarrollo productivo empresarial, frente al cual subsisten en economías en desarrollo como las nuestras ciertas resistencias por el temor infundado al paro parcial de la mano de obra, cuando en la práctica el avance en esa materia termina redundando en la generación de nuevas posiciones mejor remuneradas. En efecto:

No es sorprendente que el progreso tecnológico se encuentre a menudo con cierta resistencia. Aunque cada vez se acepta más que esa resistencia es inútil –el cambio acabará llegando– y que los beneficios del progreso son superiores a los costes, también se reconoce cada vez la ayuda que puede proporcionar el Estado a los trabajadores desplazados por el cambio tecnológico para encontrar otro empleo. (STIGLITZ, 1998, 483).

Ergo, para consolidar un modelo competitivo en el seno de un entorno cada vez más exigente es necesario apelar como factor de éxito al progreso tecnológico, tanto desde el punto de vista de adquisición de infraestructura productiva como la creación de la misma, incentivando procesos de relación simbiótica entre ciencia y tecnología.

Lo anterior sin perjuicio del impulso de políticas públicas focalizadas a canalizar la mano de obra cesante y no calificada, hacia programas de capacitación y entrenamiento en nuevas tecnologías, lo cual genera una mejora en la competitividad y una sensible reducción en las tasas de desempleo.

Sobre el papel del gasto público en ese cometido se ha indicado, con sindéresis, que:

(...) al estudiar el tema del gasto público en relación con el papel del Estado en el desarrollo económico y social de una Nación, se puede determinar que “el tipo de inversión, necesario en las primeras fases de desarrollo, con frecuencia implica gastos elevados, tales como los relacionados con el desarrollo de sistemas de transporte o apertura de zonas subdesarrolladas del país, sumada a una inversión en infraestructura.” (GUTIÉRREZ, 2000, 320). La inversión en esta etapa deberá estar principalmente, por no decir totalmente, a cargo del Estado, ya que la provisión de este tipo de proyectos por parte del sector privado



sería imposible, dada la magnitud de las inversiones y la lenta recuperación de la inversión social. (MOLINA, 2010, 98-99).

**4.- Aprovechar las potencialidades del campo:** Una cuarta acción planteada en el documento indica un aprovechamiento de las potencialidades del campo, de tal manera que se hace especial énfasis en el sector primario de la economía como motor del crecimiento. Lo anterior, implica el aumento de las áreas sembradas en el país, optimizar la utilización del uso del suelo fértil, ampliar la cobertura y mejorar la operación de los sistemas de riego y drenaje, desarrollar el mercado financiero en el sector rural en el cual hace escasa presencia, a través de la creación de líneas de financiamiento que fomenten esta actividad productiva, aprovechar las ventajas de la diversidad biológica y genética, semillas y material reproductivo para incrementar la productividad de la producción agropecuaria y fortalecer el sistema de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (MSF).

Consecuentes con el modelo neoclásico de crecimiento, esta acción se encamina a la tecnificación de los procesos agrícolas, en aras de una mayor eficiencia en la explotación económica de la tierra. Además, es indudable que si en algo podemos competir en los mercados internacionales es en la producción agrícola, razón por la cual, los esfuerzos de tecnificación se deben centrar en ese sector y de esa forma propiciar las condiciones no solamente para garantizar la seguridad alimentaria del país, sino un nivel de producción que nos permita incursionar con éxito en los mercados internacionales.

Como factor de éxito destacamos la ampliación de la superficie cultivada, a través de diferentes mecanismos como la expropiación y extinción del dominio, una auténtica reforma agraria y una política de seguridad para la explotación productiva del campo.

**5.- Aprovechar los recursos marítimos:** Como quinta acción se propone el aprovechamiento de los recursos marítimos, tanto para el comercio internacional como para la industria turística, exigiendo al país la incorporación de su extensión marítima en beneficio de su desarrollo. En este punto, se plantea la promoción de la "cultura

marítima" desde las instituciones educativas y la generación de conocimientos científicos y tecnológicos sobre el particular. Así mismo, adquiere vital importancia el establecimiento de una institucionalidad para el manejo de estos temas, que se encarne, por ejemplo, en la creación de un ministerio o un departamento administrativo específico para este sector. Se hace alusión a la necesidad de un marco normativo que se refleje por un lado, en la presencia de la problemática marítima en los planes de desarrollo y en el desarrollo de una legislación específica para esa materia.

A través de la implementación de estos procesos educativos y de una nueva institucionalidad, se estima que esta quinta acción es un desarrollo que implica una emanación del modelo de crecimiento endógeno, toda vez que le otorga preponderancia al factor de investigación y desarrollo como elementos primordiales del crecimiento económico.

La acción descrita se entrelaza con un factor crucial, trascender las fronteras y crecer hacia fuera, aprovechando el destacado posicionamiento geográfico del país que le posibilita contactarse con diversos mercados foráneos.

**6.- Generar una infraestructura adecuada para el desarrollo:** Como sexta acción se pretende generar una infraestructura adecuada para el desarrollo, de tal manera que se apunte a un crecimiento y mejoramiento en sectores como el de transporte, telecomunicaciones, minas y energía. Para lograr los objetivos propuestos, respecto de los sectores mencionados, es indispensable el mejoramiento tecnológico a nivel de la infraestructura productiva, necesaria para ensanchar la capacidad de los sectores enunciados; lo cual indudablemente se enmarca dentro de los postulados de la teoría neoclásica del crecimiento y la tendencia secular a que el crecimiento de la producción sea consecuente con la inversión en tecnología e infraestructura.

Dicho debate no es pacífico, se ha argumentado que el crecimiento y el desarrollo tienen un enorme impacto social en sus primeras fases, lo cual potencialmente entraría en contradicción con el reconocimiento prolífico de derechos de estirpe constitucional, frente a lo cual es vital la función

que el sector público desempeñe como amortiguador de esas nocivas consecuencias sociales. Las investigaciones en la materia sobre esa controversia señalan:

De otro lado, se ha argumentado que el liberalismo económico y la democracia política son procesos conflictivos en países que están atravesando por determinadas etapas de crecimiento. Esto se debe en primera instancia a las dislocaciones sociales y a las crecientes desigualdades características de las primeras fases de desarrollo. Estas inevitables limitaciones se ven exacerbadas por las reformas orientadas hacia el mercado. (HAGGARD, 1994, 411).

Ese tipo de connotaciones sociales debe sopesarse con los esquemas de ajuste e inversión necesarios para encauzar un crecimiento sostenido, en aras de soslayar derechos tan caros al esquema propio de un estado social de derecho.

Es indudable que un factor de éxito básico en aras del crecimiento es la inversión en infraestructura en comunicaciones, transporte y, tal vez, el más relevante en el futuro: la minería y los recursos hídricos y eléctricos, para cuyo aprovechamiento no solamente requerimos una fuerte inversión pública, sino el concurso del sector privado en proyectos de auténtico riesgo compartido.

**7.- Asegurar una estrategia de desarrollo sostenible:** En este punto se plantea, como factor determinante para el crecimiento económico, que el mismo vaya acompañado de un aprovechamiento sostenible del medio ambiente, de los recursos naturales y de la biodiversidad. Bajo tales premisas, se hace especial énfasis en el mejoramiento ambiental a través de medidas tales como la reforestación, planes ambientales de mejoramiento para cuencas, páramos y ecosistemas acuáticos e implementar medidas de control de emisiones tóxicas y la disminución de la polución de las grandes urbes, entre otras.

Para el necesario desarrollo del capital humano, es condición *sine qua non*, un ambiente adecuado para las futuras generaciones, razones por las cuales, esta acción se enmarca claramente dentro de los postulados propios de la teoría del

crecimiento endógeno que hace especialmente énfasis en el capital humano como motor del desarrollo económico.

No obstante lo anterior, la inversión en tecnología que pregona la escuela neoclásica debe ser coherente con una política ambiental que impida arrasar con el medio ambiente, en aras de lograr el mayor nivel de productividad por conducto de la utilización de la capacidad productiva que en todo caso tiene un alto nivel de responsabilidad en el plano ambiental, por la cual debe velar de manera prevalente el aparato estatal.

Frente a ese particular, uno de los pilares que se proyecta como bastión para el desarrollo económico, es el sector minero energético, en el cual se tienen cifradas las esperanzas de hallazgos, explotaciones y en consecuencia, un denodado aporte al crecimiento económico en su conjunto en la próxima década. Esa temática revista visos de alta sensibilidad frente a las comunidades asentadas en las zonas geográficas de donde se pretende extraer los recursos naturales, máxime cuando la jurisprudencia constitucional<sup>4</sup> ha sido enfática y reiterativa frente a la necesidad de contar con la instancia de consulta previa a las comunidades afectadas en el curso del desarrollo preliminar de un proceso de explotación minera que necesariamente implica socavar en alguna forma el medio ambiente.

Sobre ese sector en particular y su relevante papel en el desarrollo productivo se ha señalado con acierto:

Colombia se ha convertido en un país minero exportador, y si maneja la macroeconomía irresponsablemente puede quedar afectada por "la maldición de los recursos naturales". Las rentas derivadas del petróleo, del carbón, el gas, el zinc y el oro -todos los cuales son extraídos mediante procesos intensivos en capital y que tienen poca relación con el resto de la economía- tenderán a fortalecer la moneda nacional y socavarán la rentabilidad de las exportaciones y la producción local de bienes transables que son intensivos en trabajo y tienen amplias ramificaciones con el resto de la economía. (KALMANOVITZ, 2010, 340-341).

<sup>4</sup> Sobre el particular es pertinente la consulta de la Sentencia proferida por la Sala Quinta de Revisión de la Corte Constitucional n°. T-129 de 2001, Mag. Ponente Dr. Jorge Iván Palacio Palacio.



Se tendrá entonces que hacer compatible el desarrollo económico jalonado por el sector minero, sin desmedro de los demás renglones económicos, los cuales quedarían seriamente afectados si los esfuerzos se concentran en el sector primario, en detrimento del ensanchamiento de la capacidad productiva en otros frentes de acción tales como el industrial y el manufacturero.

### 8.- Fundamentar el crecimiento en el desarrollo científico y tecnológico:

Con esta acción se resalta el papel protagónico de la ciencia, la tecnología y la innovación en el crecimiento productivo del país. En tal sentido, para lograr dicho propósito, el documento propone la producción, difusión y uso del conocimiento para el aprovechamiento de los recursos humanos y naturales del país así como el posicionamiento de centros de investigación y de profesionales dedicados exclusivamente al tema investigativo. Sin lugar a dudas, esta acción es la principal exponente del modelo de crecimiento endógeno, el cual reconoce la inversión en capital humano, investigación y desarrollo como el motor eficiente para obtener mayores niveles de PIB potencial<sup>5</sup>. En efecto, sobre ese particular se asevera: "Según los modelos de crecimiento endógeno, el progreso tecnológico depende del ahorro, especialmente de la inversión destinada a la formación de capital humano". (DORNBUSH, 2005, 76).

En nuestro país recientemente se ha dado un paso fundamental en ese sentido con la creación del Departamento Administrativo Ciencia, Tecnología e Innovación<sup>6</sup>, lo cual implicó una reestructuración del antiguo Conciencias e igualmente la preocupación porque alcancemos en el 2019, una inversión en ciencia y tecnología equivalente a 1.5% del PIB, contando para el efecto con la activa participación de capital privado en la consumación de ese propósito.

Este factor crucial debe ser uno de los de mayor proyección, por cuanto tradicionalmente el sector de ciencia y tecnología ha sido relegado y marginal, desconociendo el diálogo necesario que debe existir entre la empresa como unidad productiva y la academia como polo de desarrollo de nuevas tecnologías que optimicen los procesos productivos y reduzcan nuestra

inveterada dependencia de la importación de técnica. Edwards resume con inusitada claridad los anteriores asertos al señalar:

Para generar este rápido crecimiento de largo plazo es necesario que cumplan tres condiciones. Primero, deben acumular capital, lo que implica altos índices de ahorro que ayuden a pagar nuevas máquinas, equipos e infraestructura. En segundo lugar, deben usar sus fuerzas laborales de manera eficiente, lo que exige una legislación laboral moderna que estimule el empleo de mujeres, jóvenes y ciudadanos de mayor edad. Finalmente, deben lograr un alto índice de crecimiento de la productividad, lo que solo se puede alcanzar asegurando un sistema educacional de alta calidad y amplio acceso. (EDWARDS, 2006).

Desde esa perspectiva, tal acción en la forma propuesta pareciera ser aún muy limitada, por cuanto no se dimensiona el protagonismo que para el progreso social y productivo ostenta el conocimiento científico y su difusión; muestra fehaciente de ello es la meta limitada de acceso a la educación superior que se propone el Plan (40%, hoy es del 25%), lo que indicaría relegar a un segundo plano la trascendencia de la educación en el progreso de los pueblos, no solamente en su cobertura como hoy se pretende sino desde la óptica de su calidad.

### CONCLUSIONES

Al efectuar un análisis de las distintas metas planteadas en relación con el crecimiento económico que debe experimentar el país en el largo plazo y las estrategias de acción para desarrollar cada uno de esos objetivos, arribamos a la conclusión de que el Plan 2019 no es un instrumento de planeación que se haya inspirado exclusivamente en un único modelo de crecimiento económico, sino que por el contrario, es el resultado de la conjunción de elementos que provienen tanto del modelo neoclásico de crecimiento como del modelo de crecimiento endógeno.

En ese orden de ideas, en el Documento Visión 2019 se hace referencia al modelo neoclásico de

crecimiento dentro del objetivo "una economía que garantice un mayor nivel de bienestar", en relación con acciones concretas en materia de crecimiento con un nivel de inversión proyectado del 25% sobre el PIB en el 2019, ahorro que en buena medida debe provenir de la estabilidad macroeconómica de las diferentes variables que posibiliten enfocar la inversión hacia la adquisición de bienes de capital y tecnología para los sectores en los cuales el país puede lograr una ventaja competitiva en el entorno internacional, aunado a la inversión en infraestructura como otro elemento indispensable para propiciar el crecimiento económico.

Consecuente con los postulados neoclásicos, encontramos especial énfasis en el diseño y puesta en funcionamiento de políticas orientadas al aumento de demanda de maquinaria, infraestructura, mejoramiento tecnológico en los sectores de transporte, telecomunicaciones, minas y energía, aprovechamiento de las potencialidades del campo y de los recursos marítimos, entre otros.

De manera coetánea, el Plan 2019 también reconoce las bondades de la teoría del crecimiento endógeno, al propender por el mejoramiento en la cobertura en educación, así como la promoción de la investigación y el desarrollo para difundir el conocimiento y generar valor agregado.

En ese aspecto, es preciso hacer referencia al consenso generalizado en torno a como el progreso tecnológico impulsa el desarrollo económico de los países y cómo el mismo está estrechamente vinculado a los avances de la ciencia, circunstancia que nos interpela en nuestro contexto en donde la inversión en investigación es, tal vez, una de nuestras debilidades más sensibles. Efectivamente, una mirada comparativa nos demuestra cómo las experiencias internacionales exitosas en la materia tienen como común denominador el aumento significativo en la tasa de habitantes con acceso a centros educativos, como ocurre en el caso de los llamados Tigres Asiáticos, en contraposición a países con alto grado de crecimiento demográfico y elevados índices de

analfabetismo y escolaridad como ocurre con algunos del África septentrional<sup>7</sup>.

Como crítica desde una perspectiva constructiva, podemos señalar que el Plan es tímido en materia de generar infraestructura social, si bien existen avances significativos para propiciar condiciones de seguridad al inversionista y estabilidad normativa, es menester ir más allá en materia de desregulación de ciertas actividades empresariales que no llevan ínsito un interés público para facilitar su expansión y ejercer de manera comprensiva una supervisión estatal que no implique co-administración, ni hipertrofia normativa para el ejercicio de una actividad económica lícita.

Igualmente, mientras no solventemos el conflicto armado, ese factor será un obstáculo al progreso social que no genera *ab initio* una desventaja comparativa generalizada frente al entorno que no tiene ese fenómeno, situación que nos obliga a mezclar una estrategia de reivindicación del monopolio legítimo de la fuerza en cabeza del Estado como postulado de inspiración weberiana y a la vez una política de paz que no descarte la salida negociada al conflicto armado que es óbice en la actualidad para el desarrollo de nuestro principal sector productivo: el campo y sus posibilidades latentes y aún inexploradas.

Por último, parafraseando a Stiglitz debemos enfocar nuestros esfuerzos no solo en la generación y adquisición de tecnología, sino que ese ensanchamiento productivo redunde en un mejoramiento correlativo de los indicadores de bienestar y de distribución del ingreso, sobre el particular ha señalado dicho autor: "Son cuatro las principales fuentes del crecimiento de la productividad: el aumento de la acumulación de bienes de capital (inversión), la mejora en la calidad de la población activa; el aumento de la eficiencia de la asignación de recursos; y el cambio tecnológico." (STIGLITZ, 1998, 485).

Otro elemento fundamental es la disciplina fiscal, sin la cual cualquier intento de crecimiento no pasa de ser una buena intención, en la medida que el sector público debe coadyuvar eficientemente en el equilibrio de las variables macroeconómicas a través de la implementación de políticas

<sup>5</sup> El PIB potencial mide el nivel de producción máximo que un país puede alcanzar con el trabajo, capital y tecnología existentes, sin provocar presiones inflacionarias.

<sup>6</sup> Ley 1286 de 2009, "Por la cual se modifica la Ley 29 de 1990, se transforma a Colciencias en Departamento Administrativo, se fortalece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia y se dictan otras disposiciones".

<sup>7</sup> La riqueza del capital humano y su ritmo de aumento son cruciales para el nivel y la velocidad del desarrollo económico de un país, fundamentalmente porque el capital humano es el principal factor determinante de la capacidad de un país para producir y adoptar innovaciones tecnológicas. La inversión en capital humano, si bien es extremadamente importante, no basta para lograr un rápido crecimiento económico: debe ir acompañada de una estrategia de desarrollo acertada. (FERRARI 2003, 2).



anticíclicas y como motor eficiente que impulse vía cubrimiento de necesidades sociales las actividades productivas. Sobre ese aspecto se resalta:

- Un marco presupuestal ideal debería tener las siguientes características (Banco Mundial, 1998, Wisner, 2005):
- Disciplina fiscal y consistencia de las políticas de ingresos y gastos con la estabilidad macroeconómica;
- Asignación de acuerdo a prioridades de política, es decir, mecanismos de priorización en la composición del gasto (sectorialmente, regionalmente, etc.)
- Eficiencia y eficacia en la ejecución y en la evaluación. (OLIVERA, 2008, 54).

Los factores enunciados en su conjunto, son el fiel reflejo del convencimiento en el sentido que el Plan 2019, tiene como asidero y *leitmotiv* de sus metas la inversión en el capital humano y en el conocimiento, como factores de insoslayable observancia en procura del éxito de las estrategias trazadas para lograr el anhelado crecimiento económico a largo plazo.

#### BIBLIOGRAFÍA

COOTER ROBERT Y ULEN THOMAS. *Derecho y Economía*. Fondo de Cultura Económica, México.

BANCO DE LA REPÚBLICA. (2002) *Introducción al Análisis Económico. El caso Colombiano*. Bogotá: 2a Edición.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. (2008) *Documento: Visión Colombia II Centenario. 2019*.

DORNBUSCH, Rudiger, Stanley Fischer y Richard Startz. (2005) *Macroeconomía*. Madrid: novena edición, Editorial Mc Graw Hill.

EDWARDS Sebastián. (2006) Artículo: *Tres*

*condiciones para el crecimiento sostenido de América Latina*. En: Periódico *El Tiempo*, julio 23.

FERRARI ROMINA MARIEL. (2003) *Macroeconomía, Teoría del Crecimiento y Desarrollo Económico*. En línea disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos32/teoria-crecimiento/teoria-crecimiento2.shtml> [Mayo 12 de 2011].

HAGGARD STEPHAN y KAUFMAN ROBERT. (1992) *La política de ajuste Económico*. Bogotá: Editorial CEREC.

KALMANOVITZ SALOMON. (2010). *Nueva Historia Económica de Colombia*. Bogotá: Editorial Taurus.

MARTÍNEZ ALVAREZ, (2000) *Economía del Sector Público*. Barcelona: Editorial Ariel S.A.

MISIÓN DEL INGRESO PÚBLICO. (2003) *Informe del Consejo Directivo*. Bogotá: Cuadernos Fedesarrollo 10.

MOLINA BETANCOURT CARLOS MARIO. (2010). *Corte Constitucional y Economía*. Medellín: Seño Editorial Universidad de Medellín.

MONTENEGRO, Armando y Rafael Rivas. (2005) *Las piezas del rompecabezas. Desigualdad, pobreza y crecimiento*. Bogotá: Primera Edición, Editora Taurus.

OLIVERA MAURICIO. (2008). *Sobre Teoría de Juegos, Proceso Presupuestal y Situación fiscal en Colombia*. Bogotá: Cuadernos Fedesarrollo.

ROEMER ANDRÉS Compilador. (2002) *Derecho y Economía: Una revisión de la Literatura*. México: Fondo de Cultura Económica.

STIGLITZ E. JOSEPH. (1998) *Macroeconomía*. Barcelona: Editorial Ariel.

ZAPATA HUAN GONZALO. (1999). *“El financiamiento de las entidades territoriales, ¿mayor autonomía territorial o dependencia*



# Una adecuada gestión de riesgos contribuye a la creación de valor en las empresas, caso del sector financiero en Colombia

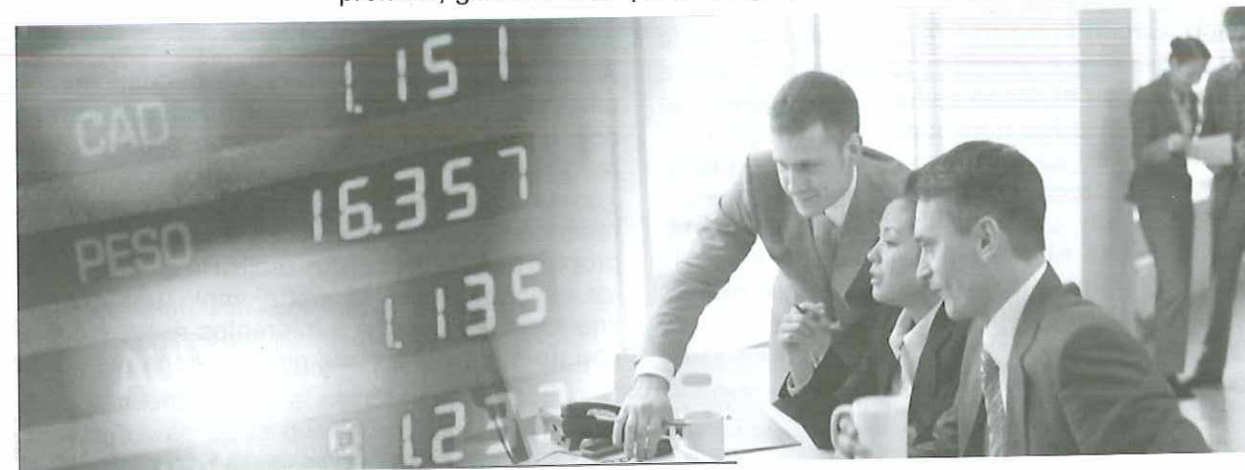
**Gloria Inés Macías Villalba**

**Docente investigador programa de Ingeniería Financiera  
Universidad Autónoma de Bucaramanga, UNAB**

En el contexto de globalización de los mercados financieros, las empresas de los diferentes sectores se encuentran con frecuencia en situaciones de toma de decisiones que deben ser coherentes con las estrategias de negocios y el nivel de riesgo que desean asumir, para que aporte en la generación de valor a sus grupos de interés.

El presente documento pretende realizar una conexión entre los riesgos empresariales y la creación de valor, la hipótesis es que una adecuada gestión de riesgos contribuye a la creación de valor en las empresas; según Rodríguez<sup>1</sup> (2011), los objetivos de las organizaciones están enmarcados en aspectos como el crecimiento sostenido de beneficios y utilidades, la consolidación en el sector, la diversificación del riesgo, minimizar los costos y maximizar el valor de la entidad; significa que el manejo del riesgo debe ser parte esencial en la planeación de estrategias y toma de decisiones de las empresas.

Cabe señalar que la gestión de riesgos empresariales apunta a una premisa, generar valor para sus grupos de interés, porque cuando toman



<sup>1</sup> Juan I. Rodríguez, "Riesgo", Material de Clase, Facultad de Administración de empresas, CUN, 2011, p.5



decisiones se enfrentan a la incertidumbre, y el reto es definir el nivel de riesgo tolerado; puesto que, no saber con certeza el resultado de una decisión, este puede ser positivo o negativo, lo que implica también que se presentan riesgos y oportunidades con potencial de deteriorar o aumentar el valor de la empresa; por tanto, cuando se gestionan los riesgos, esto contribuye a los directivos de las empresas a controlar mejor las variables asociadas a los diferentes riesgos a los que se exponen y así mejorar la capacidad de generar valor<sup>2</sup>.

En la primera parte se analizan los aspectos para tener en cuenta en la gestión de riesgos, iniciando con el conocimiento del riesgo que se debe tener en las empresas, las diferentes etapas que se abordan en una administración de riesgos, y cómo los modelos de control interno incluyen en sus componentes el análisis de los riesgos; en la segunda parte se realiza una revisión de los elementos que contempla la gestión basada en el valor, el valor de la empresa ajustada a los riesgos, cómo se mide la creación de valor, cuáles de sus variables se asocian al riesgo y cómo el riesgo es un elemento que impacta en el cálculo de los flujos de caja de las empresas; en la tercera parte, se realiza un análisis del sector financiero en Colombia que es el más regulado en materia de gestión de riesgos con la supervisión de entidades de control y vigilancia y la forma como ha presentado una evolución favorable en los indicadores que aportan a la generación de valor.

En primer lugar, en el día a día de las empresas se toman decisiones que siempre estarán asociadas a incertidumbre, lo que genera la presencia del riesgo. Según Lorenzo Preve el riesgo es "toda diferencia entre lo ocurrido y lo esperado"<sup>3</sup>, la idea es conceptualizar el riesgo como la contingencia de generar resultados que pueden ser positivos y negativos y no siempre pensar que riesgo es el evento que produce pérdidas, significa que los riesgos se pueden visualizar como oportunidades. Al tomar la definición de riesgo de Preve, se argumenta la necesidad de que existan dos circunstancias, una operación en el futuro para hablar de lo esperado o valor esperado y una

variable aleatoria que presenta diferentes valores para la existencia del riesgo que se da por la volatilidad, debido a los cambios en la variable; por tanto, los accionistas de las empresas estarán dispuestos a asumir los riesgos que les representen una posible rentabilidad en el futuro, y a su vez les puedan incrementar el valor de su capital invertido.

Sin embargo, no es posible realizar una gestión de riesgos sin que exista una cultura de riesgos en todas las áreas y niveles en la empresa, según PwC, la cultura de riesgos tiene que ver con el "ambiente interno de la organización"<sup>4</sup>, es decir, la forma en que se hacen las cosas en relación con la aceptación del riesgo. Un primer elemento para tener en cuenta es el lenguaje relacionado con el riesgo; esta familiaridad se inicia con las debidas capacitación y comunicación orientadas por el equipo líder de gestión de riesgo; se pueden realizar por medio de manuales de riesgo<sup>5</sup>, que comprometan a cada miembro de la entidad a estar enterado de todo lo relacionado con el proceso de administración de los riesgos.

Por otra parte, los directivos y líderes del proceso de gestión del riesgo logran que su personal cree una verdadera cultura de riesgos no solo desde la teoría sino con los hechos en su quehacer diario, aportando en el cumplimiento de los principios y objetivos de la empresa. Además, cuando se tiene un dominio del lenguaje de los riesgos a los que se puede enfrentar la empresa desde su puesto de trabajo, se comprende qué tanto puede afectar a los objetivos para el cumplimiento de metas propuestas, y su impacto económico en los resultados esperados para el éxito de la empresa<sup>6</sup>.

Ahora bien, si las empresas no conocen los diferentes riesgos a los que se pueden enfrentar, no pueden saber qué hacer con ellos y cómo reducirlos. Es decir, si no conocen a su enemigo, ¿cómo lo atacan?, un primer acercamiento es reconocer que existen unos riesgos que son propios de la actividad que realiza la empresa, son los riesgos inherentes, por ejemplo, una entidad financiera se expone a diferentes riesgos por el tipo de operaciones que ejecuta, tiene riesgo de

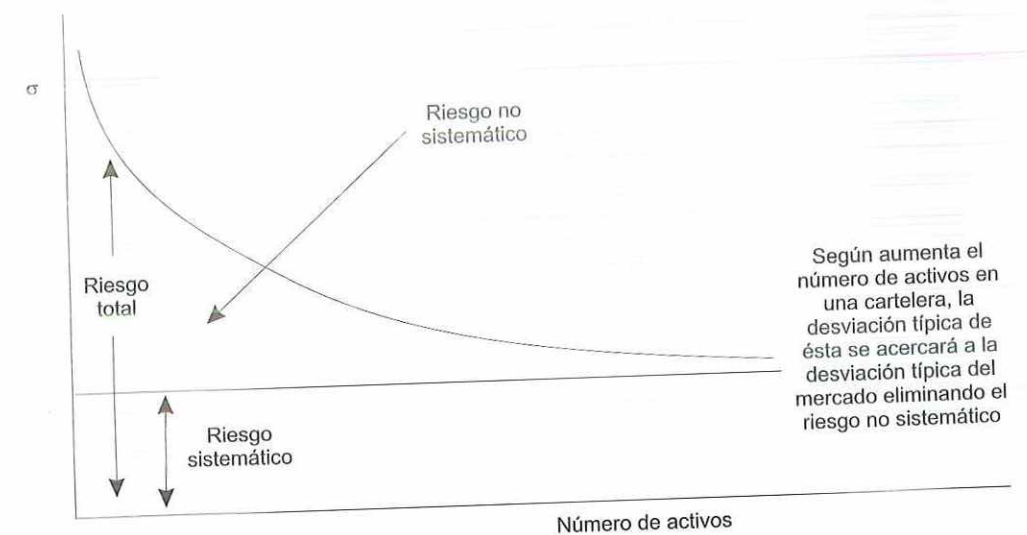
crédito, debido al potencial incumplimiento de la contraparte, es la cartera que se genera en la colocación de los recursos. Cuando los riesgos se gestionan, se busca reducir su impacto; entonces queda el riesgo residual.

Los riesgos se definen de acuerdo con su clasificación o tipología, algunos son considerados administrativos, otros estratégicos, otros financieros, sin embargo, en el marco de la Superfinanciera, entidad de supervisión y control en Colombia, se consideran riesgos financieros: el riesgo de mercado (tasas de interés, tipo de cambio, precios) que se generan por las variaciones en las condiciones del mercado; riesgo de crédito, por el incumplimiento de las obligaciones contractuales que se dan por el deterioro de la situación financiera de la entidad con la cual realizó negocios; el riesgo operacional, como la contingencia de pérdidas por fallas operativas, o inadecuados registros, pérdidas por fraude y debilidades en control interno; y el riesgo de liquidez, la posibilidad de incurrir en pérdidas ocasionadas por la venta o compra de activos en condiciones inusuales,

también se refiere a las pérdidas ocurridas por dificultades en obtener financiación.

De otro lado, están los riesgos administrativos que se relacionan con fallas en los controles de los procesos o en la falta de idoneidad de los funcionarios; los riesgos estratégicos, que se dan por inadecuados planes de negocios, decisiones empresariales equivocadas, y otros... como el riesgo natural, riesgo país, riesgo laboral, etc. Además, se puede hablar de una tipología de riesgos que hace referencia a la diversificación o no de la posición por tomar, son los riesgos no sistemáticos y sistemáticos; los primeros son los que se pueden reducir a través de la diversificación, por ejemplo, el riesgo de liquidez es propio de la empresa, y los sistemáticos son de mercado como el riesgo de tipo de cambio, que se da por las condiciones del mercado.

La importancia de tener en cuenta que existen riesgos diversificables o no, le permite a quien toma decisiones de inversión, seleccionar los proyectos y activos de tal forma que haya compensación de riesgos, y se puede observar en el siguiente gráfico,



Fuente: <http://knol.google.com/k/el-riesgo-en-las-carteras-de-inversión>

Para la medición del riesgo sistemático, se aplican técnicas que permiten determinar la prima asociada por la exposición a este riesgo, es el beta  $\beta$ , mientras que el riesgo no sistemático se mide a través de la desviación estándar de los rendimientos del activo, y se reduce por la cantidad de activos o inversiones en el portafolio.

Como se mencionó al inicio, otro aspecto muy importante para tener en cuenta para que las empresas estén en capacidad de tomar decisiones que agreguen valor, es que la gestión del riesgo no solo implica conocerlos sino llevar a cabo un proceso a través de etapas secuenciales, que permita identificar áreas críticas que se

<sup>2</sup> [http://www.coso.org/documents/COSO\\_ERM\\_ExecutiveSummaryspanish.pdf](http://www.coso.org/documents/COSO_ERM_ExecutiveSummaryspanish.pdf)

<sup>3</sup> Lorenzo A Preve, "La Gestión estratégica del riesgo corporativo", IAE, Artículo I de II, p. 1

<sup>4</sup> Price Waterhouse Coopers, "Auditoría de la cultura de riesgos", Consultoría, Edición 3, 2009, p. 4

<sup>5</sup> Las empresas adoptan Manuales de Riesgo con el fin de definir objetivos, políticas, metodologías, documentos de registro y procedimientos del Sistema de Administración de Riesgo a seguir.

<sup>6</sup> Félix Miranda Quesada, "Cultura de Riesgos", 2011, [www.articulo.org/articulo/45550/cultura\\_del\\_riesgo.html](http://www.articulo.org/articulo/45550/cultura_del_riesgo.html)

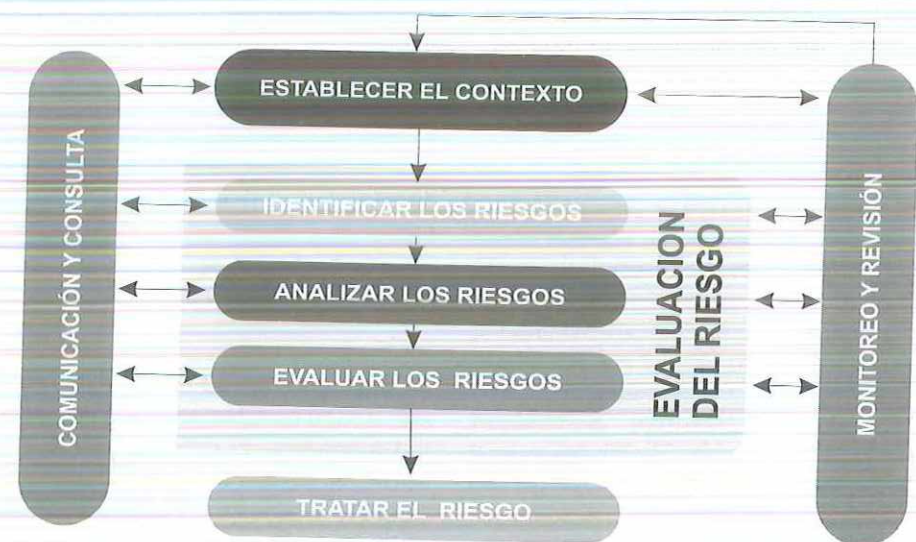


deben gestionar para el logro de estrategias y metas. El propósito es mejorar el desempeño financiero de la entidad o asegurarse de que no sufra pérdidas económicas que deterioren su estabilidad. Asimismo, la importancia de contar con un proceso de administración de riesgo, permite trabajar en forma organizada cada una de las actividades, y sobre todo, el desarrollo y análisis de las diferentes etapas enfocadas a la forma como se puede crear valor, y todo este proceso enmarcado en el plan estratégico de la empresa.

Dentro del proceso de administración de riesgos, independientemente del número de etapas por seguir, debe incluir la medición, el control y la evaluación. Además, una parte fundamental que interviene en cualquier etapa del proceso es la de comunicación y documentación permanente, es decir, que existan continuas consultas y búsqueda de información.

Dado que la gestión del riesgo es una parte integral que conduce a la buena toma de decisiones, es necesario definir una estructura que permita desarrollar un proceso sistémico y apropiado a las características de la empresa. Icontec 2009 recomienda que el proceso inicia con el establecimiento del contexto del riesgo, luego con la identificación, el análisis, la evaluación y finaliza con el tratamiento de los riesgos; y dos elementos que están en todas las etapas, que son la comunicación y consulta, y el monitoreo y revisión<sup>7</sup>. Con la aplicación de cada una de las etapas propuestas es posible reducir el impacto negativo de los riesgos y aprovechar las oportunidades para mejorar el desempeño; sobre todo buscar y tener en la empresa una gestión preventiva y no reactiva frente al riesgo.

El proceso propuesto se puede observar en el siguiente gráfico,



Fuente: Norma NTC 5254 Directrices de Gestión del Riesgo. 2009

A partir de la visión general del proceso de administración del riesgo, a continuación se dará una descripción y análisis de cada una de las etapas:

El establecimiento del contexto consiste en definir los parámetros para la gestión del riesgo, se determina el alcance para llevar a cabo las demás

etapas, aquí es donde se realiza una revisión de lo interno y externo de la empresa. La información que se obtenga de esta etapa es la base para la identificación de los riesgos.

El contexto externo hace referencia al ambiente externo en el que funciona la empresa; se puede

7 ICONTec, Manual de directrices de gestión del riesgo, 2009, p. 23.  
8 Ibíd. p. 30-91

estar hablando de la economía, los cambios políticos, de regulación, sociales en general, cómo afectan los objetivos, decisiones y metas de la empresa, también la situación del sector, los competidores, y el ambiente externo del negocio; el contexto interno tiene que ver con el conocimiento de la empresa desde su misión, visión, objetivos, estrategias, infraestructura, procesos, cultura organizacional y clima laboral. En síntesis, en el contexto externo se pueden analizar las oportunidades y amenazas y en el contexto interno las fortalezas y debilidades; en esta etapa se busca identificar factores que pueden generar la presencia de riesgos, aporta información que sirva como apoyo en el desarrollo de las demás etapas del proceso.

La segunda etapa es la identificación de los riesgos, busca visualizar los riesgos a que se expone la entidad en los diferentes procesos, áreas de negocio, proyectos o actividades de la empresa. Un riesgo que no se haya identificado queda excluido de las demás etapas del proceso de administración del riesgo. Es por esto que se debe definir la metodología o forma como se van a registrar; para ello se proponen los llamados mapas de riesgo, que son una "herramienta metodológica que permite hacer un inventario de los riesgos en forma ordenada y sistemática"<sup>9</sup>, con la definición y descripción de aspectos como causa, consecuencia, ...entre otros. Algunos ejemplos de mapas de riesgo con elementos de identificación son

Mapa de Riesgos 1

RIESGO	DESCRIPCIÓN Cómo se manifiesta Síntomas	POSIBLES CONSECUENCIAS Efectos ocasionados por el riesgo

Fuente: Elaboración propia

Mapa de Riesgos 2

RIESGO	DESCRIPCIÓN	CONSECUENCIA	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	CONTROL EXISTENTE

Fuente: Elaboración propia

El mapa inicial de riesgos se puede elaborar teniendo en cuenta los componentes a los que se encuentra asociado el riesgo: Fuente, evento, consecuencia, causa, controles:

Componente	Descripción	Ejemplo
Fuente	Lo que tiene potencial intrínseco de hacer daño, o generar oportunidades.	Cartera
Evento	Incidente, o acontecimiento que ocurre de la fuente.	Incumplimiento de la contraparte o impago
Consecuencia	Impacto, efecto o resultado para los involucrados.	Pérdidas económicas por cartera no recuperada.
Causa	Por qué se generó el incidente o evento.	Fallas en la asignación de los cupos de crédito
Controles	Qué controles se tiene n actualmente para reducir el riesgo, y si son efectivos.	Revisión de indicadores de cartera vencida

Fuente: Elaboración propia con base en el Manual de directrices de gestión del riesgo. ICONTec. 2009. Pág.41

9 Departamento Nacional de Planeación, Grupo de Planeación, "Guía metodológica para la elaboración del mapa de riesgos", 2007, p. 4



Una vez identificados los riesgos, se desarrolla la etapa de análisis del riesgo, aquí es donde se dan los parámetros para determinar prioridades y si es necesario tratarlos; de ahí que el resultado de esta etapa sea establecer el nivel de riesgo, después de un análisis detallado de los dos elementos fundamentales del riesgo, el impacto y la probabilidad. Además, el análisis del riesgo depende de la información que se tenga de cada riesgo en términos de datos históricos, registros completos, o el propósito del análisis, que permita realizar una combinación adecuada de consecuencias con la posibilidad de ocurrencia del riesgo.

Tanto la consecuencia como la probabilidad se pueden medir utilizando diferentes tipos de análisis, desde el más sencillo como el cualitativo, el intermedio semicuantitativo, o métodos más detallados y técnicos como el cuantitativo. En el análisis cualitativo se utilizan palabras para describir la magnitud del impacto y la posibilidad de que ocurra el evento, se establecen niveles, de tal forma que se puedan llevar los riesgos a una matriz de calificación y priorización, aquí es necesario definir los criterios para proponer las escalas de medición, por ejemplo, para tres niveles,

Probabilidad		Impacto	
Baja	Improbable	Leve	Menor
Media	Posible	Moderado	Moderado
Alta	Probable	Catastrófico	Mayor

Fuente: Elaboración propia

En el análisis semicuantitativo se asignan valores a cada uno de los niveles de riesgo establecidos en el análisis cualitativo; la idea es que permita

realizar con mayor facilidad la combinación de impacto y probabilidad para establecer el nivel de riesgo, por ejemplo:

Probabilidad		Impacto	
Improbable	1	Menor	5
Posible	2	Moderado	10
Probable	3	Mayor	20

Fuente: Elaboración propia

Y finalmente, el análisis cuantitativo utiliza valores que se obtienen de un procesamiento de datos con técnicas estadísticas, de tal forma que se pueda llegar a determinar el impacto en términos de pérdidas esperadas y la probabilidad o frecuencia de esa pérdida, por ejemplo, en los riesgos financieros, el riesgo de mercado utiliza metodologías como el Valor en Riesgo (VaR), que es la máxima pérdida que puede presentar un portafolio en un intervalo de tiempo con un nivel de confianza dado, y en condiciones normales de mercado; el VaR es un valor que se obtiene a través de diferentes técnicas estadísticas, unas paramétricas<sup>10</sup> y otras no paramétricas<sup>11</sup>, y el mixto o

Montecarlo que combina los dos. Con metodologías como el VaR de Montecarlo, las empresas pueden crear escenarios utilizando variables de control y variables de decisión para generar diferentes resultados que de esta forma le permiten analizar las pérdidas y seleccionar los riesgos que se ajusten a las estrategias y objetivos propuestos.

A partir de la medición del impacto y la probabilidad, por cualquiera de los métodos mencionados, se lleva a una representación gráfica como la matriz para establecer el nivel de riesgos, y la matriz se elabora teniendo en cuenta que:

$$\text{Riesgo} = \text{Función de (Consecuencia y Probabilidad)}^{12}$$

$$\text{Riesgo} = \text{Consecuencia} \times \text{Probabilidad}$$

La matriz de riesgos debe estar vinculada a unos criterios establecidos y al nivel de atención; con el fin de prepararse para gestionarlo, se pueden utilizar colores, como en el siguiente ejemplo,

donde se observa que un riesgo en un nivel extremo requiere atención inmediata en su tratamiento, porque sus implicaciones son devastadoras para el buen funcionamiento de la empresa, que pueden impedir su normal desarrollo y generación de valor para los grupos de interés.

Muy Frecuente	3	3	4	4	4
Probable	2	3	3	4	4
Puede Ocurrir	1	2	3	3	4
Eventualmente	1	1	2	3	4
Rara vez	1	1	3	3	3
	Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico

1 BAJO  
2 MODERADO  
3 ALTO  
4 EXTREMO

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la posición del riesgo en la matriz se realiza la evaluación del riesgo, donde se revisan las medidas de control que la empresa utiliza para gestionar el riesgo y qué tan efectivas son. Los controles existentes se pueden clasificar en preventivos, para actuar sobre la causa el riesgo y evitar que se materialice, y los correctivos, en caso de ocurrir el evento de riesgo tener el plan de acción. En la evaluación se comparan los resultados del análisis del riesgo con la efectividad de los controles existentes, para decidir si un riesgo determinado continúa en el mismo nivel establecido en el análisis o baja de nivel por los controles que se están aplicando. Además, la evaluación implica revisar si el riesgo necesita tratamiento y cuál es su prioridad.

analiza el tratamiento del riesgo, con la identificación de opciones para gestionarlos, en la búsqueda por reducir el impacto y la probabilidad. Aquí juegan un papel importante las decisiones de los directivos de la empresa para seleccionar las estrategias de tratamiento más adecuadas, teniendo en cuenta la relación beneficio – costo, de tal forma que un riesgo que se decida tratar genere un beneficio que compense el costo asumido para gestionarlo. Así mismo, cuando se analizan las opciones de tratamiento se determina qué tanto reducen el riesgo, es decir, que el riesgo residual sea lo más bajo posible, y los beneficios u oportunidades que se puedan generar.

Para el tratamiento de los riesgos se presentan opciones como:

Continuando con el proceso de administración del riesgo propuesto, después de la evaluación, se

<sup>10</sup> Utilizan distribuciones de probabilidad conocidas como la normal para el comportamiento de las pérdidas y ganancias del portafolio, se calculan medias, desviaciones, correlaciones.

<sup>11</sup> No supone ningún tipo de distribución de probabilidad, asume que las correlaciones entre los activos están implícitas.

<sup>12</sup> ICONTEC, Manual de directrices de gestión del riesgo, 2009, p. 51.



Opciones para tratar el Riesgo	Posibles acciones
Evitar	- Salir de negocios - No emprender proyectos que generen altos riesgos
Compartir/Transferir	- Buscar socios para los proyectos nuevos - Utilizar los seguros
Reducir/controlar	- Tratar con controles - Diversificar los portafolios - Realizar coberturas
Aceptar	- Mantener planes de contingencia - Provisionar - Retener el riesgo si se adapta al perfil de la empresa

Fuente: Elaboración propia

En la opción de reducir el riesgo, si la posición es una inversión, las empresas deben tomar la decisión de tal forma que la combinación entre riesgo y rentabilidad sea lo más favorable posible, entonces utilizan la estrategia de la diversificación, para reducir el riesgo no sistemático, y exigir una prima por el riesgo sistemático o de mercado. Si de acuerdo con la posición la empresa se expone a riesgos financieros como precios, tipo de cambio, tasas de interés, puede analizar la posibilidad de coberturas a través de los productos derivados (Futuros, Forwards, Opciones o Swaps), aquí es donde debe revisar la relación beneficio costo, y la facilidad de acceder a este mercado.

Cualquiera que sea la opción a utilizar, la empresa debe analizar las posibilidades de acuerdo con su perfil de riesgo, o grado de aceptación del riesgo. La capacidad para tolerar el riesgo se basa principalmente en dos aspectos, los recursos financieros disponibles que pueden estar asignados por unidad de negocio y la habilidad emocional para enfrentar la incertidumbre que se genera en los resultados esperados. Por esto, para la empresa, antes de tomar cualquier decisión, es importante determinar su perfil de riesgo, es decir, identificarse como conservadora, moderada o agresiva; de esta forma se dará un mejor cumplimiento a los objetivos y metas de la empresa.

Por otra parte, en este proceso de administración de riesgos, se deben evidenciar dos elementos que están involucrados en todas las etapas, la comunicación y consulta y el monitoreo y revisión, fundamentales para que haya integralidad, y para que se fomente la cultura de riesgo. La comunicación se desarrolla en la medida en que

se establezca un adecuado diálogo entre las partes implicadas tanto internas como externas que permita hablar el mismo idioma, intercambio de información, conocer las opiniones de los demás, y retroalimentar cada etapa.

El monitoreo y revisión está encaminada a la búsqueda de una mejora continua en las metodologías y estrategias diseñadas para gestionar los riesgos, es evaluar el desempeño de cada etapa, es aprender de los errores para mejorar el proceso, y por supuesto los resultados; por consiguiente, es necesario realizar un contraste entre lo esperado y lo realmente obtenido, para lo cual se establecen indicadores de desempeño apropiados para cada unidad de negocio que sean coherentes con los objetivos definidos.

Para resumir esta parte, cuando las empresas gestionan los riesgos, deben tener en cuenta en la planeación y ejecución incorporar aspectos como, alinear el riesgo tolerado y la estrategia diseñada para el cumplimiento de metas u objetivos, de tal forma que se reduzcan las sorpresas, y las decisiones estén encaminadas a maximizar su valor.

Una vez conocidas cada una de las etapas del proceso de administración del riesgo, veamos cómo esta gestión contribuye a un buen gobierno corporativo, y asimismo, un buen gobierno corporativo aporta en la generación de valor de la empresa. Para entrar en este tema es necesario revisar en primera instancia qué es el Gobierno Corporativo.

Pues bien, se fundamenta en "principios y normas que regulan el diseño, integración y funcionamiento de los órganos de gobierno de la

empresa, como son los tres poderes dentro de una sociedad: Accionistas, Directorio y Alta Administración"<sup>13</sup>, también se puede definir como "un sistema interno dentro de una empresa en el cual se establecen directrices que deben regir su ejercicio, buscando, entre otros, transparencia, objetividad y equidad en el trato a los socios y accionistas de una entidad, ... y la responsabilidad social de sus organismos de control internos y externos, frente a los grupos de interés ..." <sup>14</sup>, de ahí la importancia de mantener una buena relación entre el proceso de administración de riesgos de la empresa y los propósitos de unas buenas prácticas del gobierno corporativo que protejan los intereses de los accionistas, y revelen información transparente al mercado y, por ende, generen confianza a los potenciales inversionistas.

En las buenas prácticas de gobierno corporativo, la junta directiva y la alta administración deben estar al tanto de los procesos y la forma como se manejan los riesgos que afectan su normal funcionamiento, porque estarán dentro de los grados tolerables que han sido aprobados con anterioridad. Además, una gestión adecuada de riesgos les ofrece seguridad para actuar en caso de resultados adversos, siempre y cuando se hayan manejado dentro de los parámetros establecidos.

Otro aspecto que vale la pena mencionar, es que si se ha llevado un proceso de administración de riesgos apropiado, se genera una estructura que permite facilitar la movilidad de la información, la comunicación y consulta entre las diferentes partes de la empresa, para la definición y consecución de metas organizacionales tomando decisiones coherentes; y que apunte a la búsqueda de la transparencia tanto en reportes como en responsabilidades.

Por otro lado, la administración de riesgos apoya a las empresas en sus procesos de control interno, entendido el control interno como "las políticas, procedimientos, prácticas y estructuras organizacionales diseñadas para proporcionar razonable confianza en que los objetivos de los negocios serán alcanzados y que los eventos indeseados serán prevenidos o detectados y

corregidos"<sup>15</sup>. En esta definición se observa claramente cómo se involucra la gestión de riesgos cuando menciona los eventos que identifiquen y se reduzcan, para lograr según el COSO<sup>16</sup> la efectividad y eficacia en las operaciones, confianza en la información financiera, y acato a las leyes, normativas y políticas; sin duda estos aspectos llevan a obtener rentabilidad, buen desempeño y manejo de los recursos de la empresa, en beneficio de los grupos de interés, como accionistas, proveedores, clientes, entre otros.

Ahora bien, las empresas que adoptan modelos de control interno, lo hacen de acuerdo con sus características, tamaño y actividades que desarrollan propias de su objeto social; y pueden enfocarlos hacia dos directrices, desde el punto de vista administrativo en el cumplimiento de metas y desde el punto de vista contable en la verificación de información. Sin embargo, los beneficios son conjuntos, favorecen el logro de los objetivos y metas, integran al personal con los objetivos, el personal conoce su desempeño para retroalimentar y mejorar, evitan la tentación de fraudes, y facilitan a los directivos demostrar cómo se utilizaron los recursos y el cumplimiento de los objetivos<sup>17</sup>.

El modelo más utilizado de control interno es el COSO, que presenta cinco componentes: El ambiente de control donde se establece el contexto para el desarrollo de los demás componentes se fundamenta en la integridad y competencia del personal, los valores, la filosofía de la administración, proporciona disciplina, compromiso y estructura; se podría decir que hace referencia a cultura y actitud en la empresa. La evaluación de riesgos, en este segundo componente se estaría ubicando todo el proceso de administración de riesgo, desde la identificación hasta el tratamiento; además, gestionar el riesgo debe ser parte integral del sistema de control interno; y según la superfinanciera, son transversales en todas las actividades, procesos y áreas de negocio de la entidad, para que sea posible el logro de los objetivos estratégicos, y calidad y transparencia de la información.

13 [http://es.wikipedia.org/wiki/Gobierno\\_corporativo](http://es.wikipedia.org/wiki/Gobierno_corporativo)

14 Rodrigo Estupiñán Gaitán, Administración o Gestión de Riesgos ERM y la Auditoría Interna, ECOE Ediciones, 2006, p. 299

15 *Ibid.*, p. 2.

16 COSO: *Committee of Sponsoring organizations of the Treadway Commission*

17 Ricardo Gutiérrez Calderón, "Otros Modelos de Control", ITAM, presentación ppt, p.22-25



Continuando con los componentes del sistema de control interno, el tercero hace referencia a las actividades de control, es decir, las políticas y procedimientos que permiten que todo esté bajo control en todos los niveles y funciones de la empresa, y se cumplan las estrategias y planes propuestos para la reducción de los riesgos, con una revisión inicial del costo generado en relación con el beneficio esperado. Las actividades de control pueden ser de diferentes tipos, preventivos, correctivos, defectivos, administrativos, entre otros, que en últimas, son actividades encaminadas a reducir los riesgos.

El cuarto componente del sistema de control interno propuesto por el COSO, es la información y comunicación, que debe ser coherente con el proceso de administración del riesgo en el sentido de hablar el mismo lenguaje, que la información sea pertinente y oportuna; para ello la empresa debe contar con un buen sistema de información y comunicación que permita el normal desarrollo de las actividades, y la toma de decisiones acertadas y a tiempo. Y por último como todo sistema debe ser monitoreado o supervisado para que funcione en forma correcta de acuerdo con lo planeado, en este componente del sistema se comprueba la efectividad de los controles establecidos para el manejo de los riesgos, se puede realizar a través de indicadores de desempeño, aquí juegan un papel importante los auditores tanto internos como externos, porque evalúan todo el proceso, y se realizan las respectivas retroalimentaciones y ajustes para mejorar los resultados.

Por consiguiente, se puede decir que las empresas que adoptan sistemas de control interno para determinar su eficiencia, se pueden orientar para evaluar el desempeño con los niveles de reducción de los riesgos a los que se encuentran expuestas, a través de indicadores establecidos, de tal forma que los propósitos de la empresa se puedan alcanzar, y además se contribuye a que se generen retornos que sean consecuentes con los niveles de riesgo asumidos, esto significa que los procesos de control están alineados con la gestión de riesgos de la empresa y apunta a una de las premisas de las empresas, la generación de valor.

Entonces, hasta ahora hemos visto cómo un proceso de administración del riesgo bien desarrollado aporta a las buenas prácticas del

gobierno corporativo, y que a su vez, las empresas pueden contar con sistemas de control interno que permitan cumplir con la gestión adecuada de los riesgos, mantienen un mejor control de las variables asociadas a los diferentes riesgos inherentes a las actividades que desarrollan, y contribuyen con la generación de valor para los accionistas; sin embargo, es importante analizar cómo la gestión de riesgos se involucra en las diferentes metodologías y variables necesarias para determinar el valor agregado en las empresas.

Pues bien, en la mayor parte del documento hemos estado hablando de cómo la gestión de riesgos permite a la alta administración tomar decisiones empresariales coherentes, y oportunas en la búsqueda por el logro de objetivos y metas; entonces veamos cuáles son las decisiones financieras que enfrentan las empresas, son de inversión, de financiación y de operación como las tradicionales, y decisiones de dividendos y riesgos.

Si se tiene en cuenta que en las diferentes decisiones financieras, la empresa busca una asignación adecuada de recursos, veamos las características de cada una; las decisiones de operación o de explotación son las encaminadas al cumplimiento del objeto social de la empresa para que se lleve a cabo su ciclo en forma apropiada, las decisiones de inversión son las que permiten que se genere más operación a través de nuevos negocios, nuevas líneas, desarrollo de nuevos proyectos, entre otros...y las de financiación son las decisiones que determinan cuáles son las combinaciones óptimas de fuentes que permitan financiar la inversión.

Cuando se toman decisiones de financiación se determina cuál es la estructura óptima de capital, la idea es encontrar la proporción adecuada de los derechos financieros de la empresa: las deudas y el capital. Lo anterior porque el valor de la empresa está dado por estos dos elementos,  $V = B + S$ , donde  $B$  es el valor de mercado de la deuda y  $S$  es el valor de mercado del capital accionario. Aquí es donde la administración juega un papel importante, evaluar cuál es la mejor combinación para hacer que el valor de la empresa se maximice.

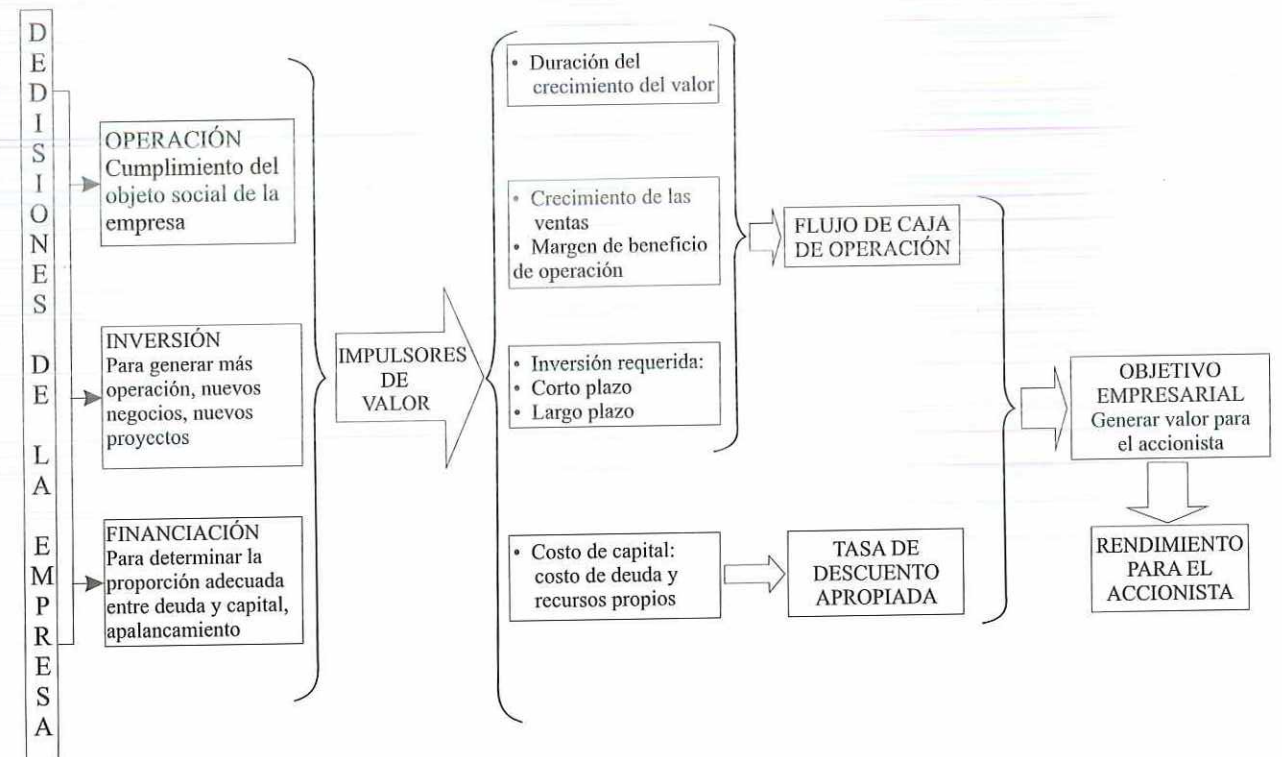
En la búsqueda de una proporción óptima entre la deuda y el capital, se debe tener en cuenta qué

tanto afecta al rendimiento para los accionistas. De acuerdo con la proposición II de Modigliani y Miller, "El riesgo para los tenedores de capital accionario aumenta con el apalancamiento", se dice que al accionista le favorece que la empresa esté apalancada, es decir que aumenta su rentabilidad, pero, también trae consigo la incertidumbre que se genera por los rendimientos esperados. Si la rentabilidad aumenta se espera que el riesgo también, es decir que el rendimiento esperado del capital está directamente relacionado con el apalancamiento<sup>18</sup> y por consiguiente con el riesgo; y entran en escena las condiciones del mercado, porque en la medida en que sean favorables, los rendimientos para los accionistas mejoran, pero para situaciones de recesión o crisis la rentabilidad empeora, aquí es donde el riesgo se manifiesta, en la sensibilidad de las variables asociadas a la rentabilidad.

Por otra parte, Rappaport<sup>19</sup>, establece una relación entre las decisiones financieras en la empresa y cómo le apuntan a la generación de

valor para el accionista, habla de las decisiones de la dirección en la red de valor para el accionista, y las vincula con los impulsores de valor o factores que contribuyen a la generación de valor. Para las decisiones de explotación (operación) propone como impulsores, el crecimiento de las ventas, el margen de beneficio y los impuestos sobre beneficios; para las decisiones de inversión, las de corto (inversión en capital circulante) y las de largo plazo (inversión en activos fijos); para las decisiones de financiación, el costo de capital; además, incluye como otro impulsor la duración del crecimiento del valor o el plazo que se debe esperar para que la rentabilidad de las inversiones sea superior al costo de capital. Cada uno de estos impulsores de valor se debe medir para utilizarlos en el cálculo del flujo de caja de explotación, y evaluar si se consiguió o no el objetivo empresarial que es la generación de valor, a través del indicador EVA.

En el siguiente cuadro se representa la red de valor.



Fuente: Elaboración propia basada en la red de valor propuesta por Rappaport.

<sup>18</sup> Jaffe Ross Westerfield, Finanzas Corporativas, Octava Edición, Mc Graw Hill, 2009, p. 405  
<sup>19</sup> Alfred Rappaport, La creación de Valor para el accionista, Deusto, 1998, p. 88-89



Como se puede apreciar en el cuadro anterior, existe una clara relación entre las decisiones financieras y el valor de la empresa. Por tanto, es importante que quienes dirigen las empresas identifiquen cuáles son los impulsores de valor que mejoran sus flujos de caja en términos de ingresos y costos, así como realizar un análisis de cada impulsor de valor para determinar qué hay detrás de él; esto hace que se puedan conocer los factores de riesgo asociados a cada uno.

A continuación, veamos cómo las variables utilizadas en el cálculo de la generación de valor para las empresas están sujetas a incertidumbre, por ejemplo, si un impulsor de valor en las decisiones de operación es el "crecimiento de las ventas", significa que la empresa debe hacer proyecciones de ventas y para ello utilizará herramientas de pronóstico, donde existirán factores de riesgo, porque no se sabe con exactitud cuánto van a crecer; se pueden hacer análisis de registros históricos de ventas con técnicas estadísticas, econométricas, simulaciones, comparación con el sector; se establecen supuestos., con ello estamos buscando explicaciones o soportes para argumentar a los inversionistas el por qué se utilizó determinado factor de crecimiento. Según Cachanosky<sup>20</sup> "no podemos responderles que es un pálpito, les vamos a tener que decir los motivos por los cuales estimamos dicho crecimiento...", con lo anterior estamos confirmando que el riesgo está presente y requiere una gestión adecuada de manera que se pueda tener más estabilidad en los flujos de caja proyectados, es decir un menor rango de variación de los resultados esperados.

Además, asociado con las ventas está el riesgo de precio; por las condiciones del mercado, la empresa estará expuesta a incertidumbre del precio de venta en el futuro, así se realicen pronósticos. La oferta y demanda del producto en el mercado se exponen a diferentes factores exógenos (que no están en manos de la empresa controlar), y que afectan directamente a la utilidad operacional; sin embargo, se pueden utilizar técnicas de gestión de riesgo para analizar la posibilidad de cobertura, por ejemplo, con productos derivados. Otra variable que también influye en la utilidad operativa son los precios de la materia prima que pueden aumentar el rubro de

los costos operacionales. Por lo anterior, estamos hablando del riesgo de mercado que está implícito en la determinación de la medida de generación de valor.

De la misma forma que se analizó la presencia de riesgo en el impulsor "crecimiento en las ventas", lo mismo sucede con los demás impulsores de valor. Veamos para las decisiones de financiación el "costo de capital", que según Rappaport está controlado no solo por el riesgo de la empresa, sino además, de la forma como se toman las decisiones para determinar las proporciones adecuadas de deuda y capital. Si se revisa al detalle el costo de capital, para determinar qué variables que lo componen están sujetas a incertidumbre, nos damos cuenta de que en primera instancia, *Costo de Capital = Costo de deuda + Costo de Recursos Propios*, en el costo de la deuda se debe incluir el costo de la deuda futura o nueva y costo de la deuda actual y para el costo de los recursos propios se debe buscar la tasa apropiada que compense el riesgo en la inversión para los accionistas.

Para el cálculo del costo de la deuda actual, se halla un promedio ponderado de acuerdo con los montos de deuda y las tasas de financiación, pero para las deudas nuevas o futuras es necesario determinar la tasa de financiación, que puede ser proyectada. Para el costo de los recursos propios se utilizan metodologías como el CAPM<sup>21</sup>, donde se involucra un elemento de riesgo de mercado, el beta de la empresa, que para calcularlo, si la empresa cotiza en bolsa no hay problema, pero si no cotiza, entonces se utiliza el beta de empresas que cotizan en bolsa de actividad similar para adaptarlo a la empresa. En todo este proceso se están manejando variables con incertidumbre, por ejemplo, ¿con qué plazo se calcula el beta? Dos años, tres años, ...¿con datos mensuales, diarios, semanales? Además, el modelo CAPM se expresa como, *Costo de capital propio = Activo libre de riesgo + beta \* prima por riesgo*, y la prima por riesgo depende del rendimiento del mercado, hay que definir qué activo libre de riesgo es el apropiado, si se trabaja el último dato o el promedio de un periodo, en definitiva, *costo de capital propio =  $R_f + \beta * (R_m - R_f)$* , donde  $R_f$  es el rendimiento del activo libre de riesgo,  $\beta$  es la medida del riesgo de mercado, y  $R_m$  es el rendimiento del mercado.

Según el modelo CAPM, existe una relación directa entre la rentabilidad esperada por los accionistas (costo de capital propio) y el beta de la empresa. Sin embargo, está sujeto al rendimiento del mercado y al activo libre de riesgo que se utilicen para su cálculo, además del riesgo sistemático medido a través del beta. Lo que se busca es tener una medida razonable de rendimiento requerido que sirva a los accionistas como referencia para tomar decisiones de continuar con la empresa, y apoyar los nuevos proyectos con más inversión; y esto se daría solo si el rendimiento de la acción según el CAPM, es inferior al rendimiento esperado de la acción, según Van Horne<sup>22</sup>, "proporciona un rendimiento esperado en exceso del que exige el mercado para el riesgo sistemático involucrado", esto traería como consecuencia un aumento del precio de las acciones, mejores dividendos, lo que se manifiesta en creación de valor para el accionista.

Por otra parte, el rendimiento esperado por el accionista que se genera del modelo CAPM puede estar incrementado por la prima riesgo país, debido a que los indicadores utilizados en el cálculo del modelo se deben traer al contexto del país, por ejemplo, se utilizan tasas libres de riesgo de Estados Unidos de los bonos del tesoro y los betas son de sectores externos de la misma actividad y ajustados para la empresa. En estos casos, es conveniente agregar una prima por riesgo país.

Antes de continuar, es necesario realizar una contextualización sobre la creación de valor, y cómo se mide. Pues bien, la creación de valor, como lo hemos comentado anteriormente, es el objetivo de los que dirigen las empresas, Mascareñas<sup>23</sup> afirma que "El principal objetivo de la dirección empresarial debe ser la maximización del valor de la compañía para sus propietarios", pero, ¿cómo se crea valor? el valor se puede apreciar a través del precio de mercado de las acciones comunes, es decir, se puede determinar el valor de mercado de la empresa a partir del precio de sus acciones en el mercado, y el valor de las acciones estará influenciado por la oferta y la demanda, y que a su vez depende de las decisiones de inversión, financiación y reparto de dividendos de la empresa; de tal forma que la rentabilidad de las inversiones sea mayor a los

costos de adquirir los recursos para la inversión.

Sin embargo, el precio de mercado de las acciones de una empresa, puede estar o no cercano a su valor real, porque también se ve influenciado por su tamaño, y qué tan sensible es a los movimientos de los inversionistas y variables del mercado; por ejemplo, nuestro mercado colombiano es muy concentrado y pequeño, de tal forma que los movimientos de los inversionistas que tengan mayor participación las hacen mover, y como consecuencia, el precio de las acciones pueden estar sobrevaloradas o subvaloradas.

Entonces, entre más crezca el precio de mercado de las acciones, la empresa valdrá más, pero también, adicional al tamaño y concentración del mercado, el precio se ve afectado por diferentes factores que pueden ser externos como las condiciones de la economía, el sector, restricciones, regulaciones, cambios en las políticas, o internos, en la empresa, que están relacionados con las decisiones estratégicas, en cuanto a niveles de endeudamiento, política de dividendo. Estos factores, están sujetos a riesgo por el grado de incertidumbre a los que se exponen, y a las expectativas de rendimiento sobre las inversiones y de crecimiento de la empresa, que en últimas afectan indicadores financieros que son determinantes en el cálculo de la medida de creación de valor, por ejemplo margen sobre las ventas, impuestos, estructura de capital,..., entre otros. La empresa, al realizar la planeación de un sistema de gestión de riesgos, debe considerar todos los eventos que hacen variar los resultados esperados de las decisiones tomadas, y su impacto estará en el precio de las acciones en el mercado.

Hablando del precio de mercado de las acciones y su incidencia en el valor de la empresa, se puede también analizar que la variación del precio genera riesgo de mercado que se mide a través de la volatilidad o desviación estándar de los rendimientos de la acción. Los precios de las acciones, como se expresó anteriormente, se encuentran expuestos a diferentes factores tanto internos como externos que generan su fluctuación en el mercado, entonces, al accionista le interesa estar al tanto del riesgo que asume

20 Juan Carlos Cachanosky, "Las decisiones empresariales y las predicciones en la economía", p. 3.

21 CAPM: Modelo para la valoración de activos de capital; propuesto por William Sharpe (1964).

22 James C Van Horne, Administración financiera, Prentice Hall, 1999, p. 74.

23 Juan Mascareñas Pérez-Iñigo, Innovación Financiera, aplicaciones para la gestión empresarial, Mc Graw Hill, 1999, p. 7.



cuando tiene este tipo de inversiones, porque su expectativa es que, si asume mayor riesgo esperaría una mayor rentabilidad, que estaría dada por la valorización de la acción y los dividendos.

Desde el punto de vista del precio de mercado de las acciones y la determinación de la creación de valor para los accionistas, Pablo Fernández<sup>24</sup> realiza un análisis del precio de la acción, y la capitalización bursátil para mostrar que son parámetros de revisión que permiten evaluar la creación de valor para los accionistas, pero no son decisivos. A partir del aumento de la capitalización de una empresa que cotiza en bolsa, no se puede deducir que hay aumento en el valor para los accionistas porque ese aumento se pudo haber dado por otros factores como la suscripción de nuevas acciones que pagaron los accionistas, o la conversión de bonos a acciones (convertibles), se sugiere entonces realizar una comparación entre la rentabilidad de los accionistas dada por el aumento de valor para los accionistas respecto a la capitalización bursátil al inicio de periodo y la rentabilidad exigida a las acciones que se determina por métodos como el CAPM, analizado anteriormente; para concluir finalmente que la creación de valor para los accionistas se obtiene como el producto de la capitalización bursátil por la diferencia entre la rentabilidad para los accionistas y la rentabilidad exigida a las acciones, *Creación de Valor para los accionistas = Capitalización \* (Rentabilidad para los accionistas - rentabilidad exigida por las acciones)*<sup>25</sup>, significa que se crea valor mientras más alta sea la verdadera rentabilidad del accionista respecto a las expectativas. De esta parte podemos decir que el precio de la acción, y la capitalización bursátil son parámetros que ayudan a determinar la generación de valor para los accionistas.

Ahora, revisemos la metodología más trabajada en las finanzas para medir la creación de valor: se utiliza el EVA, valor económico agregado, que no es un concepto nuevo, se introduce por primera vez en 1890 por Alfred Marshall, es una medida que ha tenido modificaciones y utiliza para su cálculo varias medidas financieras, y se determina con la siguiente expresión:  $EVA = Capital\ Invertido * (ROIC - WACC)$ , donde el ROIC<sup>26</sup>

es el rendimiento de capital de la empresa, o rentabilidad sobre el capital invertido y WACC<sup>27</sup>, es el promedio ponderado del costo de capital, según la estructura de capital. Como podemos observar, la medida de EVA combina indicadores contables con parámetros de mercado, y establece una relación entre la rentabilidad del capital y su costo. Para que se genere valor, la diferencia de los dos parámetros del paréntesis, debe ser positiva, es decir  $ROIC > WACC$ , la diferencia entre estos dos indicadores genera la llamada prima de valor, es una prima residual, porque agrega valor a lo que está en libros, y esta prima de valor está implícita en los estados financieros. Entonces, cuanto más se maximice el ROIC y se minimice el WACC, la medida Eva será más alta, y en consecuencia se genera mayor valor para los accionistas.

Tanto el ROIC como el WACC requieren una serie de medidas financieras para su cálculo; para el rendimiento de capital invertido se necesita el Margen de beneficio neto de la operación antes de impuestos: *Utilidad antes de impuestos / Ventas*, y la Tasa de rotación de capital: *Ventas y capital*. Para el WACC es necesario tomar la decisión para determinar la proporción adecuada entre deuda y capital, o la estructura óptima del capital y para la porción de deuda, cuánta actual y cuánta futura con su respectiva tasa de financiación, teniendo en cuenta que la deuda reduce intereses por la tasa impositiva; Además, para el capital, determinar el rendimiento que esperan los inversionistas, una de las variables con mayor incertidumbre, como se había comentado en párrafos anteriores, porque requiere metodologías que dependen de la condición de la empresa, si cotiza o no en bolsa.

Como nos podemos dar cuenta, las diferentes variables que se vinculan al cálculo del EVA está relacionada con factores de riesgo que pueden ser exógenos o endógenos; por ejemplo se puede decir que en el ROIC están los riesgos asociados directamente con la operación (inversión, financiación y apalancamiento) que afecta el margen de operación; y en el WACC están los riesgos asociados al mercado y medidos por el beta de la empresa, además de riesgo país. Por tanto, la administración debe tener en cuenta

estos elementos a la hora de implementar una gestión integral de riesgos en la empresa, de tal forma que desde la planeación se tengan en cuenta todos los aspectos relacionados con la generación de valor, las amenazas o eventos que pueden afectar las estrategias para el cumplimiento de metas y objetivos.

Otro aspecto que se debe aclarar es que la medida que proporciona el EVA, es para un solo periodo, que generalmente es un año, y estaría mostrando si en ese año el beneficio operativo supera o no lo que piden los que financian la empresa, es decir si  $ROIC > WACC$ . Sin embargo, para que se pueda evidenciar la verdadera generación de valor es necesario evaluarlo en varios periodos, para analizar su continuidad; y en el caso de proyectos evaluarlo como la sumatoria del valor presente del EVA en cada periodo, lo que se conoce como MVA.

Un indicador financiero contable que ha cobrado fuerza en los análisis de las empresas es el EBITDA<sup>28</sup>, porque puede ser una "señal de agregación de valor, si se le considera como Margen EBITDA"<sup>29</sup>. Su utilización está dada porque se considera que muestra mejor información en lo relacionado con la operación de la empresa o área de negocio, que no se ve influenciado por la parte impositiva ni por amortización ni depreciación; es un indicador de rentabilidad que puede mostrar si la empresa genera o no valor. El hecho de tener un valor antes de intereses e impuestos, se da porque depende de la estructura de la empresa que en últimas no afecta la operatividad, funcionamiento o razón de ser del negocio. Y antes de depreciaciones y amortizaciones, porque son intangibles que no se reflejan realmente en el flujo de caja. Por tanto, el EBITDA es una medida que permite saber cuánto efectivo o flujo de caja hay para pagar intereses e impuestos, y lo que queda es para los accionistas.

Ahora, el margen EBITDA, muestra la capacidad que tiene la empresa para generar flujo de caja por la venta de sus productos o servicios que son su objeto social; entonces las decisiones de los que dirigen las empresas deben estar enfocadas también a incrementar este margen, que se verá reflejado en una buena operación, continuidad, y

por ende, la generación de valor para sus accionistas. En cuanto a riesgos involucrados en este indicador, se evidencia en que se necesitan los ingresos que están dados por las ventas; aquí está la incertidumbre por el crecimiento de las ventas, y el precio de venta, y los costos de materiales, mano de obra y costos de producción. Está en el manejo de los administradores encontrar un flujo estable para determinar las utilidades que muestren permanencia del negocio.

Hasta ahora se han abordado dos aspectos de los tres mencionados al inicio del documento para desarrollar la hipótesis propuesta de mostrar cómo una adecuada gestión de riesgos contribuye a la creación de valor en las empresas. En la última parte se pretende, primero, realizar una contextualización del sector financiero en Colombia, y la forma en que se adoptan las normas para gestionar los riesgos inherentes a las operaciones que realizan, que son riesgos financieros, y en esta tipología se encuentran: el riesgo de crédito (incumplimiento de la contraparte), el riesgo de mercado (por factores como tasas de interés en moneda legal y extranjera, tipo de cambio, precios de acciones y riesgo en carteras colectivas), el riesgo de liquidez (por liquidez de mercado, o liquidez de financiación), y el riesgo operativo (por factores de riesgo de infraestructura, procesos, recurso humano y sistemas).

Además, veremos cómo las entidades financieras utilizan sistemas de control interno y buen gobierno corporativo que apoyan a la dirección en el cumplimiento de los objetivos, con modelos apropiados en el desarrollo de las operaciones y el manejo de la información para los accionistas; y finalmente mostrar cómo este sector que mantiene una cultura de riesgo y normativa, donde se aplican metodologías de gestión de riesgos financieros con modelos internos o de referencia, ha presentado mejoras en la generación de valor para los accionistas; esto se realiza a través de la revisión de algunas de las variables e indicadores que aportan a la generación de valor.

Pues bien, el Sistema Financiero en Colombia ha tenido dos grandes momentos; el primero que se

24 Pablo Fernández, Creación de valor para los accionistas, Gestión 2000, 2000, capítulos 1 y 2.

25 Ibid. p. 27

26 ROIC: Por sus siglas en inglés, Return On Invested Capital

27 WACC: sigla en inglés, weighted average cost of capital

28 EBITDA: Earnings before interest taxes depreciation and amortization.

29 Carmen Bastidas Méndez, EBITDA ¿Es un Indicador Financiero Contable de Agregación de Valor?, Capiv Review Vol. 5, 2007, p. 1



dio por la ley 45 de 1923, ley marco del sistema financiero colombiano cuando se implementó un modelo de banca especializada con la asesoría de un grupo de expertos llamada misión *Kemmerer*, "las entidades financieras se debían especializar según los diferentes tipos de negocios"<sup>30</sup>, cada institución se dedicaba a ofrecer cierto tipo de servicios y productos financieros de acuerdo con su especialidad, entonces estaban los bancos comerciales que captaban y colocaban recursos, los bancos hipotecarios dedicados a los créditos de vivienda,...y se creó la superintendencia bancaria para regular y controlar las operaciones de la banca. Con la ley 45 de 1990, el sistema financiero cambió al modelo matriz filiales, que es el actual, donde los diferentes negocios se encuentran concentrados en un conglomerado o grupo financiero que controla, y de ahí se desprenden las filiales especializadas en cierto servicio financiero. Esto ha llevado a que las instituciones financieras estén expuestas a diferentes riesgos, por las operaciones que realizan cada una de las filiales de acuerdo con los productos y servicios que ofrecen.

• Continuando con la evolución del sistema financiero colombiano, y en la búsqueda de criterios claros de supervisión y control, en 1995 se creó la circular básica contable y financiera, donde se establece toda la normativa referente a la evaluación de inversiones, cartera de créditos, manejo de información financiera, contabilización y reglas para realizar las diferentes operaciones, valoración y contabilización de productos derivados, y evaluación del riesgo de tasas de interés, en su momento. Esta circular se ha modificado continuamente de acuerdo con los cambios en las operaciones de las entidades financieras, por ejemplo, en materia de riesgos se establece la normativa para cada uno de los riesgos financieros a través de capítulos, con sus respectivos anexos que facilitan modelos de referencia para la medición y gestión de los riesgos propios del negocio:

- Capítulo II: Gestión del riesgo de crédito, SARC.
- Capítulo VI: Reglas relativas a la administración del riesgo de liquidez, SARL.
- Capítulo XXI: Reglas relativas al sistema de administración de riesgo de mercado, SARM.

• Capítulo XXIII: Reglas relativas a la Administración del Riesgo Operativo, SARO. Circular externa 026 de 2008: Reglas relativas a la administración del riesgo de lavado de activos y de la financiación del terrorismo, SARLAFT.

Y para las entidades cooperativas, la Supersolidaria, está el Documento técnico de la Circular Básica Contable y financiera.

Sin embargo, toda esta normativa ha sido adaptada teniendo en cuenta las recomendaciones del Comité de Basilea, conformado por los representantes de los Bancos Centrales de los países activos del G-10 que tiene como objetivos promover la seguridad y solidez del sistema financiero, para que haya igualdad competitiva, y mejorar las prácticas en las operaciones que realizan y que apoyen a la expansión de los mercados.

Este comité ha generado tres acuerdos conocidos como Basilea I, Basilea II, y Basilea III, los cuales establecen lineamientos para la industria financiera, y supervisión que permitan determinar los requerimientos mínimos de capital que soporte los riesgos que asumen las entidades; estas disposiciones se establecen para los países miembros, pero se recomienda la aplicación de los demás países, con los ajustes necesarios de acuerdo con las operaciones y características propias del país.

El Acuerdo de Basilea I (1988), se enfoca en primera instancia al riesgo de crédito por la principal actividad de los bancos, y años más tarde (1996) se ajusta con los requerimientos para el riesgo de mercado. Basilea II, además de mejorar los aspectos contemplados en Basilea I, incluye nuevos elementos, como el riesgo operativo, y se apoyan en tres pilares, requerimientos mínimos de capital, el papel de los supervisores y la disciplina del mercado, que es lo referente al manejo adecuado de la información. En 2010, se firma el acuerdo de Basilea III, realiza un cambio para la regulación de los bancos con el propósito de mantener un capital de calidad que les permita soportar sacudidas o crisis financieras sin ayuda del gobierno, y reforzar la solvencia y liquidez de las entidades. Las mejoras en cada uno de los acuerdos se realizan teniendo en cuenta las

causas de las crisis financieras, innovaciones que se vayan presentando en los productos, cambios en los mercados, y prácticas inadecuadas en la gestión, o por parte de los operadores del mercado.

Por lo anterior, el sistema financiero en Colombia a través de la Superfinanciera se ha preocupado por estar al tanto de los lineamientos establecidos por el comité de Basilea, de tal forma que las entidades se ajusten a cada una de las normas propuestas en la circular básica contable y financiera 100 de 1995, que se actualiza periódicamente para los diferentes riesgos financieros del sector.

Veamos cómo se establece la normativa para los riesgos propios del sector financiero en Colombia, y así evitar que se materialicen pérdidas que puedan llegar a afectar la estabilidad y viabilidad financiera de las entidades, y el sistema financiero<sup>31</sup>.

En el capítulo 2 de la circular están las reglas para la gestión del riesgo de crédito, el SARC. Se establecen políticas para evaluar, calificar, controlar y cubrir el riesgo de crédito; procesos para la identificación, medición, control y monitoreo del riesgo, se hace énfasis en las etapas de la operación del crédito desde el otorgamiento, seguimiento y control, hasta la recuperación; medición del riesgo con modelos internos que diseñan la institución bajo ciertas condiciones, o modelos de referencia que provee la superfinanciera para cada modalidad de crédito, para determinar la pérdida esperada basado en la probabilidad de incumplimiento (PI), el monto expuesto (saldo del crédito) y la pérdida esperada dado el incumplimiento (según las garantías), con la ecuación  $Pérdida Esperada = PI * Monto Expuesto * PDI$ ; el sistema de provisiones tanto generales como individuales para el cubrimiento del riesgo de crédito de acuerdo con la calificación; y los procesos de control interno para verificar el cumplimiento de las metodologías propuestas.

En el capítulo 6, el SARL define los parámetros a tener en cuenta para la gestión del riesgo de liquidez; además de las políticas, procedimientos, documentación, entre otros, se analiza la relación de este riesgo de liquidez con los demás (crédito,

mercado y operacional); y se establecen las metodologías para su medición como las brechas de liquidez, e indicadores para identificar la exposición significativa a este riesgo; y de la misma forma que el riesgo de crédito, las entidades deben utilizar las metodologías sugeridas (modelos de referencia) para calcular las pérdidas esperadas por exposición al riesgo de liquidez, o la aplicación de modelos internos diseñados por la entidad, que depende del tipo de negocio.

En cuanto al riesgo de mercado, en el capítulo 21 de la circular se establecen las reglas para la administración, a través del SARM, para lo cual se definen primero las operaciones en cada una de las áreas de tesorería, y la importancia de su independencia, el Front office que se encarga de la relación y negociaciones con los clientes, es decir, la parte comercial, el Middle office con la identificación, medición y control del riesgo, y el Back office encargada del registro de las operaciones. Se establecen los parámetros en cuanto a la utilización de metodologías de medición a través de modelos internos o de referencia, con el cumplimiento de reglas en lo relacionado con bases de datos, sugerencia de modelos como el VaR<sup>32</sup> para estimar las pérdidas esperadas que involucra la volatilidad de los rendimientos de la variable (precio, tasa de interés o tipo de cambio) de mercado, se recomienda analizar escenarios que involucren turbulencias en los mercados (*stress testing*) y las pruebas de validación con *backtesting*.

En el capítulo 23, reglamenta la forma como se debe gestionar el riesgo operativo con el SARO, de tal forma que se deben llevar a cabo los parámetros que propone la superintendencia para una efectiva administración del riesgo, que dependen de las características, tamaño, operaciones y actividades específicas del negocio. Se deben identificar los factores propios del riesgo operativo clasificados como internos y externos; en los internos agrupa recurso humano, procesos, infraestructura y tecnología; y en los externos las situaciones ocasionadas por la fuerza de la naturaleza o por terceros. Cada entidad determina las áreas y procesos en cada una de las líneas operativas para el registro, identificación y análisis de los eventos de riesgo, que luego permitan cuantificar las pérdidas esperadas.

30 Javier Serrano, Mercados Financieros, Editorial Universidad de los Andes, 2004, p. 32

31 Superfinanciera. Circular Básica Contable y Financiera 100 de 1995.

32 VAR: Value at Risk por sus siglas en inglés, Valor en riesgo. Propuesto por JP Morgan en 1994.



Por último, se reglamentan los criterios que deben tener en cuenta las instituciones financieras en lo relacionado con la fuente de los recursos captados, porque el lavado de activos y financiación del terrorismo presentan una gran amenaza para el sector financiero, en cuanto a su estabilidad e integridad. El SARLAFT se desarrolla teniendo en cuenta factores de riesgo que son las fuentes generadoras del riesgo, y son clientes, productos, canales de distribución y jurisdicciones, y se deben analizar a través de las etapas generales de la administración de riesgos, identificación, medición, control y monitoreo; lo que se pretende es determinar la pérdida esperada ante la exposición a este riesgo analizando el impacto y la probabilidad de cada uno de los factores de riesgo asociados.

La aplicación correcta de estas normas permite que las entidades del sector financiero que están obligadas a su implementación estén preparadas para hacer frente a los diferentes eventos de riesgos financieros, de tal forma que no los tome por sorpresa y tengan una actitud más preventiva que correctiva, y que se desarrollen sistemas integrales de gestión de riesgos financieros, con la debida capacitación a través de los manuales de riesgo, y para ello, se pueden apoyar en procesos de control interno y gobierno corporativo.

La Superfinanciera como entidad de supervisión y control del sector financiero, también recomienda implementar procesos de buen gobierno corporativo para los emisores, que están relacionados con los riesgos a los que se enfrentan las empresas, y dar cabida a la transparencia y la legalidad, con el propósito de generar confianza y valor agregado. Se basa en revelar la gestión realizada en los siguientes aspectos<sup>33</sup>:

- Junta directiva y alta gerencia, si participan en el establecimiento de los límites y perfiles de riesgo, si están enterados del manejo de los diferentes riesgos.
- Políticas y división de funciones, que la política de gestión de riesgo sea impartida desde arriba y la necesidad de crear áreas especializadas en la gestión de riesgos inherentes al tipo de negocio.
- Reportes a la junta directiva, que los reportes sobre las posiciones en riesgo se realicen en

forma periódica, y comunicar las veces que se incumplan los límites establecidos.

- Infraestructura tecnológica, informar sobre las condiciones de la infraestructura para el buen desarrollo de la gestión de riesgos.
- Metodología para la medición de riesgos, informar sobre las metodologías utilizadas para medir los riesgos y su efectividad
- Estructura organizacional, la necesidad de mantener independencia entre las áreas de tesorería.
- Recurso humano, informar sobre la calidad educativa y experiencia profesional de las personas encargadas de la gestión de riesgos.
- Verificación de operaciones, informar sobre los mecanismos de seguridad utilizados para comprobar la autenticidad de las operaciones realizadas.
- Auditorías, qué tan enteradas están de las operaciones de la entidad, y las sugerencias en materia de cumplimiento de límites.

Y en lo relacionado con procesos de control interno, el sector financiero está reglamentado con la circular 014 de 2009, en la que se imparten instrucciones para la revisión y adecuación del Sistema de Control Interno de las entidades supervisadas. Esta circular integra toda la normativa relacionada con la gestión de los riesgos financieros en el proceso de control interno de las entidades supervisadas, con propósitos de mejorar resultados en las operaciones, prevenir fraudes, gestionar en forma adecuada los riesgos a los que se exponen, y mejorar en cuanto a confiabilidad y oportunidad en la información. Para ello propone las siguientes etapas<sup>34</sup>,

1. Ambiente de Control, cultura organizacional basada en principios, valores y conductas orientadas hacia el control.
2. Gestión de Riesgos, que se tengan en cuenta las instrucciones de la Circular básica Contable y Financiera, SARM, SARC, SARL, SARO, SARLAFT, SARG.
3. Actividades de Control, políticas y procedimientos para lograr que se cumplan las disposiciones de la administración con relación a sus riesgos y controles.
4. Información y Comunicación, contar con criterios claros de seguridad, calidad y manejo

<sup>33</sup> www.superfinanciera.gov.co

<sup>34</sup> Superfinanciera. Circular Externa 014 de 2009.

de la información, mantener una comunicación eficaz en todas las áreas de la entidad.

5. Monitoreo, para verificar la calidad de desempeño del control interno a través del tiempo.
6. Evaluaciones independientes, realizar evaluaciones para revisar la efectividad del sistema de control interno, que sean realizadas por personas independientes del proceso.

A continuación, se realiza una revisión de las cifras financieras del sector financiero en Colombia que demuestren qué tanto puede

contribuir el cumplimiento de las normas establecidas por la superintendencia financiera en materia de gestión de sus riesgos y en la generación de valor para sus accionistas. La idea es mostrar cómo después de la crisis financiera de los años 1998 y 1999, el sector financiero se ha preocupado por estar preparado en lo relacionado con los riesgos financieros a los que se exponen, y esto se ve reflejado en los indicadores que aportan a la generación de valor.

Antes de iniciar con los indicadores podemos dar una mirada general al comportamiento del PIB del sector financiero y el total.

Producto Interno Bruto trimestral por ramas de actividad económica  
Variaciones porcentuales anuales  
A precios constantes del año 2000  
Series desestacionalizadas

Ramas de actividad	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ESTABLECIMIENTOS FINANCIEROS, SEGUROS, INMUEBLES Y SERVICIOS A LAS EMPRESAS.	5.1	6.1	5.7	3.9	5.5	6.7	7.3	5.6	3.1
5.1 Servicios de intermediación financiera, seguros y conexos	4.5	14.5	13.1	6.1	10.5	4.6	10.3	9.5	3.1
5.2 Servicios inmobiliarios y alquiler de vivienda	6.1	1.7	1.8	2.8	2.3	4.4	2.5	2.8	3.1
5.3 Servicios a las empresas	4.1	6.9	5.7	3.7	6.2	12.0	11.1	5.6	3.1
TOTAL PIB	2.2	2.5	4.6	4.7	5.7	6.9	7.5	2.4	0.4

Fuente, DANE \*datos provisionales

Fuente: BPR/Benchmark, con datos extraídos del DANE



Fuente: DANE y Cálculos Benchmark

\* Datos provisionales a precios constantes del año 2000



Es evidente que el sector financiero ha presentado una evolución favorable, que comparado con el PIB general y a pesar de la crisis del 2008 y 2009, ha mostrado mejores resultados. Ahora, observando los datos más detallados por tipos de servicios, la intermediación financiera, que es todo lo relacionado con bancos comerciales, corporaciones financieras, compañías de financiamiento comercial, entre otros, estuvo en niveles más altos, hasta del 14.5% en el 2002.

Entrando en materia de los indicadores financieros, en primera instancia evaluemos el indicador de solvencia, que hace referencia a los requerimientos mínimos de capital que soporten los diferentes riesgos financieros a los que se exponen las entidades, Basilea establece un nivel mínimo del 8% para el indicador de solvencia. En Colombia se exige un nivel mínimo del 9% para bancos y corporaciones, compañías de financiamiento comercial y cooperativas de orden superior, y se determina con el siguiente indicador,

$$\text{Relación Solvencia} = \frac{\text{Patrimonio Técnico} - \text{Deducciones}}{\text{APNR} + \left[ \left( \frac{100}{9} \right) * V_e R_{RM} \right]}$$

Fuente: www.superfinanciera.gov.co

Donde,  
APNR: Activos ponderados por nivel de riesgo  
VeR<sub>RM</sub>: Pérdida esperada por riesgo de mercado

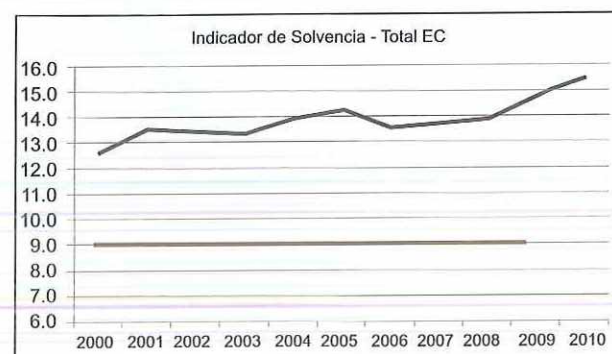
Como la información se presenta a la superfinanciera mensualmente, se sacó un promedio para cada año, y los resultados en términos porcentuales son:

FECHA	BANCOS	CF	CFC	Coop	Total EC
2000	11,7	14,4	19	23,4	12,6
2001	12,7	14,8	21,1	23,7	13,5
2002	12,8	14	20	24,8	13,4
2003	12,8	14,6	17,3	23,5	13,3
2004	13,4	17,2	14,9	20	13,9
2005	13,7	18,9	13,5	20	14,2
2006	13,1	26	12,9	19,4	13,5
2007	12,9	50,1	12,1	19,3	13,7
2008	13,2	50,4	12,6	18,6	13,9
2009	13,9	51	13,5	25,8	14,8
2010	14,6	32,2	15,1	24,4	15,5

Fuente: Datos Superfinanciera. Elaboración propia.

CF: Corporaciones Financieras

CFC: Compañías de Financiamiento Comercial  
Coop: Cooperativas  
Total EC: Total Establecimientos de Crédito



Fuente: Datos Superfinanciera. Elaboración propia.

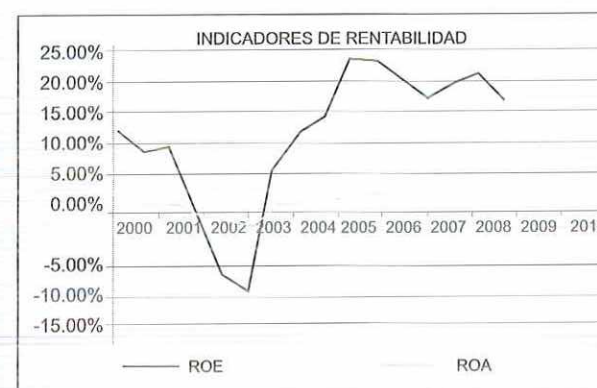
Gráficamente se puede observar la evolución favorable de este indicador, y cumpliendo con los requerimientos mínimos, siempre ha estado superior al 9%, este indicador mide la solidez del capital con que cuenta la institución financiera. Teniendo en cuenta que el indicador de solvencia incluye el riesgo de crédito y el riesgo de mercado, y es con lo que las entidades cuentan para hacer frente a la exposición por estos riesgos, significa entonces, que hay una gran preocupación en el sector financiero por mantener un nivel apropiado, y están preparados para movimientos adversos, que puedan desestabilizar su situación financiera.

La razón del manejo adecuado de los riesgos que muestra el indicador de solvencia se da porque las entidades deben realizar el cálculo en primera instancia, de los activos ponderados por nivel de riesgo crediticio y cada activo está relacionado con un porcentaje (0%, 20%, 50%, 75%, 100%, 150%...) de acuerdo con la categoría de exposición que se encuentra en el capítulo XII de la circular básica contable y financiera, además, el cálculo de la pérdida esperada por riesgo de mercado (VeR) que se determina basados en el capítulo XXI, y como ambos valores van en el denominador, lo que buscan es reducirlo para que el indicador muestre la buena gestión y cubrimiento de los riesgos.

Ahora, desde el punto de vista de indicadores de rentabilidad como el ROE y ROA que contribuyen a la generación de valor para los accionistas, veamos cuál ha sido su comportamiento en el

periodo 1995 a 2009, los cálculos que se presentan son promedios en cada año de datos mensuales,

AÑO	ROA	ROE
1995	1,7%	12,1%
1996	1,4%	9,2%
1997	1,5%	9,8%
1998	0,0%	-0,2%
1999	-1,1%	-7,7%
2000	-1,5%	-10,1%
2001	1,1%	7,1%
2002	1,7%	11,8%
2003	1,9%	14,0%
2004	2,8%	22,1%
2005	2,9%	21,8%
2006	2,5%	19,0%
2007	2,1%	16,6%
2008	2,3%	18,7%
2009	2,5%	19,8%
2010	2,3%	16,3%



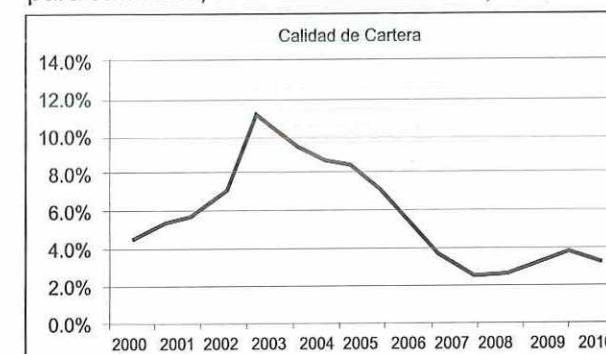
Fuente: Datos Superfinanciera. Elaboración propia.

Se observa claramente que después de la crisis de 1998 – 1999, los indicadores de rentabilidad del activo y del patrimonio muestran un mejor comportamiento, al punto que se fortalece el sector financiero que estuvo preparado para la crisis del 2008 – 2009, también se observa que la rentabilidad del patrimonio es superior a la rentabilidad del activo; el valor más bajo del ROA fue de -1.54% en el año 2000, y el más alto 2.87% en el 2005; para el ROE, el valor más bajo se dio en el año 2000 con -10.1%, y el más alto en el 2004 con 22.1%. Lo anterior se debe a las buenas prácticas en la gestión de los riesgos propios del sector, para generar confianza en los clientes y accionistas.

Ahora, si damos una mirada a los indicadores para relacionar dónde se involucra la gestión de los riesgos, el ROE es una aproximación que

puede mostrar si la empresa tiene capacidad para generar ingresos y en consecuencia incrementar su valor, esto es para el accionista un mayor valor del patrimonio que significa más dividendos, y valorización de las acciones<sup>35</sup>. Desde el punto de vista de los riesgos financieros, las entidades incrementan sus ingresos por una mejor gestión en todas las operaciones que realizan, tanto en captación como en colocación de recursos, así como el manejo de sus portafolios de inversión que reflejan unas mejores ganancias. Estamos hablando de riesgo de crédito para la cartera cuando tienen en cuenta los aspectos contemplados en las etapas propuestas por el SARC (capítulo II de la circular básica contable y financiera) en la operación del crédito: otorgamiento, seguimiento y control, y recuperación; en el riesgo de crédito de las inversiones cuando realizan un análisis apropiado de los títulos a incluir en sus portafolios de renta fija (mayor % en deuda pública, TES del gobierno nacional). En cuanto al riesgo de mercado (tasas de interés, tipo de cambio, precios y carteras colectivas), con la selección de los instrumentos, basados en el perfil de riesgo de la entidad, estableciendo límites, cálculo de pérdidas esperadas, que les proporcionen mejores rentabilidades a niveles de riesgo tolerables. Todo lo anterior es el reflejo de una mejor utilidad en el periodo y una rentabilidad para el accionista.

Para el análisis de la calidad de la cartera, a partir de los datos mensuales se calcularon promedios para cada año; veamos los resultados,



Fuente: Datos Superfinanciera. Elaboración propia.

El indicador de cartera crediticia, definido como la cartera vencida sobre la cartera bruta total,

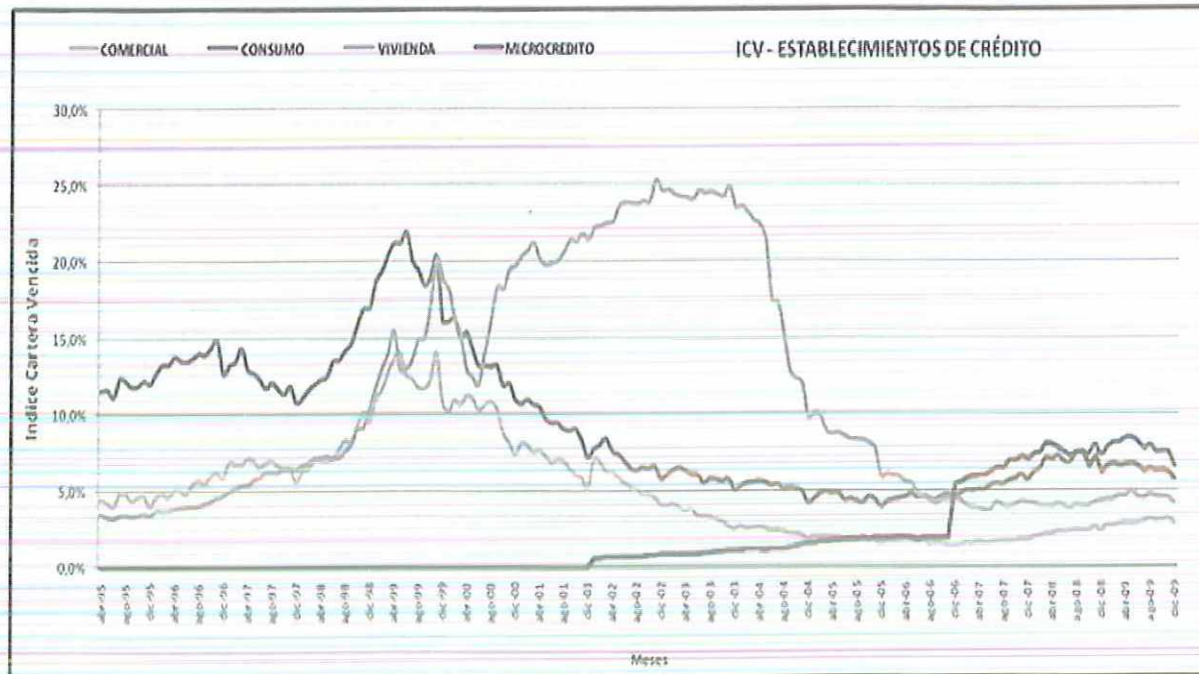
35 Fernando Pineda y José Hernán Piñeros, "Reporte de estabilidad financiera", Banco de la República, marzo de 2009, p. 9



muestra qué tan eficiente es la entidad para recuperar la cartera vencida, y de esta forma mostrar la buena gestión del riesgo de crédito. Después de la crisis de 1998-1999, en general ha mantenido una tendencia descendente, solo en 2008 y 2009 se observa un leve crecimiento. El valor más bajo de este indicador se dio en el año

2006 con 2.9%, y el más alto en el año 1999 con 12.7%; entonces, sí hay una evolución favorable de la calidad de la cartera, y se refleja en el indicador de solvencia.

Si se analiza la calidad de cartera por modalidad de crédito,



Fuente: DANE - Superintendencia Financiera de Colombia y Cálculos BPR/BENCHMARK

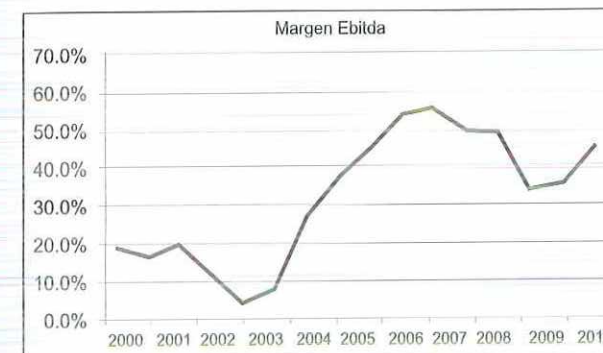
Es importante resaltar que la cartera de vivienda se ha demorado más en mejorar los niveles de calidad, debido a que esta fue la fuente generadora de riesgo de crédito que causó la crisis de 1998-1999. La que ha mostrado mejor desempeño es la cartera comercial que corresponde a las empresas, es decir, que se tiene un buen control en la recuperación de los recursos prestados.

Se puede decir, entonces, que con la implementación por parte del sector financiero del Sistema de Administración de Riesgo de Crédito SARC, reglamentado por la superfinanciera en el año 2002, se hicieron mejoras en los modelos de medición del riesgo, con el cálculo de la probabilidad de incumplimiento de acuerdo con la modalidad del crédito, se introdujeron cambios significativos en el manejo de las provisiones para la cartera vencida, y de esta forma se corrigieron los problemas de cubrimiento de la cartera.

Continuando con los indicadores, ahora veremos el Ebitda, y el margen Ebitda que como se mencionó anteriormente, puede dar señales de agregación de valor. Teniendo en cuenta que estamos trabajando con el sector financiero, y que recibir intereses hace parte de su objeto social, entonces utilizamos para el Ebitda el margen operacional antes de depreciaciones y amortizaciones. Para el cálculo se obtuvieron los promedios en cada año de los datos mensuales.

AÑO	EBITDA (Millones de pesos)	Margen Ebitda
1995	1.130.363	19,7%
1996	1.018.938	17,2%
1997	1.306.339	20,5%
1998	1.032.149	13,3%
1999	164.513	3,1%

AÑO	EBITDA (Millones de pesos)	Margen Ebitda
2000	308.766	7,6%
2001	1.408.135	27,7%
2002	1.799.280	40,0%
2003	2.157.529	47,7%
2004	2.920.117	58,4%
2005	3.576.833	60,4%
2006	3.489.810	54,1%
2007	4.335.831	53,0%
2008	4.553.630	36,6%
2009	5.203.259	38,5%
2010	5.367.233	49,3%



Fuente: Datos Superfinanciera. Elaboración propia.

Recordemos que el margen Ebitda se obtiene del cociente entre el Ebitda y los ingresos operacionales. Si se analiza la tendencia general, es alcista; sin embargo, ha presentado tendencias secundarias marcadas, la primera hasta el

periodo de la crisis 1998-1999 a la baja, su nivel más bajo fue de 3.06% en 1999, luego se recupera fuertemente llegando a 60.4% en el 2005, y en el año 2008 que se cayó al 36.6%. El sector financiero demuestra la capacidad que tiene en la administración de los movimientos de efectivo como producto de su actividad principal, es decir, una buena eficiencia en la gestión de las entidades.

Si el Ebitda es un indicador que sirve para analizar qué tan bueno ha sido el desempeño operativo de una empresa, y las operaciones principales de los bancos, por ejemplo, es la intermediación financiera, en las firmas comisionistas es la compra y venta de valores por comisión, entre otras, entonces, para que tengan una aproximación del flujo de caja operativo adecuado, deben realizar una gestión de riesgos que les permita mantener un equilibrio en las operaciones, que no haya concentración de recursos captados ni colocados, realizar análisis de riesgo de incumplimiento, un buen manejo de las inversiones y medición de las pérdidas esperadas de las posiciones que tengan, y en cumplimiento con la normativa de la Superfinanciera, de ahí que los resultados de la operación puedan ser favorables.

Otra forma de observar la generación de valor para los accionistas es el precio de mercado de la acción y los dividendos que genera la acción. Para este caso es necesario que la acción cotice en bolsa. Se analizaron algunas entidades representativas del sector financiero y que cotizan en la bolsa de valores de Colombia, son 4 bancos, una comisionista de bolsa y una de banca de inversión y seguros, se trabajaron datos mensuales, y estos son los resultados obtenidos para el análisis del precio de mercado,

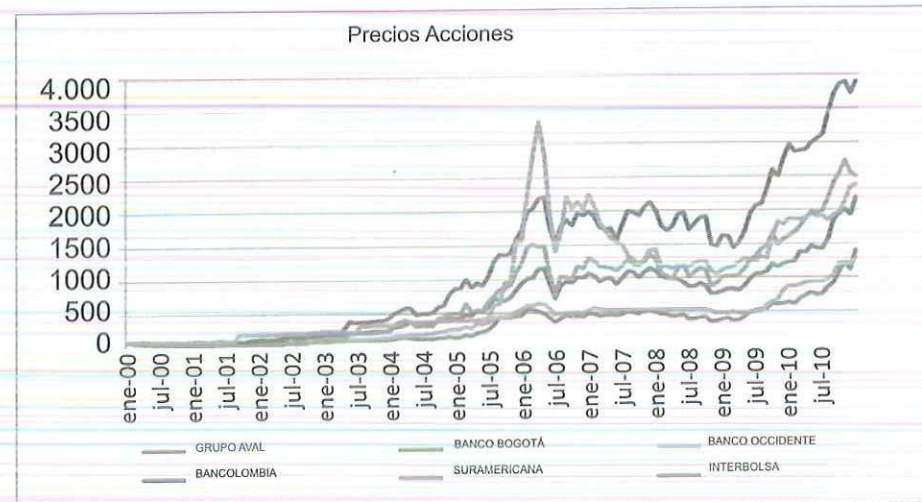
	GRUPO AVAL	BANCO BOGOTA	BANCO OCCIDENTE	BANCOLOMBIA	SURAMERICANA	INTERBOLSA
RENTABILIDAD	2,40%	2,90%	2,30%	3,30%	3,20%	3,30%
RIESGO	9,20%	10,10%	8,00%	10,00%	11,80%	14,70%
MAX	34,70%	55,00%	36,70%	39,60%	36,20%	98,70%
MIN	-34,50%	-25,50%	-27,10%	-21,90%	-29,60%	-31,30%

Fuente: Datos Económica. Elaboración propia



Desde el punto de vista de rentabilidad en términos mensuales ha sido aproximadamente entre el 2% y 3% aproximadamente, que en términos anuales sería del 33% al 47%. Muestra que los precios de las acciones de este grupo de entidades del sector financiero han presentado en general un buen crecimiento, sin embargo, con la rentabilidad va asociado un

riesgo de precio específico de la acción que se mide con la desviación estándar, y que refleja las variaciones que presentan las rentabilidades a lo largo del periodo analizado y para estas seis entidades oscila entre el 8% y 14% mensual. En la gráfica se puede apreciar el comportamiento del precio al alza en todas las acciones,



Fuente: Datos Económica. Elaboración propia.

Con relación a los dividendos se realizó un análisis de los datos anuales, y se aprecia un crecimiento en general, aunque no muy acentuado para algunas entidades como se muestra en el siguiente gráfico:



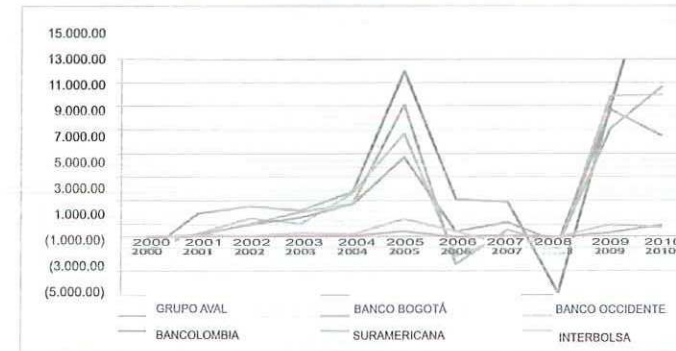
Fuente: Datos Económica. Elaboración propia.

Si se analiza el valor creado utilizando el precio de la acción al final de cada año (diciembre), precio al inicio (enero) y los dividendos con la siguiente metodología propuesta por Knight<sup>36</sup>,

Precio final de la acción
- Precio inicial de la acción
= Apreciación del precio de la acción
+ Dividendos ganados
= Valor creado

Los resultados fueron los siguientes:

AÑO	GRUPO AVAL	BANCO BOGOTÁ	BANCO OCCIDENTE	BANCOLOMBIA	SURAMERICANA	INTERBOLSA
2000	(54,82)	(1.294,57)	(1.122,75)	(177,77)	(595,99)	-
2001	35,80	1.945,23	226,66	164,40	67,63	121,59
2002	28,17	2.536,44	1.534,53	968,81	1.053,64	58,74
2003	35,92	2.196,78	1.028,51	1.571,76	2.085,41	255,60
2004	38,14	3.780,64	3.656,88	2.709,48	2.785,71	150,24
2005	386,31	13.967,33	8.733,84	6.667,20	11.137,57	1.469,02
2006	(66,94)	3.157,27	(1.741,96)	381,70	(2.379,32)	387,85
2007	54,02	2.903,41	25,03	1.163,47	523,30	(807,25)
2008	(76,96)	(4.807,55)	968,69	(521,47)	(709,92)	62,84
2009	286,77	11.050,26	11.921,24	10.703,52	9.107,49	997,14
2010	953,36	26.027,58	11.989,69	8.553,23	12.592,75	744,59
PROMEDIO	147,27	5.587,53	3.207,54	2.925,82	3.242,57	301,34



Fuente: Datos Económica. Elaboración propia.

Se observa que desde esta metodología las seis entidades analizadas presentan inestabilidad en el valor creado por las fuertes variaciones de un periodo a otro, pero en general alza.

financiero no es la excepción. Veamos dos momentos importantes, en el 2002 después de la crisis financiera de 1998-1999, y en el 2009 en la crisis internacional.

Lo anterior evidencia que las entidades de este sector se preocupan por mantener su buena imagen, y confianza hacia los que acceden a sus servicios, y todo esto se logra si mantiene un buen nivel de solvencia para hacer frente a las operaciones que realiza, entonces las acciones se vuelven atractivas para los inversionistas y aumenta su precio, que en últimas representa agregación de valor, porque al aumentar el precio de las acciones y los dividendos, se está generando riqueza para los accionistas.

En el 2002, el sector financiero destruyó valor, pero en una menor proporción comparado con el año 2001, que según Stern Stewart & Co<sup>37</sup>, el aumento se dio porque las instituciones tomaron una mayor conciencia sobre el costo y uso eficiente del capital, a través de una mejor eficiencia operacional, que no ha sido suficiente para mostrar a los accionistas retornos positivos, por lo que siguen perdiendo valor. Significa que el sector ha hecho esfuerzos para salir de los números rojos que dejó la crisis, pero aún le falta. Si se analiza por sectores, los que más destruyeron valor en el 2002 fueron las corporaciones financieras, y las que no destruyeron valor fueron las administradoras de fondos de pensiones, como lo muestra el siguiente cuadro.

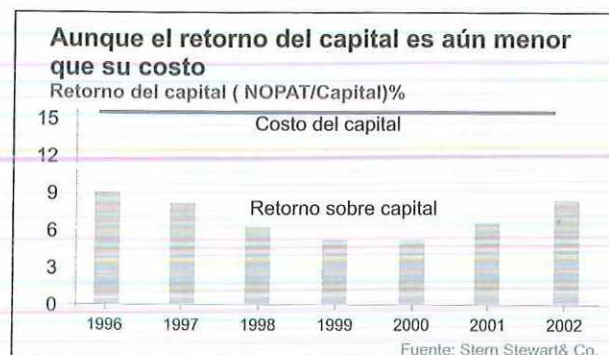
Finalmente, es importante resaltar cómo las empresas se interesan por medir los resultados y desempeño analizando qué tanto valor han generado para sus accionistas, y el sector

36 James A. Knight, La administración basada en el valor, editorial Mc Graw Hill, 2002, p. 17-18

37 Empresa consultora, líder en el tema de EVA en el mundo.



ENTIDAD FINANCIERA	EVA/ Capital
BANCOS	-6,60%
CORPORACIONES FINANCIERA	-12,66%
COMPAÑÍAS DE FINANCIAMIENTO COMERCIAL	-7,63%
SOCIEDADES FIDUCIARIAS	-0,60%
SEGUROS GENERALES	3,22%
ADMINISTRADORAS DE FONDOS DE PENSIONES	16,49%



Fuente: Revista Dinero. Cálculos de Stern Stewart & Co.

En el 2009, nuevamente la revista Dinero realiza un análisis de la banca para determinar su mejora en la generación de valor. Realmente el sector ha evolucionado en lo relacionado con el uso eficiente del capital, porque los resultados del retorno sobre el patrimonio estuvieron sobre el 16% para los bancos, y esta rentabilidad es superior al costo de capital. Lo anterior ha sido favorable porque genera confianza en los inversionistas que se motivan por llevar sus recursos para que se aumente el crédito y crezca la economía.

Para concluir este documento se pueden resaltar las siguientes ideas:

- El sector financiero en Colombia bajo la supervisión de la superfinanciera en lo relacionado con las operaciones que realiza, cuenta con un marco regulatorio, con cambios continuos de acuerdo con los estándares internacionales para que se gestionen los riesgos, lo que les ha permitido a las entidades mantenerse en los niveles apropiados que demuestran estabilidad financiera.
- La mejora en el sector financiero se ha dado porque las instituciones han tomado conciencia de la necesidad de implementar en forma adecuada los sistemas de administración de

riesgos establecidos por la Superfinanciera, lo que genera más cultura sobre el riesgo en los diferentes procesos y en cada una de las líneas de negocio. Establecen límites en sus posiciones, y evalúan las pérdidas esperadas para que no los tomen por sorpresa los cambios fuertes en los mercados.

- El valor agregado en el sector financiero va ocupando su lugar, y con resultados favorables, en la medida en que las entidades financieras apoyados por los acuerdos de Basilea, implementen modelos de medición y control de sus riesgos financieros, de tal forma que su indicador de solvencia muestre el cumplimiento del requerimiento mínimo de capital, y dependa del tipo de operaciones que realizan.
- Es importante resaltar el papel de la alta dirección para que estén al tanto de los procesos de gestión de riesgos que se desarrollan en las empresas, de tal forma que las decisiones tomadas se puedan controlar y evaluar desde el punto de vista de los riesgos asumidos y los límites de tolerancia.
- Tener en cuenta que no siempre el riesgo se debe ver como una amenaza, sino que se puede transformar en oportunidades con buenas estrategias y con análisis de la relación costo beneficio, de manera que se tenga una combinación adecuada entre riesgo y rendimiento.
- Una empresa que genera valor para sus accionistas se mantiene con ventajas competitivas frente a otras empresas de su sector, y demuestra que el crecimiento se da porque las decisiones están acompañadas de una gestión adecuada de los riesgos a los que se enfrenta, con análisis de las variables asociadas a cada riesgo y su impacto en los flujos esperados.

## BIBLIOGRAFÍA

### Textos

- Banco Interamericano de Desarrollo. 1999. Gestión de Riesgos Financieros, un enfoque práctico para países latinoamericanos. Grupo Santander.
- Estupiñán Gaitán, Rodrigo. 2006. Administración o Gestión de Riesgos ERM y la

- Auditoría Interna, ECOE Ediciones.
- Fernández, Pablo. 2000. Creación de valor para los accionistas. Gestión 2000.
- ICONTEC, Manual de directrices de gestión del riesgo, 2009, p. 23.
- Knight, James A., 2002. La administración basada en el valor. Editorial Mc Graw Hill.
- Pérez-Iñigo, Juan Mascareñas. 1999. Innovación Financiera, aplicaciones para la gestión empresarial. Mc Graw Hill.
- Rappaport, Alfred. 1998. La creación de Valor para el accionista. Deusto.
- Ross Westerfield, Jaffe. 2009. Finanzas Corporativas. Mc Graw Hill.
- Serrano, Javier. 2004. Mercados Financieros. Editorial Universidad de los Andes.
- Van Horne, James C., 1997. Administración financiera. Prentice Hall.

### Documentos

- Bastidas Méndez, Carmen. 2007. EBITDA ¿Es un Indicador Financiero Contable de Agregación de Valor? Capi Review Vol. 5.
- Cachanosky, Juan Carlos. Las decisiones empresariales y las predicciones en la economía.
- Departamento nacional de Planeación. 2007.

- Grupo de Planeación. Guía metodológica para la elaboración del mapa de riesgos.
- Gutiérrez Calderón, Ricardo. Otros Modelos de Control. ITAM. Presentación ppt.
- Martínez, Jorge Arturo. 1999. La Naturaleza del Riesgo. ITESM.
- Pineda, Fernando y José Hernán Piñeros. 2009. Reporte de estabilidad financiera. Banco de la República
- Preve, Lorenzo A., La Gestión estratégica del riesgo corporativo. IAE. Artículo I de II.
- Price Waterhouse Coopers, 2009. Auditoría de la cultura de riesgos. Consultoría. Edición 3.
- Rodríguez, Juan I., 2011. Riesgo. Material de Clase. Facultad de Administración de empresas. CUN.

### Páginas Web

[http://www.coso.org/documents/COSO\\_ERM\\_ExecutiveSummaryspanish.pdf](http://www.coso.org/documents/COSO_ERM_ExecutiveSummaryspanish.pdf)

[www.articulo.org/articulo/45550/cultura\\_del\\_riesgo.html](http://www.articulo.org/articulo/45550/cultura_del_riesgo.html)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Gobierno\\_corporativo](http://es.wikipedia.org/wiki/Gobierno_corporativo)

[www.superfinanciera.gov.co](http://www.superfinanciera.gov.co), Circular Básica Contable y Financiera 100 de 1995.



# Algunas aplicaciones de las redes neuronales como herramientas de pronóstico en los ámbitos nacional e internacional

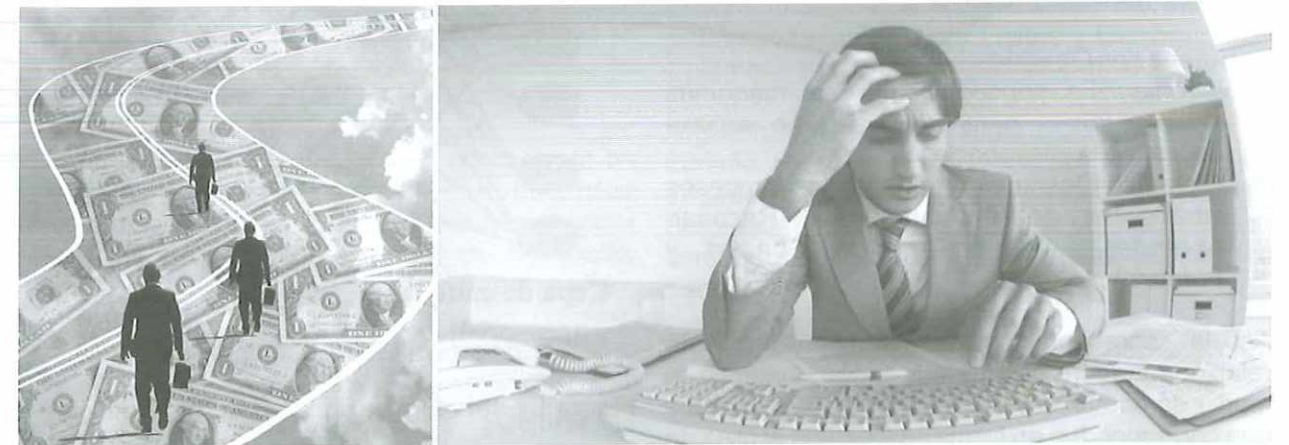
**María Eugenia Serrano Acevedo**

**Jaime Ángel Rico Arias**

**Docentes Investigadores programa Ingeniería Financiera UNAB**

El estudio de las redes neuronales artificiales<sup>1</sup> parte del estudio del sistema nervioso central como lo muestra Galván (1791) al reconocer la naturaleza eléctrica de las señales nerviosas. Luego Ramón y Cajal dio un paso importante usando la técnica del teñido celular de impregnación argéntica de Golgi, por el cual descubrió que el sistema neuronal era un ensamble de células bien definidas llamadas neuronas, que se comunicaban a través de las sinapsis. Tanto Golgi como Ramón y Cajal obtuvieron el premio Nobel por su trabajo. El mecanismo de funcionamiento neuronal fue explicado por Hodgkin y Huxley, y la naturaleza de la transmisión sináptica fue en particular estudiada por Katz. Desde entonces la investigación ha evolucionado hasta el punto que hoy en día se conocen muchas moléculas proteicas encargadas de las transmisiones neuronales denominadas neurotransmisores y neuroreceptores. (Paretto, 1992).

Planck estableció la hipótesis de membrana, a partir del estudio del transporte de cargas en soluciones iónicas, realizado por Nerst. Planck propuso que el potencial de acción consistía en la descarga del potencial difundido, causado por el incremento en la permeabilidad iónica de la membrana (Scott, 1975). La



<sup>1</sup> Quintero Ortiz Luis Antonio. Revista Ingenierías. Universidad de Medellín. N° 1. Página 122



unión de varias áreas del conocimiento permitió significativos avances, como la neurobiología y la psicología experimental. Las observaciones de Hubel y Wiesel en 1962, y de Mountcastle en 1957, permitieron conocer la noción de organización columnar de la corteza cortical.

En 1969 William James escribe acerca de la estructura y funcionamiento del cerebro. En este trabajo se establecieron algunos de los principios básicos sobre memoria correlacional y memoria asociativa. Se definió que la actividad para cualquier punto en el corte cerebral es la suma de las tendencias de todos los otros puntos que se descargan dentro de él (Mac Gregor, 1987).

La inteligencia artificial (IA) es el estudio de cómo hacer que los computadores hagan cosas que hasta el momento hacen muy bien los humanos (Ric, 83).

La IA es una subdisciplina de la informática, una técnica más de software que se utiliza en el desarrollo de procesos que son semejantes al método de razonamiento humano y, por tanto, son expresados en términos simbólicos más que numéricos. La capacidad más importante de los programas de IA es el manejo de símbolos agrupados en conceptos e ideas y no como colección de datos carentes de significado y relación; estos programas están diseñados para comprender conceptos (Perro, Mesa, Cuadrado) relación entre conceptos e ideas (Perro - Animal, Mesa - Objeto, Cuadrado - Figura Geométrica) y basados en esto dar como salida de sus procesos opiniones, análisis y recomendaciones.

La IA tiene dos Objetivos:

1. *Ingenieril*: Es conseguir que las máquinas realicen tareas para las cuales se supone necesaria la inteligencia humana.
2. *Científico*: Descubrir y simular los procesos inteligentes del ser humano ( Razonar, Aprender a Interpretar Voz, Sonidos y Formas.)

Así la representación del conocimiento está relacionada con escribir en algún lenguaje o medio de comunicación descripciones o cuadros que corresponden en forma casi exacta al área de interés. Cuando se resuelve un problema con IA se necesitará determinar como se manipularán y

usarán los datos y el conocimiento para llegarla las conclusiones sobre el entorno, esto puede ser factible a través de las redes neuronales artificiales (RNA).

Las redes neuronales son sistemas paralelos<sup>2</sup> para el procesamiento de la información, inspirados en el modo en que las redes neuronales biológicas del cerebro procesan la información. Todo el mundo observa que el cerebro humano es superior a un computador en muchas tareas, por ejemplo, en el procesamiento de información visual: un niño de dos años reconoce objetos, caras,.... mejor y más rápidamente que el más avanzado sistema de inteligencia artificial diseñado para dicha tarea, incluso ejecutándose en un supercomputador. Solo en tareas basadas principalmente en aritmética sencilla los computadores sobrepasan al cerebro humano.

La neurona es la unidad básica de procesamiento de la red. Esta recibe varias señales de entrada, las cuales pondera según la fuerza o peso con el cual se recibe cada señal (Figura 1).

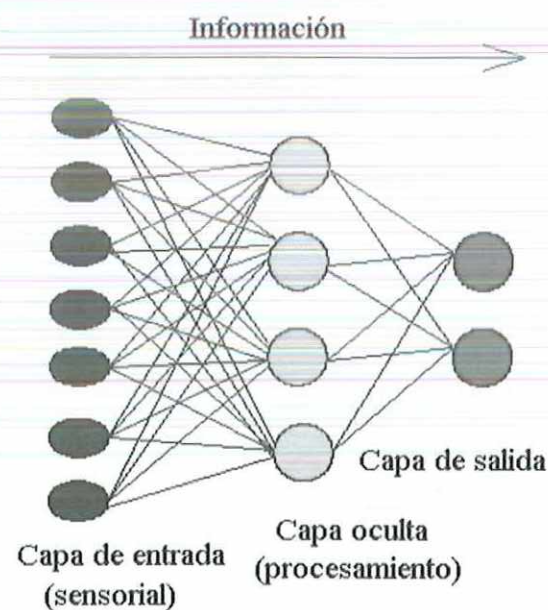


Figura 1. Estructura de una red neuronal artificial

Una vez que se tenga la suma ponderada de las entradas en el nodo, esta se pasa a través de una

función de transferencia, la cual define si produce una salida o no.

Las funciones de transferencia más usadas son: La función tangente hiperbólica, la función de error, la función normal, la función sigmoide y la función escalón. El propósito de estas funciones es alinear los valores del nodo, tal que permitan simular el comportamiento de la neurona biológica que es de paso todo o nada. Lo usual es que los valores de entrada se normalicen, y por tanto, para valores bajos, se genera una respuesta que va hacia todas las otras neuronas con las cuales esta conectada (Kamp, 1990). El estado de activación de una neurona depende del peso o magnitud de conexión que tiene con otras neuronas, y su salida dependerá también del estado de activación en que se encuentre. Esto en conjunto hace que la función de una red se deba más a la interconexión que tienen las neuronas entre sí que a la simple sumatoria de redes particulares. Las redes pueden tener sus nodos ordenados de diferentes maneras, ordenados por varias capas o en una sola capa o estructura. Las redes monocapa establecen conexiones laterales entre las neuronas que pertenecen a la única capa.

Dentro de los campos de aplicación de las redes neuronales en las finanzas se encuentran:

### MERCADO DE CAPITALES

Es aquel en el que se negocia con capitales a medio y largo plazo, en préstamos o empréstitos, así como en compraventa de acciones y participaciones en sociedades mercantiles. La bolsa es un mercado de capitales institucionalizado, aunque también se realicen operaciones con activos monetarios, es decir activos de alta liquidez<sup>3</sup>.

El Mercado de Capitales provee un conjunto de mecanismos donde los inconvenientes mencionados son subsanados en mayor o menor grado de acuerdo con su nivel de desarrollo, siendo entre sus funciones las siguientes:

- Canalizar Recursos para la Inversión.
- Asignar Precios a los Diferentes Riesgos.
- Diversificar los Riesgos y Facilitar la Obtención de Portafolios Deseados.

### Transformar Plazos.

Es primordial para los administradores de carteras de bonos y acciones conocer nuevas herramientas tecnológicas que le permitan estar a la vanguardia en un mercado global y abierto en donde el manejo de la información es fundamental para minimizar el riesgo en tiempo real al momento de decidir por una alternativa ante múltiples opciones de inversión en acciones en el mercado de capitales.

El avance de los mercados financieros desde los setenta ha estado de la mano de las nuevas herramientas de cálculo, una de ellas es la aplicación de las redes neuronales que plantea el diseño de metodologías de especificación, recolección y gestión de información, que se hagan de forma integrada con las diferentes instancias encargadas de producirla, ya que uno de los problemas de los procesos de predicción consiste en la forma y disponibilidad de información necesaria.

El poco desarrollo que ha tenido el mercado en Colombia se manifiesta por diferentes factores que predominan y afectan negativamente su evolución; los más importantes son la concentración, el tamaño del mercado y la liquidez.

La concentración de mercado se expresa por el número reducido de bonos y acciones que participan en la capitalización bursátil y de las transacciones, y la concentración de la propiedad de los bonos.

El tamaño del mercado, de acuerdo<sup>4</sup> con los datos promedio recopilado por Levine y Demirguc-Kun Colombia presentó la cuarta capitalización de mercado más baja de la muestra después de Argentina, Indonesia y Nigeria. Por otro lado, el tamaño se puede determinar por el número de empresas inscritas en los mercados de valores y Colombia tiene muy pocas compañías inscritas, comparado con el total de empresas que pueden hacerlo.

La liquidez entendida como la capacidad para comprar y vender bonos es muy baja a pesar del dinamismo reciente, siendo todavía el mercado de bonos colombiano uno de los menos líquidos a nivel internacional.

<sup>3</sup> Fabozzi /Modigliani / Ferri; "Mercados e Instituciones Financieras", Editorial Prentice Hall, 1998

<sup>4</sup> Operaciones Financieras en el Mercado Bursátil, Universidad Externado de Colombia, 2000, página 45.

<sup>2</sup> Sistema de computación o Red capaz de ejecutar simultáneamente un proceso.



Estos factores para un inversionista que desea participar en el mercado de bonos generan incertidumbre, por esto se hace necesario el manejo de herramientas de análisis y predicción, que sean eficientes y permitan determinar la rentabilidad esperada de los bonos para estructurar portafolios de inversión a partir de patrones de comportamiento.

Es importante utilizar otras alternativas de predicción diferente a los modelos algorítmicos tradicionales para determinar el comportamiento de la rentabilidad histórica de un bono, que sean más precisos en el reconocimiento de los patrones y disminuyan el nivel de error.

El inversionista o comprador de bonos en Colombia ha entendido que este mercado debe ser observado continuamente de tal forma que pueda sacar provecho de las variaciones, comprando a un precio determinado en la mañana y poder venderlo a un precio superior una hora más tarde, aun sabiendo que este podría seguir subiendo, pero si la incertidumbre acecha es bueno no arriesgar teniendo ya utilidades. Los márgenes de utilidad pueden ser altos o bajos dependiendo de los análisis previos y seguimiento realizados al comportamiento de los bonos.

Una vez que los inversionistas puedan aplicar herramientas de predicción como las redes neuronales para determinar la tendencia futura de la rentabilidad de los bonos con un entrenamiento adecuado de la red, existirá una mayor confianza en la inversión y por ende el mercado de capitales tendría más participantes de tal forma que se irán corrigiendo los problemas de concentración y liquidez.

Los principales trabajos realizados en el campo financiero con redes neuronales se agrupan en dos temas: análisis del fracaso empresarial y predicción de los mercados financieros.

En el campo de la teoría de la formación de portafolios de inversión, Harry Markowitz ocupa uno de los lugares más destacados, aporta su modelo para la obtención de una cartera óptima, teniendo en cuenta la conducta racional del inversor que es maximizar la rentabilidad y

minimizar el riesgo. La aversión al riesgo es uno de los factores normales en el inversor por lo que exige por ello una compensación en rentabilidad.

El modelo de *Markowitz* formulado en 1952 y publicado en 1959, involucra en el estudio de la cartera la curva de la utilidad de cada inversor y la curva de indiferencia. En la cartera se trabaja con un activo libre de riesgo, el cual se combina con los demás activos financieros para encontrar la cartera óptima de un inversor particular.

#### APLICACIONES EN EL ÁMBITO NACIONAL

- **LA INFLACIÓN EN COLOMBIA: UNA APROXIMACIÓN DESDE LAS REDES NEURONALES.**<sup>5</sup>

El objetivo del trabajo fue modelar la relación entre dinero e inflación utilizando un modelo de redes neuronales. Los agregados monetarios han sido utilizados tradicionalmente como determinantes o variables explicativas de la inflación. Sin embargo, la existencia de asimetrías entre la política monetaria y la inflación al igual que la evidencia de fijación asimétrica de precios en los agentes económicos, pueden justificar la existencia de no linealidades entre dinero e inflación. Por tanto, la aplicación de esta técnica capaz de capturar estas no linealidades, puede generar pronósticos más precisos de la inflación constituyéndose en una herramienta de pronóstico y de modelación muy valiosa.

- **APLICACIÓN DE LAS REDES NEURONALES PARA LA PREDICCIÓN DEL PRECIO DE LA ENERGÍA.**<sup>6</sup>

El autor desarrolló un programa de software para la predicción del precio promedio diario de la energía transada en la bolsa energética de Colombia. Estas predicciones se desarrollaron entre los años 1997 y 1998 época que correspondía al periodo de hidrológicas asociadas al fenómeno climático de "El niño", el cual ocasionó un incremento desmesurado en los precios de la energía y condujo a un fuerte racionamiento en Colombia durante ese periodo, debido a que los precios tienen una alta

correspondencia con las hidrológicas que se tengan y aun con las expectativas de comportamiento climático futuro.

Para entrenar la red se le dieron como datos de entrada, las variables: caudal, nivel de los embalses, embalse ofertable y el precio retrasado conjugando así variables hidrológicas y variables de mercado. La red entrenada mostró una significativa aproximación del precio predicho al precio real, manteniendo errores significativamente bajos en todo el proceso de predicción.

- **LAS REDES NEURONALES COMO HERRAMIENTA DE PREDICCIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL FRACASO EMPRESARIAL**<sup>7</sup>

El proyecto propuesto contribuyó a la búsqueda de nuevas herramientas para el soporte de decisiones en el ámbito empresarial, tomando como base las Redes Neuronales Artificiales (RNA) y generando un modelo para predicción de quiebra, que permita analizar y diagnosticar la salud financiera de las organizaciones del sector industrial colombiano.

Los resultados de este estudio han sido alentadores y han generado gran expectativa, pero en muchos casos dada su naturaleza empírica no han llegado a ser concluyentes, ya que en la mayoría no se establecen criterios comparativos con métodos tradicionales para así determinar en realidad el verdadero alcance de estas soluciones y su real aporte al área en la que se están aplicando.

Para el desarrollo del modelo se eligieron 16 indicadores financieros como variables de entrada que a juicio de los especialistas son los más adecuados para diagnosticar el estado de una empresa.

- **LAS REDES NEURONALES COMO HERRAMIENTA DE PRONÓSTICO EN LAS FINANZAS.**<sup>8</sup>

Con este trabajo se pudo mostrar que existe una herramienta novedosa que permitió predecir la

rentabilidad de acciones dentro de la bolsa de valores de Colombia, la cual presentó un error de predicción menor al de los métodos estadísticos tradicionales. Las redes neuronales artificiales se constituyen así en una herramienta de pronóstico más precisa que los modelos de predicción convencionales, tales como: Arima, regresión lineal, Winter, Suavización exponencial simple y promedios móviles.

En esta investigación se usó como modelo la red back-propagation que fue diseñada y entrenada a partir de una base de datos conformada por las acciones de Suramericana, Cementos Caribe, Coltabaco, Corfinsura, Grupo Aval, Valores Bavaria, Cementos Paz del Río, Nacional de Chocolates, Éxito, Argos, Bavaria, Banco de Bogotá y las variables Producto Interno Bruto (PIB), Precio de la acción, Dividendo Yield, Relación precio ganancia (RPG), Q-tobin, tasa de cambio representativa del mercado (TRM), Índice general de la bolsa de valores de Colombia (IGBC), índice de precios al consumidor (IPC), Oferta monetaria (M1), tasa de interés (DTF) en el periodo de Enero del 99 a Diciembre del 2003.

- **ESTRUCTURACIÓN DE PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN USANDO REDES NEURONALES**<sup>9</sup>

Este trabajo de investigación se inició con una búsqueda de la teoría de Portafolios de Markowitz, CAPM, APT y Redes Neuronales Artificiales. Se construyó una base de datos de los precios diarios de 33 acciones de la Bolsa de Valores de Colombia desde el 2001. Se realizó la Estructuración de Portafolios usando Teoría de Markowitz y se aplicó el CAPM. Con esta teoría se seleccionaron las acciones dominantes y a su vez se le asignaron iguales pesos porcentuales encontrando un portafolio óptimo con su respectiva rentabilidad y riesgo.

Para construir el Modelo Alternativo de Redes Neuronales Artificiales se utilizó una red Perceptron Multicapa con algoritmo Backpropagation, usando como datos de entrada las rentabilidades esperadas y el riesgo de las acciones escogidas. Se realizó la programación y diseño de la red, que determinó las acciones más dominantes.

Ingenierías. Universidad de Medellín. Diciembre 2002.

7 Reinoso Eduardo. Universidad Javeriana. 2001

8 Serrano Acevedo María Eugenia, Rico Arias Jaime Ángel. Universidad Autónoma de Bucaramanga. 2005

9 Serrano Acevedo María Eugenia, Rico Arias Jaime Ángel. Universidad Autónoma de Bucaramanga. 2006.

5 Misas Arango, Martha, López Enciso, Enriquely Querubín Borrero Pablo. Banco de la Republica, subgerencia de estudios económicos. Bogotá, Febrero 2002.

6 Quintero Ortiz, Luis Antonio. Las redes neuronales artificiales como herramienta para la predicción. Revista



Al analizar los modelos se concluyó que con las redes neuronales se obtiene un portafolio más confiable que con los métodos tradicionales.

• **LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES COMO HERRAMIENTA PARA LA MEDICIÓN DE RIESGO CREDITICIO**<sup>10</sup>

En este trabajo se muestra la aplicación de las redes neuronales a la cuantificación del riesgo de crédito. Además, se hace el desarrollo teórico de los fundamentos básicos de las redes neuronales.

Para presentar las metodologías de medición de riesgo de crédito basados en redes neuronales, y aplicarlas a la base de datos de una cartera comercial, fue necesario elaborar un análisis exploratorio de cada una de las variables e investigar la correlación entre ellas. El objetivo del análisis fue encontrar algunas relaciones para grupos determinados de la población, de acuerdo con sus características particulares.

Por tanto, se cruzaron variables de cada cliente del crédito y del comportamiento, con la variable default; variable que establece un procedimiento de clasificación, y permitió determinar las ponderaciones necesarias y establecer la probabilidad de incumplimiento.

**APLICACIONES EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL**

• **CONSTRUCCIÓN DE UN ALGORITMO PARA CALCULAR EL PRECIO DE LAS OPCIONES.**<sup>15</sup>

El objetivo del trabajo es conseguir un algoritmo mediante una red neuronal supervisada para calcular el precio de una opción de compra utilizando datos históricos del mercado. Para construir el algoritmo se emplearon siete variables más los valores de las primas de las opciones. El número de referencias utilizadas fue de 2384 contratos, el número total de datos utilizados 16688.

10 Serrano Acevedo María Eugenia, Rico Arias Jaime Ángel. Universidad Autónoma de Bucaramanga.2009.

11 García Estévez Pablo, "Aplicaciones de las redes neuronales en las finanzas". Universidad Complutense de Madrid. Abril 2002.

12 Cinca Serrano, Carlos/ Gallizo Larraz, José Luis. "las redes neuronales artificiales en el tratamiento de la información financiera". Universidad de Zaragoza. 1992.

13 Bosch, Joan/ Garrido, Lluís/ Gómez Sergio. "Predicción de índices de futuros financieros mediante redes neuronales".

14 Hu, Michael/ Zhang, Peter/Jiang, Christine/ Patuwo, Eddy. "A Cross-validation Analysis of Neural Network Out-of-Sample Performance in Exchange Rate Forecasting. Decision Sciences, volume 30 Number 1, U.S.A.

• **LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES EN EL TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN FINANCIERA.**<sup>11</sup>

En este trabajo se selecciona un conjunto de variables, generalmente ratios financieros y se utilizan redes neuronales que discriminan los rasgos que caracterizan a las empresas que tienen éxito de las que fracasan.

• **PREDICCIÓN DE ÍNDICES DE FUTUROS FINANCIEROS MEDIANTE REDES NEURONALES**<sup>12</sup>

Se aplican las redes neuronales artificiales a la predicción usando datos históricos del futuro financiero español Bono 10, teniendo en cuenta las comisiones y la dispersión de los precios.

• **A CROSS-VALIDATION ANALYSIS OF NEURAL NETWORK OUT-OF-SAMPLE PERFORMANCE IN EXCHANGE RATE FORECASTING.**<sup>14</sup>

En este trabajo se investiga el potencial de las redes neuronales usando dos esquemas de validación cruzada. El resultado con la red neuronal creada es más robusto que el que nos da el modelo de Random Walk.

Las redes neuronales han sido aplicadas a las finanzas, en problemas como detección de patrones, asociación y clasificación y de acuerdo con los resultados obtenidos hasta ahora, son más precisos para pronosticar que los modelos algorítmicos tradicionales ofreciendo una alternativa a los métodos de predicción convencional de variables financieras.

Como se mencionó en la situación problemática, el poco desarrollo que ha tenido el mercado de bonos en Colombia se centra en tres aspectos fundamentales, la concentración, el tamaño y la liquidez. Si se propende por la disminución de la concentración por medio de estrategias como la democratización, también es importante darle a conocer al inversionista sobre del rumbo futuro de las inversiones por medio de análisis adecuados

de los mercados y las variables que afectan el precio de los bonos.

**CONCLUSIONES**

Con herramientas como las redes neuronales los inversionistas se motivan a participar en la compra de bonos y esto contribuye a la disminución de la concentración y al crecimiento de nuestros mercados.

Se puede lograr una mejor participación de los inversionistas en el mercado como resultado de reducir en cierta medida el nivel de incertidumbre que enfrenta nuestro mercado de capitales por los diferentes factores internos y externos a las empresas que continuamente están cambiando el precio de los activos.

Existen diferentes formas de analizar los mercados accionarios y de bonos y si realmente son válidos los modelos propuestos para ello en la economía colombiana, además de ofrecer a los estudiantes de Ingeniería Financiera un espectro de posibles investigaciones en el ámbito financiero.

**Bibliografía**

Martín del Brío, Bonifacio y Sanz Molina, Alfredo. Las redes neuronales y sistemas difusos. Segunda Edición. Alfaomega. 2002.

Hilera González, José Ramón y Martínez Hernando, Víctor José. Redes Neuronales artificiales. Fundamentos, modelos y aplicaciones. Alfaomega.2000.

Haykin, Simon. Neural Network. A comprehensive Foundation. ISecond Edition. Prentice Hall.

Isasi Viñuela, Pedro. Redes neuronales artificiales. Un enfoque práctico. Primera edición. Pearson, Prentice Hall. 2004.

Deboeck, Guido y Kohonen, Teuvo. Visual Exploration in Finance with Self-organizing Maps. Springer Finance. Second edition. 2000.

McNelis, Paul D. Neural Networks in Finance, Gaining predictive edge in the market. Ed. Elsevier Academic Press. IPrimera edición.2005.

Shadbolt, Jimmy y Taylor, John G. Neural Networks and the financial markets. Predicting, Combining and Portfolio Optimisation. Ed. Springer. Primera Edición. 2002.

DAMODARAN. Gujarati. 2003. Econometría, Mcgraw Hill. Tercera Edición.

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, grupo Santander.1999. Gestión de riesgos financieros. Un enfoque práctico para países latinoamericanos.

BRAVO, Oscar. SÁNCHEZ, Marlene. Gestión Integral de Riesgos Tomo I. Bravo & Sánchez. Colombia 2006.

CARRASCAL, Arranz Ursicinio. Análisis Econométrico con Eviews. Cuarta Edición. Alfaomega. 2003.

Circular Externa 088 de 2000. Diciembre 2000. Capítulo XX. Parámetros mínimos de administración de riesgos que deberán cumplir las entidades vigiladas para la realización de sus operaciones de tesorería.

COMITÉ DE SUPERVISIÓN BANCARIA DE BASILEA. 2004. Convergencia Internacional de medidas y normas de capital, marco revisado. Banco de pagos internacionales.

CORCHUELO, Jorge. MARTÍNEZ, Clemencia. Modelos de evaluación de riesgo en decisiones financieras. Universidad Externado de Colombia. Colombia. 2004.

DE LARA HARO, Alfonso.2004. Medición y control de riesgos financieros. Incluye riesgo de mercado y de crédito. Limusa Noriega Editores.

DIZ CRUZ, Evaristo.2004. Introducción a la teoría de riesgo. Global Ediciones ECOE.

ELIZONDO, Alan. 2004. Medición Integral del riesgo de crédito. Limusa Noriega Editores.

ERICSSON, Jan y RENAULT, Oliver. Liquity an Credit Risk. The Journal of finance. Vol LXI, N° .5. Octubre del 2006.



- FREIXAS, Xavier y ROCHET, Jean Charles. Economía Bancaria. Editorial Antoni Bosh. 1997.
- GESTIÓN DEL RIESGO ICONTEC. 2002. Norma Técnica Colombiana NTC 5254.
- GREENE, William. Análisis Econométrico. Prentice Hall. Madrid 1999.
- JORION, Philippe. 2003. Valor en riesgo. Limusa Editores, MexDer.
- MARTÍNEZ, Jorge Arturo. La naturaleza del riesgo. Instituto Tecnológico de Monterrey. México.
- MÁRQUEZ DÍEZ-CANEDO, Javier . Una nueva visión del riesgo de crédito. Editorial Limusa. 2006. México
- MEJÍA QUIJANO, Rubi Consuelo. 2006. Administración del riesgo, un enfoque empresarial. Fondo Editorial Universitario EAFIT.
- GESTIÓN DEL RIESGO. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, ICONTEC. Bogotá.
2004. RODRÍGUEZ TABORDA, Eduardo. 2002. Administración del Riesgo. Alfaomega. CESA.
- ROSILLO CORCHUELO, Jorge y MARTÍNEZ ALDANA, Clemencia. 2004. Modelos de evaluación de riesgo en decisiones financieras. Universidad Externado de Colombia.
- SOLEY SANS, Jorgely RAHNEMA, Ahmad. 2004. Basilea II, una nueva forma de relación banca-empresa. Mc. Graw Hill.
- THE INSTITUTE OF INTERNAL AUDITORS AUSTRALIA. 2004. Guía para el uso de la norma NTC 5254, gestión del riesgo dentro del proceso de auditoría interna ICONTEC.
- VILARIÑO SANZ, Ángel. 2001. Turbulencias Financieras y riesgos de mercado. Prentice Hall.
- ZAPATAGALINDO, Alexander. 2003. Modelando el riesgo de crédito en Colombia: Matrices de transición para la cartera comercial. Asobancaria. Apuntes de Banca y Finanzas N°.6.



# Valoración del Campo Toca de la compañía cerex-ccp-ecop por medio de opciones reales

Ing. Mauricio Otero Espinel

Línea de Investigación: RIESGO COBERTURA Y ESPECULACIÓN.

Asesora Técnica: MARÍA EUGENIA SERRANO ACEVEDO.

Co-asesor Técnico: Ing. WILLIAM BLACKBURN

## RESUMEN

El sector de petróleo y gas en nuestro país ha presentado en los últimos años un crecimiento económico interesante debido al incremento en la demanda, a los altos precios del crudo en el mundo y a la incorporación de nuevas reservas, lo que representa para el país no solo la autosuficiencia en estos recursos durante los próximos 15 años, como riqueza para las regiones del área de influencia que se han visto beneficiadas por las regalías a los municipios y de igual medida la generación de empleos directos e indirectos.

Por lo anterior y debido a la alta inversión de riesgo que requieren los proyectos de esta naturaleza, es importante que las empresas cuenten con las herramientas necesarias para hacer un proceso de toma de decisiones más asertivo con el fin de minimizar el nivel de incertidumbre, evaluar y maximizar el potencial de reservas, que realmente es lo que le genera valor a la compañía operadora y a la comunidad en general.





Por medio del presente trabajo se buscó aplicar específicamente dos técnicas: una, la medición de la entropía de la información con el fin de determinar qué tan cierta es la información existente para calcular el número de barriles contenidos en un reservorio específico y, por otro lado, se aplicó la técnica de las opciones reales para calcular el valor de la opción de desarrollar una técnica de perforación convencional comparada con una perforación direccional de un menor valor utilizando un pozo ya existente.

**Palabras clave:** Entropía de la información, Opciones reales

### 1 INTRODUCCIÓN

El sector petrolero en nuestro país presenta un nuevo panorama para el crecimiento económico y social, el desarrollo de un yacimiento para una compañía operadora involucra un alto número de proyectos, en algunos casos complementarios y en otros excluyentes, debido a la alta complejidad de las variables que afectan directa e indirectamente el oficio de la exploración y producción.

En este entorno es muy importante para el empresario tener elementos de análisis que contemplen la flexibilidad de la realidad operativa de los yacimientos y posibilite la toma de decisiones que generen valor a la operación.

A inicios de los años noventa, una compañía petrolera de Houston, Texas, llamada Andarko Petroleum Corporation, logró ofrecer la mejor oferta frente a sus competidores para la

adjudicación del bloque Tanzanite, localizado en el golfo de México, donde descubrió petróleo y gas en el año 1.998 y tres años después producía hidrocarburos.

La forma normal de analizar los negocios en este sector hasta este incidente estaba determinada por el método de descuento de flujos de caja DFC (Discounted Cash Flow) por sus siglas en inglés, para obtener los valores de inversión y así ofrecer una cifra acertada por la operación del bloque. En esta ocasión la empresa Andarko optó por utilizar la técnica de la valoración por opciones reales o ROV (Real Options Value) por sus siglas en inglés, logrando una ventaja competitiva frente a sus competidores del sector, quienes no utilizaban esa metodología.

La técnica ROV les ofreció un análisis de conjunto, con incertidumbres reales, dándoles flexibilidad y coherencia en el momento de cuantificar las oportunidades.

La metodología de opciones reales utiliza los flujos de caja descontados, la planeación por escenarios, el manejo de carteras, el análisis de decisión y la fijación de precios de las opciones para generar un panorama de la situación por analizar.

### ANÁLISIS DE LA RESERVA PETROLERA POR MEDIO DE LA ENTROPÍA DE LA INFORMACIÓN

De acuerdo con la planeación metodológica trazada para el desarrollo del presente proyecto se tienen las siguientes acciones desarrolladas:

Tabla 1. Diseño metodológico

DISEÑO METODOLÓGICO	
1,	Recolección de la información
1,1,	Fundamentación teórica
1,2,	Análisis de la integración de las metodologías propuestas
2,	Inicio del cálculo de la incertidumbre de la reserva petrolera de TOCA

Fuente: Elaboración propia.

La recolección inicial de la información determinó un esfuerzo por comprender cada una de las variables tenidas en cuenta por los ingenieros de petróleos y los geólogos a cargo del campo, identificando múltiples fuentes de información en dos periodos de tiempo diferentes, 1.960 y 2005.

### Conclusiones proceso metodológico

La fundamentación teórica fue extensa y debió depurarse muchas veces para buscar las alternativas más práctica y con mejor sustento teórico.

La misma fundamentación teórica investigada fue aportando a la investigación la coherencia de la integración propuesta en el proceso metodológico.

Tabla 2. Diseño metodológico

2.Inicio del calculo de la Incertidumbre de la reserva petrolera de TOCA
2.1.Recolección de la Información geológica y de Ingeniería
Calculo de la Reserva por método Volumétrico= $7758 \cdot A \cdot H \cdot \Theta \cdot (1-Sw) / Bo \cdot Fr$
2.2.Descripción de el Campo TOCA
2.3.Organización de las variables para el calculo volumétrico
2.4.Estimación de rangos máximos y mínimos de variación para cada parámetro de la formula Volumétrica, en los dos periodos de tiempo
2.5.Análisis de rango como medida de certeza, y calculo de las variaciones absolutas y análisis de representatividad de la muestra tomada
2.6.Creación del modelo para la simulación con la técnica (LHS) Latin Hypercube Sampling

Fuente: Elaboración propia.

Este campo fue perforado en el año de 1959 y fue completado en 1960 y cerrado luego de producir por un periodo muy corto de tiempo, para luego ser nuevamente abierto en el año 2006 y se encuentra en la Cuenca del Valle Medio del

Magdalena en el Departamento de Santander.

Los estudios que datan de 1960 y los desarrollados en 2005 dan un pronóstico de producción como lo muestra la siguiente figura:

Figura 1. Pronóstico de producción de petróleo y agua Campo Toca.



Fuente: Elaboración propia.



En base a estos análisis podemos comparar la siguiente información y analizar estadísticamente la información recolectada en estos dos momentos del tiempo y compararlos para determinar el comportamiento de la incertidumbre frente al potencial productivo de este campo.

Se seleccionó la fórmula del cálculo de la reserva por el método volumétrico, de acuerdo con los expertos asesores, debido a que la información disponible del campo Toca y de campos aledaños nos aportan la información suficiente para aplicar esta metodología.

Los estadísticos con la información original son:

**Estadísticos descriptivos**

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv tip	Varianza	Asimetría		Curtosis	
	o	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico	Error típico
So_SatOil_1960	7	.06	.59	.65	.6035	.02095	.000	2.418	.794	6.091	1.587
Bo_FacVol_1960	6	.00	1.15	1.15	1.1500	.00000	.000				
Porocidad_1960	7	.0200	.1000	.1200	.115714	.0078680	.000	-1.760	.794	2.361	1.587
Porocidad_2005	6	.0000	.1200	.1200	.120000	.0000000	.000				
So_SatOil_2005	6	.11	.60	.71	.6183	.04491	.002	2.449	.845	6.000	1.741
BSW_2005	4	.02	.29	.31	.2950	.01000	.000	2.000	1.014	4.000	2.619
BSW_1960	13	.09	.26	.35	.2931	.02213	.000	1.285	.616	3.089	1.191
Bo_FacVol_2005	6	.05	1.22	1.27	1.2333	.02160	.000	1.323	.845	.214	1.741
F_Es_Net_1960	11	22.00	60.00	82.00	69.8182	6.55467	42.964	.077	.661	.137	1.279
F_Es_Net_2005	5	10.00	100.00	110.00	102.0000	4.47214	20.000	2.236	.913	5.000	2.000
N válido (según lista)	4										

Fuente: Elaboración propia con el software SPSS.

Por medio del software @Risk se desarrolló la organización de la información disponible y se estimaron los valores máximos y mínimos de cada variable que interviene en el cálculo de la reserva, dividiendo la información en la acumulada de 1.960 y la de

2.005. Iniciando con la información de 1.960.

Tabla 9. Interacciones realizadas en el software @Risk para cada variable de 1.960 de la fórmula volumétrica para el Campo Toca.

**Datos de @RISK**

Ejecutado por: Mauricio Otero  
Fecha: jueves, 20 de octubre de 2011 07:13:32 p.m.

Nombre	OOIP / Eoceno, Fm La Paz	BS&W / Eoceno, Fm La Paz	h (ft) / Eoceno, Fm La Paz	Bo / Eoceno, Fm La Paz	So=1-Sw-Sg / Eoceno, Fm La Paz	f (%) / Eoceno, Fm La Paz
Descripción	Salida	RiskNormal(0.29,0.029 ,RiskStatic(0.29))	RiskNormal(70,7,RiskStatic(70))	RiskTriang(1.035,1.15, .0591458,RiskStatic(1.15))	RiskNormal(0.591458,0.591458)	RiskNormal(0.123,0.0123,RiskStatic(0.123))
Iteración / celda	\$K\$42	\$K\$20	\$K\$27	\$K\$30	\$K\$35	\$K\$36
1	14.461.182,1	32,2%	67,62368707	1,121087191	0,538932257	0,120
2	17.144.251,2	34,6%	68,05762661	1,17012851	0,605201898	0,132
3	17.284.616,6	26,8%	81,9974463	1,091944071	0,493448736	0,126
4	17.592.624,4	27,4%	61,8551789	1,090641174	0,654934296	0,128
5	16.691.227,5	24,7%	71,33402943	1,231604754	0,57817866	0,135
6	14.997.211,5	31,5%	76,42201123	1,120164939	0,581335027	0,102
7	17.011.103,3	30,3%	68,25512756	1,131027137	0,649556989	0,117
8	12.510.919,7	26,9%	63,63811614	1,223679407	0,489548328	0,133
9	17.677.437,7	28,3%	68,67030152	1,150206847	0,625960486	0,128
10	17.414.296,6	31,4%	73,28759606	1,151817059	0,542093768	0,136
11	15.655.009,8	33,9%	66,44710474	1,218982225	0,571606169	0,136

Fuente: Elaboración propia.

Para la tabla anterior se realizó un total de 1.000 iteraciones para cada valor aportado. Con la siguiente información respecto a los estadísticos detallados:

Tabla 10. Estadísticos de la información de 1.960 realizados en el software @Risk para cada variable de la fórmula volumétrica para el Campo Toca

**Estadísticos detallados @RISK**

Ejecutado por: Mauricio Otero  
Fecha: jueves, 20 de octubre de 2011 07:13:31 p.m.

Nombre	OOIP / Eoceno, Fm La Paz	BS&W / Eoceno, Fm La Paz	h (ft) / Eoceno, Fm La Paz	Bo / Eoceno, Fm La Paz	So=1-Sw-Sg / Eoceno, Fm La Paz	f (%) / Eoceno, Fm La Paz
Descripción	Salida	RiskNormal(0,29;0,029;RiskStatic(0,29))	RiskNormal(70;7;RiskStatic(70))	RiskTriang(1,035;1,15;1,265;RiskStatic(1,15))	RiskNormal(0,591458;0,0591458;RiskStatic(0,591458))	RiskNormal(0,123;0,0123;RiskStatic(0,123))
Celda	Toca, OOIP-WellstK42	Toca, OOIP-WellstK20	Toca, OOIP-WellstK27	Toca, OOIP-WellstK30	Toca, OOIP-WellstK35	Toca, OOIP-WellstK36
Mínimo	8.552.464,0	19,8%	40,3749	1,038955	0,4049654	0,077
Máximo	28.406.590,0	38,5%	91,74216	1,262484	0,7805347	0,163
Media	16.411.000,0	29,0%	69,99161	1,150002	0,5914656	0,123
Desviación est	2.919.292,0	2,9%	7,024834	0,04696528	0,05911573	0,012
Varianza	8,52226E+12	0,000840633	49,34829	0,002205738	0,003494669	0,000151818
Asimetría	0,2391261	0,009651579	-0,04328805	0,000170228	0,003732782	-0,0152903
Curtosis	3,074066	2,972859	3,137988	2,402149	2,963517	3,037485
Errores	0	0	0	0	0	0
Moda	16.878.310,0	29,6%	69,21167	1,148275	0,5921962	0,123
5% porc	11.874.380,0	24,2%	58,47633	1,071255	0,4938987	0,103
10% porc	12.828.230,0	25,3%	61,00911	1,086196	0,5156542	0,107
15% porc	13.315.720,0	26,0%	62,74158	1,097936	0,5301448	0,110
20% porc	13.860.650,0	26,6%	64,0975	1,107659	0,5415767	0,113

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro estadístico anterior podemos destacar que los rangos para la variable BS&W (Agua) está entre un 19,8% y un 38,5%, lo cual está de acuerdo con los valores presentados en pozos de la región, según opinión de los expertos siendo más frecuentes los valores por encima de 30%.

Tabla 6. Calizas Fracturadas del cretáceo en los campos más representativos del Valle Medio del Magdalena.

Calizas Fracturadas. del Cretáceo	
FR menor que el asumido en el terciario ya que generalmente un ycto. cuya roca almacén es caliza tiende a presentar mas bajas eficiencias de recobro, comparado con un yacimiento cuya roca almacén sea una arenisca.	
f (%)	5
Sw (%)	20
Bo (Bres/Bbl)	1,2
FR (%)	15

Fuente: Tesis: Identificación áreas prospectivas en el VMM a partir de la caracterización geológica



y geoquímica de sus campos más representativos, Autor: Rafael Zambrano, Universidad: América, Año 1997, n°. Registro: 10,511, T.553,282.

Tabla 12. Información del campo Cristalina del VMM Valle Medio del Magdalena

Campo Cristalina	Viscosidad en (Cp) @			
	° API	85°F	100°F	122°F
	30,4	19,7	15,6	14,1
	31,3	19,4	17,8	14,1
	29,1	27,2	17,8	10,2
<b>FR (%) @ 97</b>	18,5			
<b>f absolutas (%)</b>	16 - 18	Fm. Lisama & La Paz		
<b>f efectivas (%)</b>	oct-13	Fm. Lisama & La Paz		
<b>Bo (Bls res/STB)</b>	1,25			
<b>m<sub>o</sub> @ 189°F</b>	1,72			
<b>Mecanismo Producc.</b>	Gas Sln.			
<b>Pb (Presión de Burbuja) (psi)</b>	3.013			

Fuente: Tesis: Evaluación Integrada de Yacimientos Campos Cristalina y Garzas VMM, Colombia, 1997, Autor: César Augusto Forero, Universidad: América Año 1997, n°. Registro: 10,301, T.553,282, F67e.

Para la saturación de aceite So, tenemos un mínimo de 0,4049, un máximo de 0,7805 y una media de 0,5914 y el estudio referenciado para campo Garzas de 0,8686.

Tabla 7. Información del campo Garzas del VMM Valle Medio del Magdalena

Campo Garzas	Viscosidad en (Cp) @			
	° API	85°F	100°F	122°F
	26,4	34,09	25,04	20,41
	29,1	12,32	10,23	7,11
	31,3	8,49	-	-
	32,8	11,41	8,49	6,5
<b>FR (%) @ 97</b>	2,3 - 1,7			
<b>f absolutas (%)</b>	16 - 18	Fm. La Paz		
<b>f efectivas (%)</b>	10-dic	Fm. La Paz		
<b>Bo (Bls res/STB)</b>	1,22			
<b>Mecanismo Producc.</b>	Empuje Hidrodinámico			
<b>SG oil</b>	0,8686			
<b>SG gas</b>	0,838			
<b>Pb (Presión de Burbuja) (psi)</b>	1.806			

Fuente: Tesis: Evaluación Integrada de Yacimientos Campos Cristalina y Garzas VMM, Colombia, 1997, Autor: César Augusto Forero, Universidad: América Año 1997, n°. Registro: 10,301, T.553,282, F67e.

Para la variable f que corresponde a la porosidad, tenemos un valor mínimo de 0,077, un máximo de 0,163 y una media de 0,123 y según los estudios referenciados encontramos valores de 0,05 y 0,10 a 0,13.

solo tiene un pozo desarrollado y la información es muy fragmentada y con una reducida fuente de datos por variable.

Paso a seguir se realizó el modelo en Excel relacionando todas las variables para realizar de nuevo la simulación con la técnica (LHS) *Latin Hypercube Sampling*, con base en la citada ecuación volumétrica.

Muchos de los datos claves se debieron confrontar con la información de otros estudios especializados para tener datos más acertados y coherentes con la geología de la región.

Las estimaciones estadísticas de la información existente se analizó con el software SPSS

### Conclusiones proceso metodológico

La recolección de la información geológica y de ingeniería fue muy limitada debido a que el campo

Tabla 14. Cálculo de la reserva por el método Volu-métrico y proceso metodológico para la simulación con la técnica (LHS) *Latin Hypercube Sampling*

Calculo de la Reserva por método Volumétrico=  $7758 \cdot A \cdot H \cdot \Theta \cdot (1 - Sw) / Bo \cdot Fr$

Donde:

7.758= Constante de un acre-pie en barriles (7.758 barriles=1 acre-pie)

A= Área, en Acres según CGS, 1 acre=0,4047Héctareas

H=Espesor neto, Pies, según CGS 1 pie= 30,48 Centímetros.

$\Theta$ = Porosidad efectiva, Porcentaje %

Sw= Saturación de Agua, Porcentaje %

Bo= Factor Volumétrico del petróleo, bl/STB, Número de barriles en condiciones STB, (STB= 1 atm y 15,5C°)

Fr= Factor de Recobro

Fuente: Elaboración propia.

### 2.6. Creación del modelo para la simulación con la técnica (LHS) *Latin Hypercube Sampling*

2.6.1. Clasificación de las variables según los tipos de distribución supuestos, en Distribución Log normal, Triangular, Normal.

2.6.2. Analisis de los supuestos estadísticos para el modelo inicial, con percentil 95%, 5%, máximos y mínimos

2.6.3. Realización de las pruebas para determinar la confiabilidad de las distribuciones clasificadas

2.6.4. Analisis de los supuestos para la sensibilización

2.6.5. Optención de la forma de distribución para la reserva TOCA, mediante un modelo determinístico a través de la ecuación Volumétrica para lograr una estimación o pronóstico.

2.6.6. Realizar las simulaciones con el modelo

Fuente: Elaboración propia.



Se realizó la clasificación de las variables de acuerdo con los tipos de distribución supuestos y se observaron los supuestos estadísticos para el percentil 95% y 5%

Tabla 5. Tabla de distribuciones de @Risk

Nombre	Celda	Gráfico	Min	Media	Máx	5%	95%	Errores
Categoría: Bo								
Bo / Eoceno, Fm La Paz	K30		1,038955	1,150002	1,262484	1,071255	1,228332	0
Categoría: BS&W								
BS&W / Eoceno, Fm La Paz	K20		19,8%	29,0%	38,5%	24,2%	33,7%	0
Categoría: f (%)								
f (%) / Eoceno, Fm La Paz	K36		0,077	0,123	0,163	0,103	0,143	0
Categoría: h (ft)								
h (ft) / Eoceno, Fm La Paz	K27		40,3749	69,99161	91,74216	58,47633	81,46786	0
Categoría: So=1-Sw-Sg								
So=1-Sw-Sg / Eoceno, Fm La Paz	K35		0,4049654	0,5914656	0,7805347	0,4938987	0,6881811	0

Fuente: Elaboración propia

Se aplicó la prueba de Kolmogorof Smirnof, para determinar la confiabilidad de las distribuciones clasificadas, utilizando una opción de @Risk5,7 por medio de la cual el software realiza una clasificación confiable de las distribuciones, aportando la distribución triangular para el BO factor Volumétrico; al consultar con los expertos de la compañía se dan

reservas frente al tipo de distribuciones aportadas por el software y se especula que es resultado de la falta de mayor información.

Se analizaron los supuestos para sensibilización y se obtuvieron los siguientes resultados en la sensibilización:

Tabla 8 Tabla de sensibilidad para los datos de 1960

**Análisis de sensibilidad @RISK**

Ejecutado por: Mauricio Otero  
Fecha: jueves, 20 de octubre de 2011 07:13:33 p.m.

Jerarquizar para	Celda	Nombre	Descripción	Toca, QR y Teques OOIP-Wels:K42 OOIP / Eoceno, Fm La Paz Coef. regresión RCuad=0,989
#1	K36	f (%) / Eoceno, Fm La Paz	RiskNormal(0,123;0,0123;RiskStatic(0,123))	0,563
#2	K35	So=1-Sw-Sg / Eoceno, Fm La Paz	RiskNormal(0,591458;0,0591458;RiskStatic(0,591458))	0,559
#3	K27	h (ft) / Eoceno, Fm La Paz	RiskNormal(70;7;RiskStatic(70))	0,554
#4	K30	Bo / Eoceno, Fm La Paz	RiskTriang(1,035;1,15;1,265;RiskStatic(1,15))	0,426
#5	K20	BS&W / Eoceno, Fm La Paz	RiskNormal(0,29;0,029;RiskStatic(0,29))	0,578

**Conclusiones proceso metodológico**

El analisis de los tipos de distribución resultantes luego de aplicar el software @Risk y realizadas las pruebas de confiabilidad para las distribuciones, arrojó distribuciones que en algunos casos no

eran las esperadas, como en el caso de la porosidad, donde la fundamentacion teórica decia que lo más posible mas no la regla, era encontrar una distribución triangular; sin embargo, según los expertos este resultado se atribuye a la falta de datos encontrados.

La distribución de la reserva de Campo toca da en normal, como se esperaba. los dos casos de 1960 y 2005 una distribución

Tabla 9. Tabla de proceso Metodológico

2.7.Simulación con la tecnica (LHS) Latin Hypercube Sampling, mediante el software @RISK, con 10.000 simulaciones

2.7.1.Analisis de resultados de la simulación, para el modelo inicial

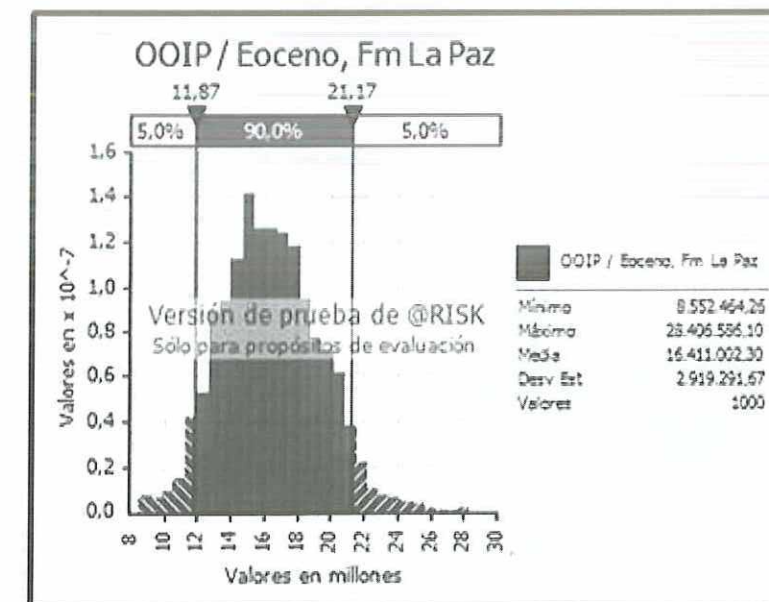
2.7.2.Determinación de la contribución de cada variable a la incertidumbre de la reserva (Contribución a la varianza y correlación).

2.7.3.Simulación del modelo sensibilizado, y realización de pruebas para determinar la distribución

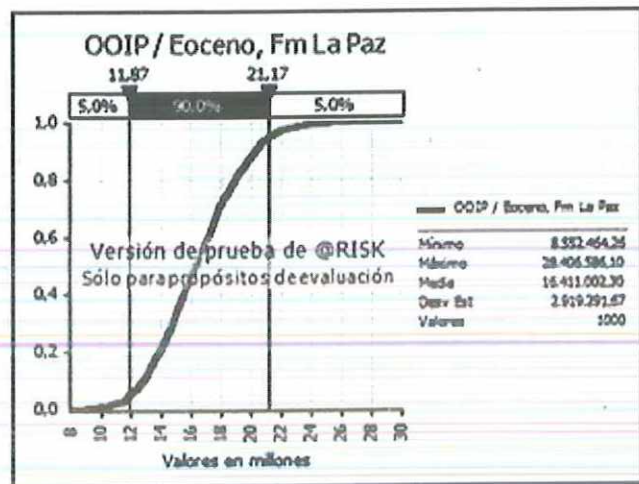
2.7.4.Analisis de los resultados y determinación de la contribución de cada variable a la incertidumbre de la reserva

Fuente: Elaboración propia

La información de las reservas OOIP de 1960, al ser simulada por medio de la denominada Hipercúbica Latina nos aporta la siguiente información para la estimación de reservas:







Estadísticos resumen para OOIP / Eoceno, Fm La Paz		
Estadísticos	Percentil	
Mínimo	8.552.464,3	5%
Máximo	28.406.586,1	10%
Media	16.411.002,3	15%
Dev Est	2.919.291,7	20%
Varianza	8.52226E+12	25%
Índice de sesgo	0,239126088	30%
Curtosis	3,07406633	35%
Mediana	16.315.623,3	40%
Moda	16.878.312,4	45%
X Izquierda	11.874.381,4	50%
P Izquierda	5%	55%
X derecha	21.167.078,6	60%
P derecha	95%	65%
Diff X	9.292.697,2	70%
Diff P	90%	75%
#Errores	0	80%
Filtro mín	Apagado	85%
Filtro máx	Apagado	90%
#Filtrado	0	95%

En las gráficas anteriores podemos apreciar que se estima una media de 16.411.002 barriles de reservas, de los cuales se calculaba que son recuperables 3.277.296 barriles. También podemos apreciar la regresión de la fórmula aplicada para calcular las reservas donde vemos

una participación equitativa de las variables salvo la correspondiente al factor volumétrico o Bo y es la única que posee una distribución de tipo triangular.

Para la información de 2005 tenemos las siguientes tablas:

Tabla 11. Tabla de datos para 1960

Datos de @RISK						
Ejecutado por: Mauricio Otero						
Fecha: jueves, 20 de octubre de 2011 07:29:37 p.m.						
Nombre	OOIP / Eoceno, Fm La Paz	BS&W / Eoceno, Fm La Paz	h (ft) / Eoceno, Fm La Paz	Bo / Eoceno, Fm La Paz	So=1-Sw-Sg / Eoceno, Fm La Paz	f (%) / Eoceno, Fm La Paz
Descripción	Salida	RiskNormal(0,1;0,01;RiskStatic(0,1))	RiskNormal(100;10;RiskStatic(100))	RiskNormal(1,22;0,122;RiskStatic(1,22))	RiskNormal(0,6;0,06;RiskStatic(0,6))	RiskNormal(0,123;0,023;RiskStatic(0,123))
Iteración / celda	\$G\$42	\$G\$20	\$G\$27	\$G\$30	\$G\$35	\$G\$36
1	26.228.445,1	9,5%	104,9903894	1,081157192	0,594958626	0,123
2	17.225.507,8	10,1%	108,4353619	1,137128784	0,503030191	0,097
3	28.420.496,3	9,9%	90,34600632	1,182751359	0,682677247	0,147
4	21.652.611,5	13,0%	110,2685322	1,212061581	0,666861665	0,096
5	23.381.528,8	12,2%	101,2979196	1,268096875	0,588809892	0,134
6	29.876.135,4	8,2%	111,6199923	1,096644113	0,629468719	0,126
7	21.926.432,9	9,6%	88,87886349	1,187624148	0,640026227	0,124
8	16.887.376,2	12,4%	100,9485884	1,374458485	0,524609498	0,118
9	25.932.779,9	11,4%	91,88340382	1,000902448	0,602789414	0,127
10	30.765.943,1	9,5%	109,7421053	1,03521866	0,637123903	0,123

Fuente: Elaboración propia con el software @Risk.

Para la tabla anterior se realizó un total de 1.000 iteraciones para cada valor aportado. Aportando la siguiente información respecto a los estadísticos detallados:

Tabla 12. Tabla de datos estadísticos para 1960

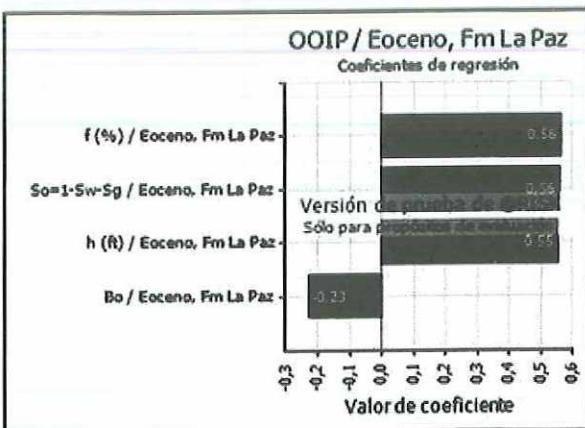
Estadístico @RISK					
Ejecutado por: Mau					
Fecha: jueves, 20 de octubre de 2011 09:35 p.m.					
Nombre	BS&W / Eoceno, Fm La Paz	h (ft) / Eoceno, Fm La Paz	Bo / Eoceno, Fm La Paz	So=1-Sw-Sg / Eoceno, Fm La Paz	f (%) / Eoceno, Fm La Paz
Descripción	RiskNormal(0,1;0,01;RiskStatic(0,1))	RiskNormal(100;10;RiskStatic(100))	RiskNormal(1,22;0,122;RiskStatic(1,22))	RiskNormal(0,6;0,06;RiskStatic(0,6))	RiskNormal(0,123;0,023;RiskStatic(0,123))
Celda	Toca, OOIP-WellsG20	Toca, OOIP-WellsG27	Toca, OOIP-WellsG30	Toca, OOIP-WellsG35	Toca, OOIP-WellsG36
Mínimo	6,8%	66,43273	0,8240132	0,3971632	0,085
Máximo	13,2%	132,34	1,605086	0,8082462	0,164
Media	10,0%	99,99691	1,220017	0,6000156	0,123
Desviación est	1,0%	9,996997	0,1219228	0,06003754	0,012
Varianza	9,99576E-05	99,93996	0,01486516	0,003604507	0,000151133
Asimetría	-0,000403826	-0,00485656	0,002070881	0,005586212	0,003358293
Curtosis	2,970147	2,974306	2,962622	3,002283	2,968022
Errores	0	0	0	0	0
Moda	9,9%	98,36439	1,187519	0,5886446	0,124
5% porc	8,4%	83,4843	1,019209	0,5010638	0,103
10% porc	8,7%	87,18163	1,063183	0,5228404	0,107
15% porc	9,0%	89,60323	1,09343	0,5377526	0,110

Fuente: Elaboración propia con el software @Risk.

**Análisis de escenarios @RISK**

Ejecutado por: Mauricio Otero  
Fecha: jueves, 20 de octubre de 2011 07:13:34 p.m.

Entradas en escenario para K42 >75%	Celda	Nombre	Descripción	Toca, QR y Teques OOIP-WellsK42 OOIP / Eoceno, Fm La Paz Percentil >75%	Toca, QR y Teques OOIP-WellsK42 OOIP / Eoceno, Fm La Paz Percentil <25%	Toca, QR y Teques OOIP-WellsK42 OOIP / Eoceno, Fm La Paz Percentil >90%
#1	K36	f (%) / Eoceno, Fm La Paz	RiskNormal(0,123;0,0123;RiskStatic(0,123))	0,773	0,237	0,827
#2	K27	h (ft) / Eoceno, Fm La Paz	RiskNormal(70;7;RiskStatic(70))	0,761	0,199	0,807
#3	K35	So=1-Sw-Sg / Eoceno, Fm La Paz	RiskNormal(0,591458;0,0591458;RiskStatic(0,591458))	0,745	0,235	0,824
#4	K30	Bo / Eoceno, Fm La Paz	RiskTriang(1,035;1,15;1,265;RiskStatic(1,035))	1,183521	1,11623	1,213463
#5	K20	BS&W / Eoceno, Fm La Paz	RiskNormal(0,29;0,029;RiskStatic(0,29))	0,2704102	0,3094733	0,3271342



Información de regresión y jerarquía para OOIP / Eoceno, Fm La Paz			
Jerarquía	Nombre	Regr	Corr
1	f (%) / Eoceno, Fm La Paz	0,563	0,551
2	So=1-Sw-Sg / Eoceno, Fm La Paz	0,559	0,528
3	h (ft) / Eoceno, Fm La Paz	0,554	0,571
4	Bo / Eoceno, Fm La Paz	-0,226	-0,189

Fuente: Elaboración propia con el software @Risk



En el cuadro estadístico anterior podemos destacar que los rangos para la variable BS&W (Agua) está entre un 6,8% y un 13,2%, lo cual no está de acuerdo con los valores presentados en pozos de la región, según opinión de los expertos siendo más frecuentes los valores por encima de 30%.

Para el espesor neto de la arena petrolífera (h) nos presenta un valor mínimo de 66,43273 y un máximo de 132,34 y una media de 99,99; en esta variable los expertos expresan que para este espesor se esperarían valores de 100 pies.

Para el Bo o factor volumétrico tenemos un valor mínimo de 0,8240, un máximo de 1,6050 y una media de 1,2200 y al consultar el valor con los expertos hacen referencia a dos estudios utilizados para el análisis de la información, que describen un valor medio de 1,2 y 1,25 para Campo cristalina, respectivamente así, en las siguientes tesis de grado para campos del Valle Medio del Magdalena, VMM.

Se realizó la clasificación de las variables para la información de 2005 de acuerdo con los tipos de distribución supuestos y se observaron los supuestos estadísticos para el percentil 95% y 5%

Tabla 13. Tabla de entradas para 1960

Nombre	Celda / Gráfico	Mín	Media	Máx	5%	95%	Errores
Categoría: Bo							
Bo / Eoceno, Fm La Paz	G30	0,8240132	1,220017	1,605086	1,019209	1,420313	0
Categoría: BS&W							
BS&W / Eoceno, Fm La Paz	G20	6,8%	10,0%	13,2%	8,4%	11,6%	0
Categoría: f (%)							
f (%) / Eoceno, Fm La Paz	G36	0,085	0,123	0,164	0,103	0,143	0
Categoría: h (ft)							
h (ft) / Eoceno, Fm La Paz	G27	66,43273	99,99691	132,34	83,4843	116,3549	0
Categoría: So=1-Sw-Sg							
So=1-Sw-Sg / Eoceno, Fm La Paz	G35	0,3971632	0,6000156	0,8082462	0,5010638	0,6986465	0

El análisis de sensibilidad para 2005

Tabla 14. Tabla de sensibilidad para 2005

**Análisis de sensibilidad @RISK**

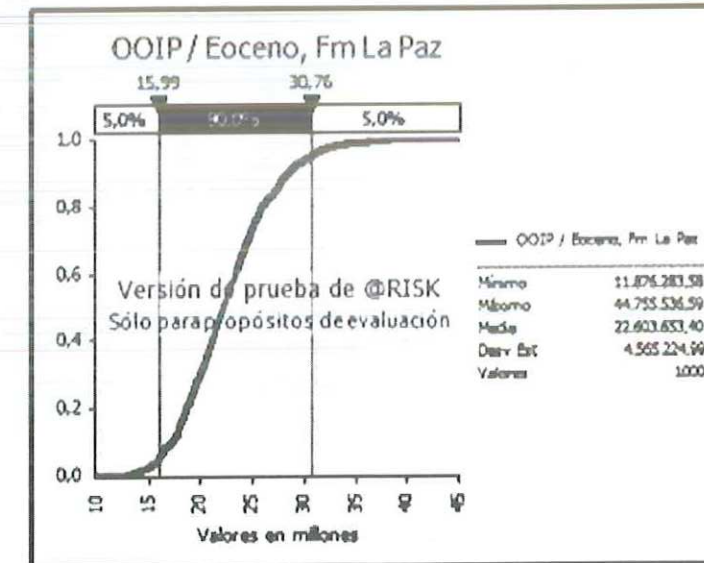
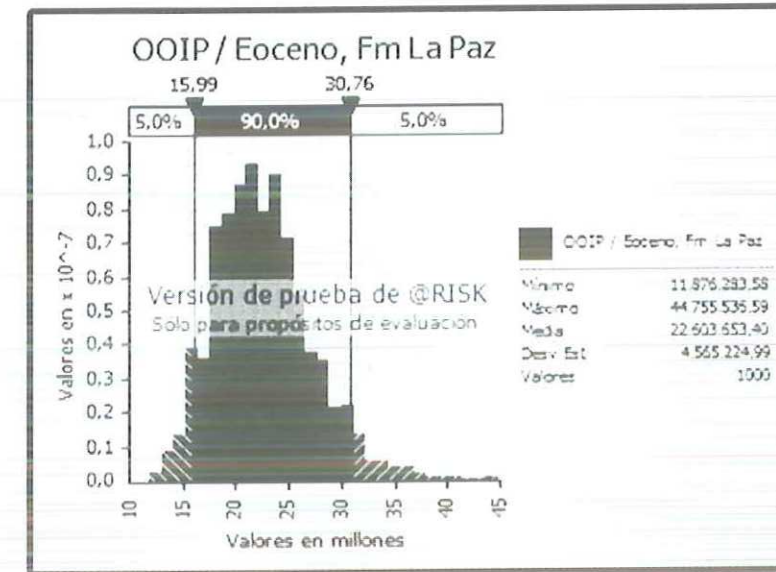
Ejecutado por: Mauricio Otero  
Fecha: jueves, 20 de octubre de 2011 07:29:37 p.m.

Jerarquizar para G42	Celda	Nombre	Descripción	Toca, QR y Teques OOIP-WellstG42 OOIP / Eoceno, Fm La Paz Coef. regresión RCuad=0,98
#1	G30	Bo / Eoceno, Fm La Paz	RiskNormal(1,22;0,122;RiskStatic(0,505	
#2	G35	So=1-Sw-Sg / Eoceno, Fm La Paz	RiskNormal(0,6;0,06;RiskStatic(0,0,504	
#3	G27	h (ft) / Eoceno, Fm La Paz	RiskNormal(100;10;RiskStatic(100,0,499	
#4	G36	f (%) / Eoceno, Fm La Paz	RiskNormal(0,123;0,0123;RiskStatic(0,496	
#5	G20	BS&W / Eoceno, Fm La Paz	RiskNormal(0,1;0,01;RiskStatic(0,0,524	

Fuente: Elaboración propia con el software @Risk

La información de las reservas OOIP de 2005, al ser simulada por medio de la denominada Hipercúbica Latina nos aporta la siguiente información para la estimación de reservas:

Tabla 15. Reserva Petrolera campo Toca, información del año 2005, con el Software @Risk



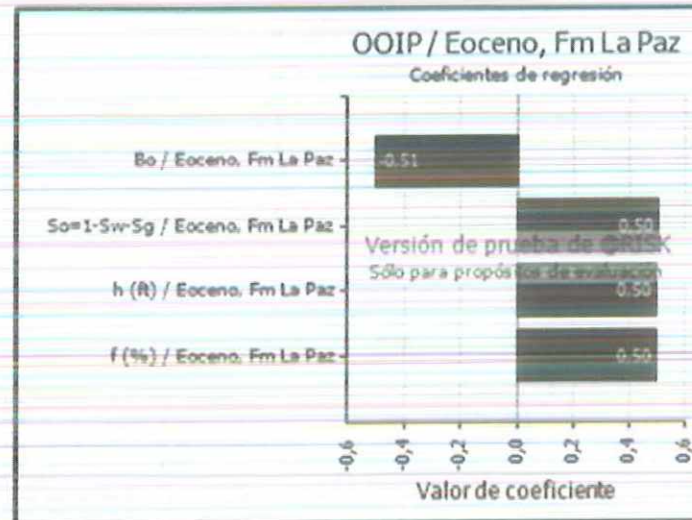
Estadísticos	Percentil
Mínimo	5% 15.992.571,5
Máximo	10% 17.225.507,8
Media	15% 17.977.060,8
Desv Est	20% 18.686.519,6
Varianza	25% 19.370.314,7
Índice de sesg	30% 19.968.447,2
Curtosis	35% 20.559.302,7
Mediana	40% 21.100.602,5
Moda	45% 21.608.364,6
X izquierda	50% 22.164.616,0
P izquierda	55% 22.748.129,7
X derecha	60% 23.416.263,0
P derecha	65% 23.932.718,5
Diff X	70% 24.601.551,0
Diff P	75% 25.197.474,9
#Errores	80% 25.932.779,9
Filtro mín	85% 27.370.469,7
Filtro máx	90% 28.549.613,9
#Filtrado	95% 30.756.184,9



### Análisis de escenarios @RISK

Ejecutado por: Mauricio Otero  
Fecha: Jueves, 20 de octubre de 2011 07:29:38 p.m.

Entradas en escenario para G42 >75%	Celda	Nombre	Descripción	Toca, OOIP- WellsG42 OOIP / Eoceno, Fm La Paz Percentil >75%	Toca, OOIP- WellsG42 OOIP / Eoceno, Fm La Paz Percentil <25%	Toca, OOIP- WellsG42 OOIP / Eoceno, Fm La Paz Percentil >90%
#1	G35	So=1-Sw-Sg / Eoceno, Fm La Paz	RiskNormal(0,6;0,06;RiskStab(0,6))	0,755	0,274	0,819
#2	G36	f (%) / Eoceno, Fm La Paz	RiskNormal(0,123;0,0123;RiskStab(0,123))	0,741	0,272	0,794
#3	G30	Bo / Eoceno, Fm La Paz	RiskNormal(1,22;0,122;RiskStab(1,22))	0,272	-	0,188
#4	G27	h (ft) / Eoceno, Fm La Paz	RiskNormal(100;10;RiskStab(100))	0,718	0,244	0,824
#5	G20	BS&W / Eoceno, Fm La Paz	RiskNormal(0,1;0,01;RiskStab(0,1))	0,106	0,093	0,112



Jerarquía	Nombre	Regr	Corr
1	Bo / Eoceno, Fm La Paz	-0,505	-0,478
2	So=1-Sw-Sg / Eoceno, Fm La Paz	0,504	0,476
3	h (ft) / Eoceno, Fm La Paz	0,499	0,457
4	f (%) / Eoceno, Fm La Paz	0,496	0,491

Fuente: Elaboración propia con el software @Risk

En las gráficas anteriores podemos apreciar que se estima una media de 22.603.653 barriles de reservas, aumentando el estimativo de los cuales se calculaba que son recuperables 4.476.958 barriles. También podemos apreciar la regresión de la fórmula aplicada para calcular las reservas donde vemos una participación equitativa de las variables salvo la correspondiente al factor volumétrico o Bo la cual en esta oportunidad presenta un comportamiento de distribución normal como las demás variables observadas..

Ahora bien, una vez identificado el tipo de distribución de cada una de las variables observadas pasamos a realizar el cálculo de la

entropía de la información, por medio de la cual queremos llegar a un resultado sólido analíticamente para determinar las unidades de barriles de petróleo recuperables con el fin de tener información confiable para la posterior generación de los modelos de flujos de caja.

#### Conclusiones proceso metodológico

Al realizar los correspondientes análisis de las simulaciones realizadas (1000) y la contribución de las variables a la incertidumbre, vuelve a dejarse de plano la necesidad de contar con más datos por cada variable, para tener unos resultados más robustos.

Tabla 16. Procedimiento metodológico

### 2.8. Calculo de la Entropía

2.8.1. Calculo de la Entropía como medida de incertidumbre de certidumbre dependiendo de la distribución por parámetro. En Nats.

2.8.2. Sensibilización de la entropía

2.8.3. Calculo del coeficiente T de Theil o redundancia como indicador de equidistribución y certidumbre

2.8.4. Calculo de la variación de la certeza

2.8.5. Analisis de sensibilidad para los resultados

2.8.6. Analisis de resultados

### 3. Desarrollo de la valoración por Opciones Reales

Fuente: Elaboración propia.

Tenemos que para la distribución Triangular y Normal se debe aplicar la siguiente fórmula para determinar la entropía:

Tabla 25. Fórmulas de entropía utilizada en el software Mathematica 8.0 para el cálculo de la entropía y los cálculos estadísticos de las variables que se utilizaron en las integrales.

Ecuaciones para el calculo de la Entropia de la información :

Distribucion Triangular

H =

$$-\int_a^b \left( \frac{(x-a)}{(b-a)^2} \right) \ln \left( \frac{(x-a)}{(b-a)^2} \right) dx$$

Donde a = al Limite Inferior; b = Limite superior;

σ = Desviación Estandar

Distribucion Normal

H =

$$-\int_a^b \left( \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \right) \exp - 1/2 \left( \frac{(x-Media)}{\sigma} \right)^2 \ln \left( \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \right) \exp - 1/2 \left( \frac{(x-Media)}{\sigma} \right)^2 dx$$

Donde a = Limite Inferior; b = Limite superior; σ = Desviación Estandar; y la Media.

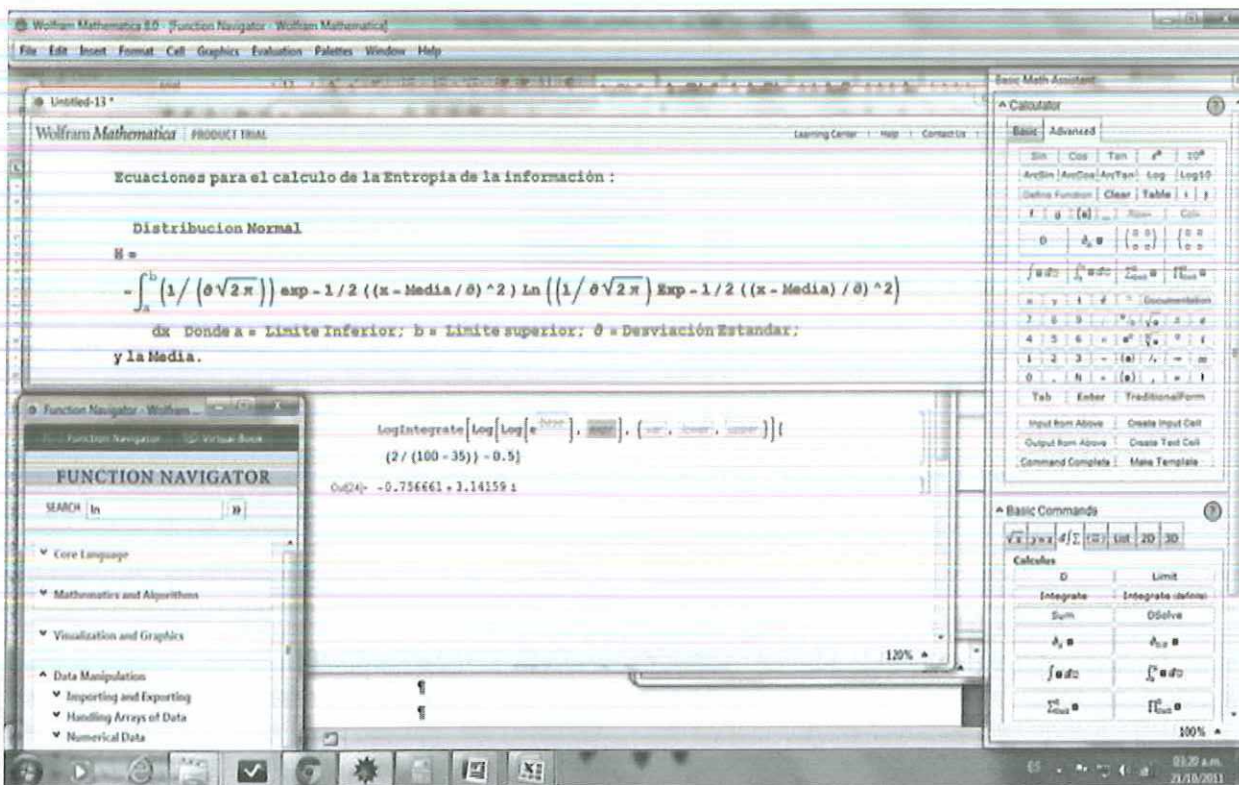


Tabla 17. Cálculos estadísticos de las variables que se utilizaron en las integrales

Estudio	Porosidad% f(%)				Saturación de agua % BS&W				Saturación de aceite % So=1-Sw-Sg				Estudio
	Media	Desviación Estandar	Limite Inferior	Limite Superior	Media	Desviación Estandar	Limite Inferior	Limite Superior	Media	Desviación Estandar	Limite Inferior	Limite Superior	
1960	0,123	0,012	0,091	0,152	0,290	0,029	0,198	0,385	0,592	0,059	0,405	0,781	1960
2005	0,123	0,012	0,085	0,002	0,100	0,010	0,068	0,132	0,600	0,060	0,397	0,808	2005

Estudio	Espesor Neto h (ft)				Variables para calcular la ENTROPIA DE LA INFORMACION				Factor Volumetrico Bo				Estudio
	Media	Desviación Estandar	Limite Inferior	Limite Superior	Media	Desviación Estandar	Limite Inferior	Limite Superior	Media	Desviación Estandar	Limite Inferior	Limite Superior	
1960	0,700	0,070	0,404	0,917					1,150	0,047	1,039	1,263	1960
2005	99,997	9,997	66,433	1,323					1,220	0,122	0,824	1,605	2005



Fuente: Elaboración propia con el software Mathematicas

En este software solo es necesario digitar las nombradas integrales y él aporta la respuesta solicitada de la entropía máxima y la entropía de la distribución para realizar la respectiva diferencia.

Tenemos que las respectivas integrales se desarrollaron en el software, dando los siguientes resultados:

Tabla 18. Resultados de la entropía en términos de certeza para cada una de las variables

Estudio	Porosidad% f(%)			Saturación de agua % BS&W			Saturación de aceite % So=1-Sw-Sg			Estudio		
	Entropía expresada en NATS			Entropía expresada en NATS			Entropía expresada en NATS					
1960	-0,7924860	0,7924860	0,9752871	-0,351291448	0,3512914	0,3975473	0,004761	0,3891708	1960			
2005	-0,81257	0,81257	Se dividen	2,471%	-0,883646816	0,88365	Se dividen	60,245%	0,012233	Se dividen	61,083%	2005

Estudio	Espesor Neto h (ft)		RESULTADOS para la ENTROPIA DE LA INFORMACION		Factor Volumetrico Bo		Estudio	
	Entropía expresada en NATS		Estas Integrales se resolvieron por medio del Software Wolfram Mathematica 8.0		Entropía expresada en NATS			
1960	0,091079	0,0354382			1,691044	4,6120067	1960	
2005	2,5700758	Se dividen	96,456%		0,366661	Se dividen	-361,201%	2005

Fuente: Elaboración propia

**Conclusiones proceso metodológico**

Con los resultados obtenidos tenemos los valores base para el cálculo; debemos tener en cuenta que para los casos como la Saturación de agua debemos proceder a aplicar el concepto de traslación para tener valores positivos y así proceder con el cálculo. Es de anotar que las respectivas integrales se podrán encontrar en los anexos.

En la tabla anterior tenemos el cálculo de la diferencia entre la certeza final de 2005 y la inicial de 1960, donde obtenemos la certidumbre que

nos ofrece la entropía por medio de la redundancia relativa o el llamado coeficiente Tr.

Podemos apreciar el gran cambio presentado en la certeza en la variable del factor Volumétrico Bo, y en el espesor de la arena productora.

**UTILIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE RELEVANCIA PARA EL CÁLCULO DE LA RESERVA EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOS FLUJOS DE CAJA DEL CAMPO TOCA**

De acuerdo con la planeación metodológica tenemos las siguientes actividades desarrolladas.

Tabla 19. Procedimiento metodológico

- 3.Desarrollo de la valoración por Opciones Reales
- 3.1. Primera etapa. Definir el marco de aplicación
  - 3.1.1. Definir el tipo de decisiones a tomar
  - 3.1.2. Definir las fuentes de incertidumbre, flujos de caja o rentabilidades.
  - 3.1.3. Definir la regla de decisión, o expresión matemática.
  - 3.1.4. Analizar el mercado financiero para definir fuentes de incertidumbre privada y de mercado aplicables.
  - 3.1.5. Revisar la correcta interpretación de resultados según la persona o personas que tomaran la decisión.
- 3.2. Segunda etapa. Implementar el modelo de valoración de opciones

Fuente: Elaboración propia



Para el presente proyecto debido a la realidad del contrato suscrito con Ecopetrol solo se tendrán en cuenta las siguientes decisiones:

**Opción de expandir o contraer un proyecto:** Una vez desarrollado un proyecto, la operadora puede optar por acelerar el régimen de producción o modificar la escala de producción. En un campo de petróleo o gas, se puede disponer de la opción de aumentar la producción invirtiendo en un plan de recuperación artificial del petróleo o perforando pozos cercanos o clústeres. La oportunidad de inversión original es definida como el proyecto inicial más una opción de compra sobre una oportunidad futura.

**Opción de abandonar un proyecto para la recuperación:** Si los precios del petróleo y del gas ingresan en un período de declinación prolongado, la operadora podrá optar por abandonar el proyecto y vender cualquier equipo de capital acumulado en el mercado libre. Como alternativa, podrá vender el proyecto o su participación en el mismo, a otra compañía cuyos planes estratégicos tornen más atractivo dicho proyecto.

La fuente de incertidumbre de acuerdo con el sustento teórico propuesto por el Doctor Guillermo López Dumrauf, de la Universidad del Cema<sup>1</sup>, de donde se aplicará la propuesta para el cálculo de volatilidades, El Doctor López calcula las volatilidades según una hipótesis propuesta por Copeland-Antikarov(C&A,2001) para la valuación de opciones reales sobre un activo cuyo valor no puede ser observado directamente en el mercado, la hipótesis MAD (Marketed Asset Disclaimer) con la cual se separan abiertamente de los métodos tradicionales, con una justificación contenida en tres categorías:

Toma una sola fuente de in-certeza: la volatilidad de la tasa de rendimiento del proyecto.

Afirman que el valor del proyecto sigue un "movimiento browniano geométrico" y puede ser

utilizado como el portafolio réplica, porque los retornos mismos del proyecto son completamente correlacionados con el proyecto.

"La prueba de Samuelson: los precios correctamente anticipados fluctúan aleatoriamente ( y, por tanto, sus tasas de retorno) y siguen un camino aleatorio con volatilidad constante aunque los flujos de caja no sigan un patrón aleatorio (reversión a la media, ciclicidad)"<sup>2</sup>.

En esta tercera etapa se desarrollarán los árboles binomiales para exponer las decisiones por tomar, y la determinación de las estrategias.

Un punto muy importante a desarrollar es determinar los elementos a tener en cuenta en el modelo financiero que reúna la realidad del proyecto; por esa razón se recurrió al software Questor para determinar las variables técnicas a tener en cuenta y conciliarlas con la realidad de la empresa, generando un modelo acorde.

Se procedió a utilizar el software Questor 9.4 con el fin de integrar todas las variables que intervienen en el análisis financiero de un proyecto petrolero. Este software tiene la capacidad de unir variables geológicas, petrofísicas, financieras, de estimación y de planeación estratégica para finalmente generar unos flujos de Opex y Capex que orientan al usuario en el desarrollo de macroproyectos petroleros.

Este software fue de gran ayuda en la identificación de las variables más relevantes en el momento de evaluar financieramente el Campo Toca muy a pesar de todas las implicaciones de requerimiento de información que demanda un proyecto como el planteado por la herramienta.

Tenemos que destacar que además de poseer una interface muy amigable tiene la característica de generar tablas en Excel de fácil manejo e implementación en otros modelos financieros; en especial para nuestro proyecto utilizamos las

<sup>1</sup>Doctor Guillermo López Dumrauf, de la Universidad del Cema, Buenos aires, 23 de agosto de 2005, en su exposición titulada "Estado del arte y avances en la última década", que se puede encontrar en su página www.dumraufnet.com.ar, septiembre 18 de 2010, Guillermo López Dumrauf es doctor en ciencias económicas de la Universidad de Buenos Aires con una tesis sobre la estructura de capital óptima de la firma. Consultor económico financiero y asesor de empresas. Es autor de los libros "Finanzas Corporativas" (Grupo Guía, 2003) y "Cálculo Financiero Aplicado, un enfoque profesional, 2da edición" (La Ley, 2006) y "Macroeconomía Explicada" (La Ley, 2008).

<sup>2</sup> Doctor Guillermo López Dumrauf, de la Universidad del Cema, Buenos aires, 23 de agosto de 2005, en su exposición titulada "Estado del arte y avances en la última década", que se puede encontrar en su página www.dumraufnet.com.ar, septiembre 18 de 2010

tablas de declinación de producción para calcular con alto grado de certeza la disminución natural del pozo productor, como podemos apreciar a continuación.

**Conclusiones proceso metodológico**

Se tomó la decisión de solo tener en cuenta las opciones de expandir y de abandonar, debido a que son las únicas salidas que aporta la realidad contractual del Campo Toca frente a Ecopetrol.

La opción de abandonar tiene un valor supremamente bajo debido a que el contrato solo posibilita aplicar el abandono del pozo de USD63M y devolver el pozo a Ecopetrol, no da la posibilidad de vender en el mercado los derechos del campo.

Ante la no existencia de un modelo base que aportara los elementos o variables suficientes para valorar la operación del campo, se recurrió al

software Questor que en una de sus funciones exporta tablas a Excel con las variables pertinentes a la operación y con estas se desarrolló el modelo aplicado.

Las únicas fuentes de incertidumbre que se manejaron para mantener como variables dependientes fueron el número de barriles producidos y el precio del petróleo, teniendo como referencia el marcador WTI

**DESARROLLO DE LA VALORACIÓN POR MEDIO DE OPCIONES REALES DEL CAMPO TOCA**

La construcción del modelo de flujos de caja demandó la integración de la información de Questor 9.4, con los elementos de análisis aportados por @Risk simulator en los simulacros y aportes estadísticos, los principales elementos por analizar fueron las unidades producidas, en especial su comportamiento decreciente y los precios del crudo de referencia, en este caso el WTI.

Tabla 20. Procedimiento metodológico

3.1.5.Revisar la correcta interpretación de resultados según la persona o personas que tomaran la decisión.
<b>3.2.Segunda etapa. Implementar el modelo de valoración de opciones</b>
3.2.1.Definir las variables de entrada o <i>inputs</i> necesarios
3.2.1.1.Calcular el valor actual del activo subyacente, flujos de caja o rentabilidad.
3.2.1.2.Calcular la volatilidad de cada fuente de incertidumbre
3.2.1.3.Identificar la tasa libre de riesgo a aplicar
3.2.2.Valorar la opción, con el modelo diseñado en <i>Excel</i>
<b>3.3.Tercera etapa. Revisar los resultados.</b>

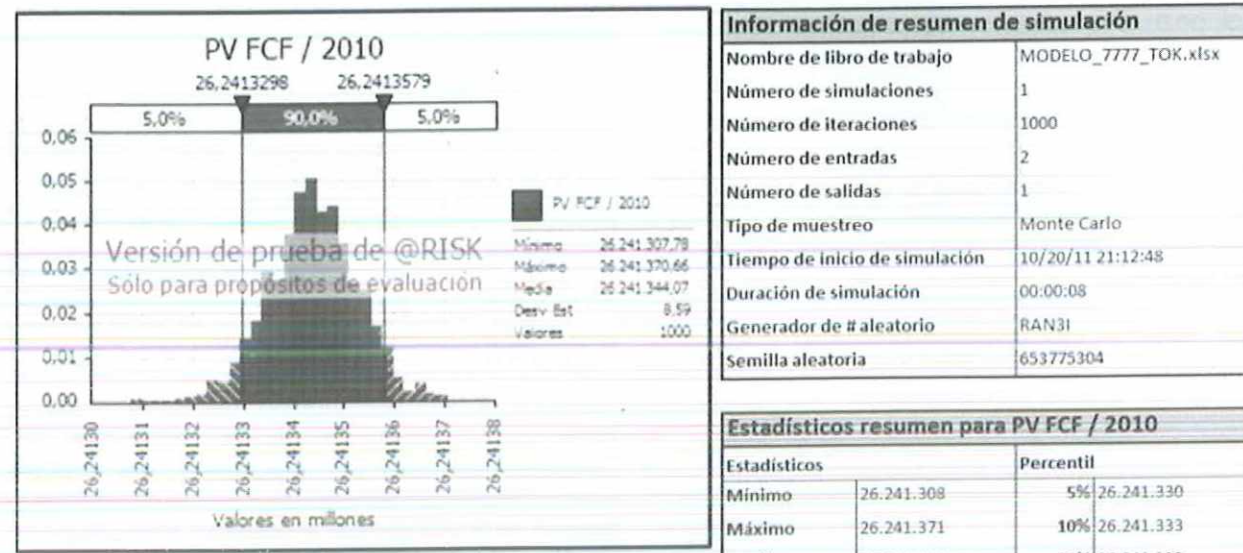
Fuente: Elaboración propia

Una vez definidas las variables por considerar en el modelo, en términos históricos y estimados se logró depurar un modelo que fuera consecuente con la realidad del modelo, con variables como la producción estimada de crudo y de agua, el descuento de parte de Ecopetrol por su

participación contractual, los costos incrementales, el tratamiento del agua y del crudo, los costos ambientales, costos administrativos y de mantenimiento, la logística de entrega en la estación de bombeo y finalmente los costos de desarrollo.



Tabla 21. Resultado de los flujos en valor presente por medio del software @Risk



Nombre	Celda	Gráfico	Mín	Media	Máx	5%	95%	Errores
Categoría: Price								
Price / 2011	W4		(31,06)	(0,256)	29,341	(16,99)	16,3367	0
Categoría: Units								
Units / 2011	W2		(31,33)	(0,272)	42,126	(16,48)	16,0917	0

Fuente: Elaboración propia con el software @Risk

Nombre Descripción Celda	PV FCF / 2010 Salida Base case!V21	Units / 2011 RiskNormal(0;10) Base case!W2	Price / 2011 RiskNormal(0;10) Base case!W4
Mínimo	26.241.310,0	(31,3)	(31,1)
Máximo	26.241.370,0	42,1	29,3
Media	26.241.340,0	(0,3)	(0,3)
Desviación est	8,6	10,0	10,1
Varianza	73,8	100,8	102,8
Asimetría	(0,1)	0,1	0,0
Curtosis	3,2	3,2	2,9
Errores	-	-	-
Moda	26.241.340,0	(0,4)	(6,3)
5% porc	26.241.330,0	(16,5)	(17,0)

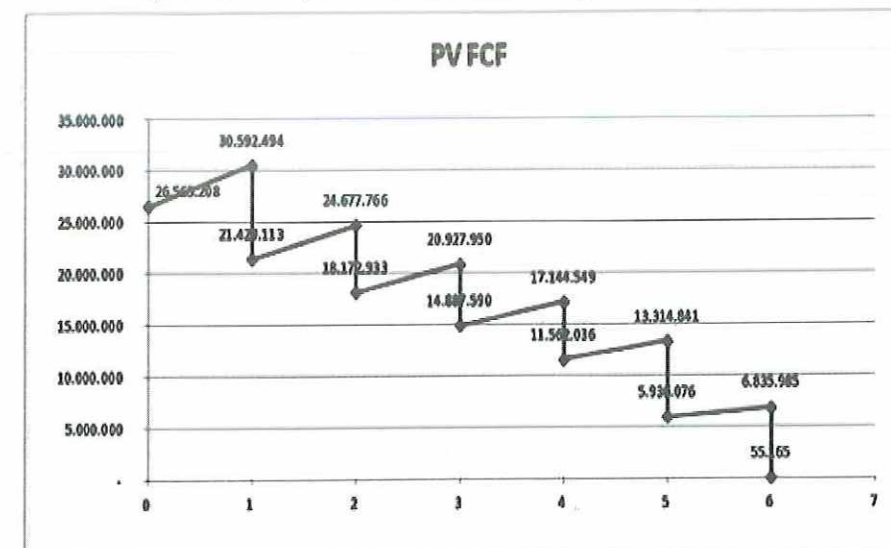
Fuente: Elaboración propia con el software @Risk

Los flujos se unificaron en el sentido que se unió información sobre abandono de pozo, perforación a precios de mercado y características del bloque y se tomó como base la información real existente de años anteriores y se proyectó de acuerdo con las estimaciones de la simulación.

Según el marco teórico propuesto inicialmente se desarrolló el esquema propuesto por el Dr. Guillermo L. Dumrauf, sustentado en la propuesta de Copeland-Antikarov, y utilizando la estructura del Caso Portes, se desarrolló el modelo de valoración, teniendo en cuenta que la presente empresa se encuentra muy lejos de poder ser

comparada con alguna de las operadoras petroleras que se encuentran cotizando en el mercado financiero, pero se utilizó una tasa de descuento para traer a valor presente de 15,16% tasa aportada por un directivo financiero de una empresa asociada que cotiza en la bolsa de Toronto Canadá. Con este supuesto y reduciendo la fuente de incerteza a la volatilidad o desviación estándar de los flujos de caja ya analizados con el software @Risk, y teniendo en cuenta que el valor del proyecto posee un movimiento browniano, utilizaremos este mismo como el portafolio replica partiendo del hecho que la correlación con los retornos del proyecto.

Figura 2. Comportamiento de los Flujos de caja.



Fuente: Elaboración propia en base al Caso portes







**Arbol de decisión y cálculo del valor de la opción**

	0	1	2	3	4	5	6
							4.957.297 11.119.403
Inversión para expandir		6.199.273				10.203.869	
Ingreso por abandonar		63.528				15.130.617	
					13.884.814 19.518.315		
				17.911.244 24.322.408		8.592.741 12.741.586	4.174.571 9.363.718
		28.121.078 27.829.372	21.555.706 31.099.950		11.692.487 16.436.493		
				11.608.175 17.007.055			3.515.432 7.885.244
					9.846.315 13.841.272	10.729.768	
		22.759.026 22.513.380	24.287.454	12.701.629 17.248.060			2.960.367 6.640.213
			15.827.913 22.596.145		8.291.643 11.655.820	6.093.480 9.035.603	
							2.492.943
<b>C-</b>							<b>25.335.289,14</b> <b>1.229.919,20</b>
<b>Valor opción</b>							

Fuente: Elaboración propia en base al Caso portes

**DISCUSIÓN**

El primer punto por comentar es el hecho de que este campo petrolero es denominado campo maduro no desarrollado, debido a que las expectativas que se tenían en el momento mismo de la perforación del pozo exploratorio, eran mucho más altas que lo que en realidad aportó el yacimiento, razón por la cual duró tantos años sin haber desarrollado estudios que aprovecharan el pozo existente para generar una correcta caracterización de las propiedades geológicas y petrofísicas con las cuales no se tendrían datos tan dispersos entre una intervención y la otras (1960-2005).

La discusión sobre la aplicación de la entropía de la información cobra relevancia debido a que este y muchos proyectos analizados financieramente, poseen información dispersa y fragmentaria de sus inicios y esta es una herramienta válida que es capaz de reunir en un dato concreto esa certidumbre o incertidumbre de información.

La utilización de software especializado es una tarea que demanda una buena cantidad de tiempo y recursos debido a que cada paquete así como cada nueva actualización obliga a que se tengan en cuenta largas horas de estudio y desarrollo práctico para lograr tener una experticia mínima y aprovechar las grandes bondades que pueden aportar paquetes como los utilizados en este proyecto. Es de destacar que una herramienta muy importante para nuestra profesión es lograr que estos software tengan la característica de ser exportables a modelos de Excel, para así aumentar el impacto positivo que genera la flexibilidad de integrar elementos de varios paquetes.

Las opciones reales se soportan en supuestos mucho más consistentes que los propuestos para sustentar la valoración por flujos de caja descontados; es válido considerar la herramienta de las opciones reales como un complemento necesario por tener en cuenta junto con la valoración por flujos de caja descontados.

El supuesto utilizado de utilizar como portafolio replica los mismos flujos de caja del proyecto, tiene muchas ventajas pero merece ser analizado con mayor profundidad y detalle, debido a que cada proyecto tiene una vida y un movimiento diferentes.

La utilización de las simulaciones para identificar volatilidades específicas es una herramienta muy importante, pero es necesario anotar que hay cifras de las variables estudiadas que llegan a variar en su magnitud en cantidades significativas como para hacer necesaria una revisión profunda de cada resultado.

Al cambiar las condiciones técnicas de operación del pozo, disminuyendo en 4,5 USD millones la inversión en un nuevo pozo, utilizando el mismo pozo perforado y desarrollando una apertura de ventana, y realizando una perforación direccional a 95% y llegando al crudo residual del denominado ático, es posible disminuir la inversión original de la perforación de un nuevo pozo, generando la inversión solo de 1,6USD Millones comparado con los 6,2USD Millones que demandaba el nuevo pozo y obtener resultados equivalentes en los estimativos de producción de crudo, con un incremento positivo de la opción.

La variación directa de la volatilidad de los flujos de caja cambia directamente los resultados de la opción; a continuación podemos observar el resultado para volatilidades de 10%, 15%, 30% y 4% teniendo un resultado consecuente con la teoría expuesta de a mayor volatilidad mayor valor de la opción.

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El cálculo de las volatilidades implícitas en cada proyecto de opciones reales hace que las consecuencias de una correcta o incorrecta selección de las tasas de descuento se pueda soportar en otro elemento complementario (las volatilidades) y juntas pueden determinar el desarrollo o no de un buen emprendimiento o incluso prender las alarmas ante un alto riesgo.

Al cambiar las condiciones técnicas de operación del pozo, disminuyendo en 4,5 USD millones la inversión en un nuevo pozo, utilizando el mismo pozo perforado y desarrollando una apertura de

ventana, y realizando una perforación direccional a 95% y llegando al crudo residual del denominado ático, es posible disminuir la inversión original de la perforación de un nuevo pozo, generando la inversión solo de 1,6USD Millones comparado con los 6,2USD Millones que demandaba el nuevo pozo y obtener resultados equivalentes en los estimativos de producción de crudo, con un incremento positivo de la opción.

Si modificamos positivamente la volatilidad de los flujos de caja podemos obtener un incremento significativo del valor de la opción, como efectivamente se demostró. Esto hace que también tengamos en cuenta que las modificaciones en el tiempo que afectan los flujos de caja generando un efecto en la volatilidad calculada que afecta directamente el valor de la opción.

Los cambios en el precio y en el número de barriles producidos, también generan un cambio en la volatilidad de los flujos de caja y este cambio afectaría directamente el valor de la opción y por consiguiente el valor del proyecto.

La selección del modelo CAPM, para el descuento de los flujos de caja, está relacionada con los supuestos de expectativas homogéneas y la posibilidad de tener a disposición una tasa libre de riesgo y las ilimitadas posibilidades de prestar y pedir prestados recursos a esa misma tasa, condiciones que le dan solidez al modelo.

La construcción del modelo debe permanecer dinámica en el transcurso del tiempo, donde en cada etapa de cambio en los flujos ya sea por un cambio en la tendencia de la producción de barriles de crudo, en el precio o en las técnicas de recuperación de crudo, deberá siempre recalcularse de nuevo la volatilidad de los flujos para tener un valor de la opción equivalente.

**BIBLIOGRAFÍA**

“Mapping” Subcommittee. Final Report – December 2005. Documento. [On line]. Disponible en internet, URL: [http://www.spe.org/industry/reserves/docs/OGR\\_Mapping\\_Final\\_Report.pdf](http://www.spe.org/industry/reserves/docs/OGR_Mapping_Final_Report.pdf); <http://www.spe.org/industry/reserves/mapping.php>, (Consultado el día 19 de septiembre de 2010).



Definiciones reserva. [On line]. Disponible en Internet, URL: [http://www.oilproduction.net/cms/index.php?Option=com\\_content&view=article&id=987:definicion-de-reservas-Petroleras&catid=57:reservorios&Itemid=121](http://www.oilproduction.net/cms/index.php?Option=com_content&view=article&id=987:definicion-de-reservas-Petroleras&catid=57:reservorios&Itemid=121), (consultado en agosto 22 de 2010).

Clasificación de Recursos según los lineamientos de la SPE (Society Of Petroleum Engineers) en <http://www.spe.org/glossary/wiki/doku.php>, consultada el 14 de Septiembre de 2010..

Documento "Society of Petroleum Engineers Oil and Gas Reserves Committee (OGRC) "Mapping" Subcommittee Final Report – December 2005 Comparison of Selected Reserves and Resource Classifications and Associated Definitions Mapping Subcommittee: John Etherington, Torbjorn Pollen, Luca Zuccolo".

Mapa Reservas. Documento. [On line]. Disponible en Internet, URL: <http://www.indexmundi.com/map/?V=97&I=es>. IV Simposio Nacional de Finanzas, Cartagena, Colombia, Junio de 2007, Valuación de Opciones reales, Cuando hay riesgos públicos y activos sin cotización pública, Dr. Guillermo L. Dumrauf, [www.dumraufnet.com.ar](http://www.dumraufnet.com.ar), consultada en septiembre 07 de 2010.

LÓPEZ DUMRAUF, Guillermo. Estado del arte y avances en la última Década. Universidad del Cema, Buenos Aires, 23 de agosto de 2005. Disponible en Internet, URL: [www.dumraufnet.com.ar](http://www.dumraufnet.com.ar), septiembre 18 de 2010.

Valoración de opciones reales: dificultades, problemas y errores, Pablo Fernández, Documento de Investigación. DI-760, Agosto, 2008 IESE Business School Universidad de Navarra, Avda. Pearson, 21 08034 Barcelona, España. Tel.: (+34) 93 253 42 00 Fax: (+34) 93 253 43 43, Camino del Cerro del Águila, 3 (Ctra. De Castilla, km 5,180) – 28023 Madrid, España. Tel.: (+34) 91 357 08 09 Fax: (+34) 91 357 29 13

Monografías de Juan Mascareñas sobre Finanzas Corporativas, ISSN: 1988-Opciones Reales: Introducción, Opciones Reales: Introducción, Juan Mascareñas, Universidad Complutense de Madrid, Última versión: dic. 2003

- Última versión: feb. 2010

VÉLEZ PAREJA, Ignacio. Resumen. [On line]. Disponible en Internet, URL: <http://ssrn.com/abstract=986980>. Consultado el 03 de Septiembre de 2010.

Trabajo de grado, "Análisis de la incertidumbre en el cálculo de la reserva Petrolera-Convenio de cooperación tecnológica UNAB-ICP, de Fernando Enrique García y Paula Yelitza Prada, UNAB, 2006.

Conferencia Anual sobre opciones Reales, tomada de [www.realoptions.org](http://www.realoptions.org), el 29 de Septiembre de 2010. En este mismo sitio es posible encontrar los artículos Desarrollados en pasadas conferencias, <http://www.realoptions.org/abstracts.html>, Tomado el 29 de septiembre de 2010.

Copeland-Antikarov, 2001. Ellos dieron un paso importante en la valuación de Opciones reales sobre un activo cuyo valor no puede ser observado directamente en El mercado.

Libro opciones reales de Martha Amram y Nalin Kulatilaka, traducción de Editorial Gestión 2000 del título original "Real Options. Managing strategic investment in An uncertain world" de Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts, 1999

The Promise and Peril of Real Options, Aswath Damodaran, Stern School of Business 44 West Fourth Street, New York, NY 10012, [adamodar@stern.nyu.edu](mailto:adamodar@stern.nyu.edu)

Valuation of a Real Options Portfolio, Bravo Mendoza Oscar, Mogollón Monroy Luis Alfredo and Parra Vega José Darío, Ecopetrol, Bogotá Colombia, [www.realoptions.org](http://www.realoptions.org), consultada en 29 de Septiembre de 2010.

Valorización de opciones, reales multidimensionales mediante simulación de Montecarlo utilizando el algoritmo LSM por Jorge Luis Urzúa Valdés, Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Profesor Supervisor: Gonzalo Cortázar S. Santiago de Chile, Mayo, 2004.



# Mercados Energéticos

## **Semillero SIAF**

**Erika Cárdenas, Eliana Oliveros, Roberto Claro, Jaime Bermúdez, y Cristian Vesga.**

**Estudiantes Programa Ingeniería Financiera UNAB**

## **INTRODUCCIÓN**

El mercado eléctrico colombiano es un escenario que moviliza recursos entre participantes, oferentes y demandantes a través de un conjunto de operaciones que permiten el flujo de fondos e información entre agentes económicos; este segmento está conformado por una serie de alternativas de negocios en la que agentes generadores, comercializadores y usuarios finales, que se constituyen por regulados y no regulados, adquieren y venden energía en un mercado que facilita las operaciones entre dichos participantes.

El mercado de energía mayorista está conformado por los generadores, quienes son los productores de la energía, cuya función es determinar la formación del precio Spot por medio de una competencia en el mercado a través de las fuerzas de oferta y demanda que se presentan en las bolsas de energía; este mecanismo se lleva a cabo en las convocatorias públicas para el caso del mercado regulado, y las negociaciones libres para el mercado no regulado. Los agentes comercializadores son aquellos participantes que promueven la compra y venta de energía eléctrica en el mercado, ya que son los encargados de las actividades de intermediación y negociación con los consumidores o usuarios finales y de la asignación de estos recursos en





diferentes operaciones comerciales. Para que esta etapa de comercialización se cumpla deben desarrollarse primero unos procesos de generación, transmisión y distribución de la energía, que en conjunto con la regulación vigente establecida y ciertos sistemas de control, ofrecen un soporte para la eficiencia de esta actividad. Los consumidores finales ya sean entidades públicas, privadas o inversionistas participen en el mercado de energía por medio de un comercializador.

Para el tipo de demanda no regulada, se encuentran las exportaciones internacionales, el alumbrado público, zonas francas y dichos usuarios, mientras que si es una demanda regulada, allí se encuentran los consumidores finales regulados. Según la CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas) la energía eléctrica en Colombia proviene fundamentalmente de plantas de generación hidráulica en un 77% aproximadamente y en una menor proporción, del 18%, de plantas de generación térmica; es allí donde el proceso de generación da inicio al proceso de intercambio entre agentes del mercado energético.

En este documento se tratarán los diferentes tipos de mercados energéticos nacionales e internacionales enfocados en la formación del precio Spot de la energía para cada uno de ellos, de acuerdo con los volúmenes de transacción. Todo esto sujetos a variables explicativas, componentes del precio, coeficientes y reglas de mercado que ofrecerán una explicación al cálculo de estas variables, teniendo en cuenta la volatilidad de los precios, la percepción del riesgo y el sistema de subastas para la entrega de una cantidad determinada de energía; así como la aplicación del marco regulatorio del mercado energético en cada país, y las leyes bajo las que se rigen dichos mercados.

## TEORÍA DE SUBASTAS

Las subastas son mecanismos de asignación de bienes y servicios sujetos a ciertas reglas que definen el ganador, así como cuánto debe pagar por dicho bien o servicio. Se explica que la teoría de subastas se basa en la existencia de asimetría de información lo que da espacio para el uso de diferentes estrategias de asignación de precios por parte de los ofertantes; así, se considera que

el fin principal de la teoría de subastas es buscar una asignación óptima de uno o más bienes.

Existen principalmente dos tipos de subastas, de valor común y de valor privado; la primera hace referencia a que todos los jugadores tienen valores similares, aunque cada uno realiza una valoración propia basado en su información (privada), y la segunda se refiere a que cada jugador tiene su propio valor, diferente al de los demás, estimado de acuerdo con sus preferencias y el beneficio que espera recibir. Este precio se llama *precio de reserva*, ya que es el precio máximo al que se está dispuesto a pagar por el bien; así mismo, este valor no depende de los demás participantes. De la misma forma, existe una subasta intermedia entre los tipos anteriores, que corresponde a la de valor correlacionado, en la que, como su nombre lo indica, los valores estimados están correlacionados aunque pueden llegar a ser distintos. Además, las subastas de valor privado se subdividen en distintos tipos de subastas, que corresponden a la inglesa, holandesa, a sobre cerrado de primer precio y a sobre cerrado de segundo precio.

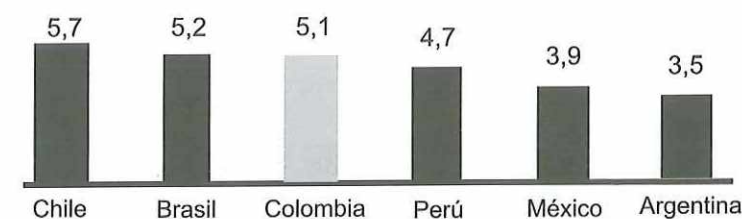
La *Subasta Inglesa* es aquella en la que los oferentes anuncian cuánto están dispuestos a pagar y van subiendo el precio hasta el momento en que no hay más ofertas y el bien le es asignado a la mayor oferta realizada, donde el último precio anunciado será el que se pagará a todos los participantes. En este tipo se realiza la subasta de un único bien indivisible, además, existe asimetría de información, es decir, que hay incertidumbre de los precios de reserva de los demás y sólo se conoce la propia valoración sobre el bien. El beneficio del ganador es la diferencia entre su precio de reserva y el precio a pagar por el bien. En este tipo de subasta se puede responder a las ofertas de los demás jugadores y a medida que transcurre la subasta se puede ir aprendiendo, así como adquiriendo información, lo que podría favorecer las estrategias de cada jugador.

Lo *Subasta Holandesa*, en términos generales, es contraria a la Inglesa ya que se parte de un valor muy alto y se va disminuyendo hasta que un jugador decida aceptar el valor y este es el asignado al activo. Las restricciones son básicamente las mismas; existe de la misma

manera asimetría de la información y la negociación es de un único bien. Sin embargo, en este tipo de subasta los jugadores no pueden ir aprendiendo a medida que avanza la subasta.

Las *Subastas a Sobre Cerrado* son aquellas en que cada oferente realiza una oferta única por el activo. Este tipo de subastas se subdivide en subasta a sobre cerrado de primer y segundo precio, donde la diferencia entre estas es la regla que determina el precio a pagar. En la de primer precio, el ganador es quien realiza la mayor oferta y el valor a pagar por este será esa oferta hecha; a diferencia, en la subasta de segundo precio, el ganador es quien realiza la mayor oferta pero el precio que este tiene que pagar por el activo es el precio de la segunda mayor oferta hecha. Para encontrar la estrategia inmersa en este tipo de subasta, mediante estudios matemáticos se llega a la conclusión que la mejor oferta que puede realizar un jugador es su propio valor de reserva. Sin embargo, en la subasta de primer precio la ganancia es cero si el precio ofrecido es igual al precio de reserva, aunque si se decide ofrecer un valor menor, aumenta su utilidad pero disminuye la posibilidad de ganar, y en la de segundo precio la mejor opción sí será ofertar con el valor de reserva.

La subasta de precios ascendentes es la que normalmente utiliza el estado para realizar la concesión de todos los activos de un sistema a la vez. *“La característica particular de esta subasta es que tiene la flexibilidad suficiente como para permitir que los participantes obtengan diferentes partes de un sistema de manera de generar agregaciones de bienes o servicios que maximicen los beneficios de sus empresas, esta es la principal diferencia con las subastas antes vistas. Justamente en este caso se asigna más de un bien, en el mismo procedimiento.”*



Fuente: World Economic Forum, The World Competitiveness Report 2009-2010

1 María Florencia Millán Placci, Aplicación de la Teoría de Subastas. Universidad Nacional de Cuyo

En cuanto a la aversión del riesgo, la Subasta Inglesa no se ve modificada debido a que la estrategia óptima es la de revelar el valor de reserva que el oferente tiene para el bien. Por otra parte, en el caso de la Subasta Holandesa no cambia el precio esperado pero sí varía el valor ofrecido por los oferentes (las estrategias) y los pagos, porque existe miedo a no obtener la asignación y quedarse de esta manera sin beneficios, por lo cual los agentes ofrecen de manera menos conservadora y así es como se acercan más al valor de reserva; de esta manera aumenta la ganancia del vendedor y disminuye la del oferente. Se deriva así una proposición de la exclusión de la neutralidad al riesgo, la cual establece que bajo aversión al riesgo el vendedor obtiene mayor pago y el comprador menor pago en la Subasta Holandesa en relación a la Subasta Inglesa.

## FORMACIÓN DEL PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DIARIA ALREDEDOR DEL MUNDO

### 1. COLOMBIA

*“Colombia es uno de los 3 países con mejor calidad en el suministro de energía en América Latina y el país de la región con mejor infraestructura energética según la asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos y Comunicaciones”.*

El mercado mayorista de Energía en Colombia está conformado por un conjunto de operaciones, que permiten el flujo de fondos, recursos e información entre agentes económicos, además del intercambio de información entre los generadores y los comercializadores. Las actividades que desarrollan los participantes del mercado eléctrico colombiano están divididas en: Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de energía eléctrica.



Los consumidores finales ya sean entidades públicas, privadas o inversionistas "participan en el mercado de energía por intermedio del comercializador que los atiende, si es una demanda no regulada entre ellos se encuentran las exportaciones internacionales, el alumbrado público, zonas francas y dichos usuarios; mientras que si es una demanda regulada allí se encuentran los consumidores finales regulados".

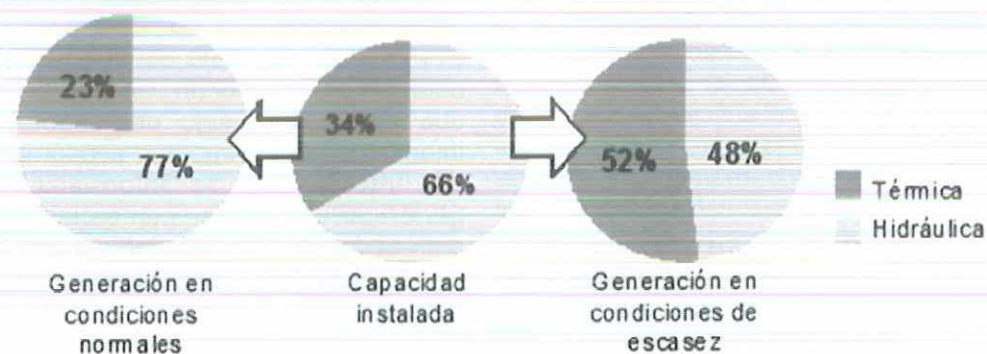
Las operaciones que se efectúan en el mercado Mayorista son:

- **Contratos de Energía a Largo Plazo:** pactados libremente entre generadores y comercializadores en cantidades y precios.
- **Transacciones de Energía en la Bolsa:** A través del Operador del Mercado para liquidación horaria de acuerdo con el despacho de generación.
- **Servicios auxiliares de generación:** Para asegurar el cumplimiento de las normas sobre calidad, confiabilidad y seguridad del servicio de electricidad.

**Fuente: Asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos Domiciliarios y actividades complementarias e inherentes.**

Según la CREG (Comisión de Regulación de energía y gas) la energía eléctrica en Colombia proviene fundamentalmente de plantas de generación hidráulica en un 77% aproximadamente; lo que explica la alta volatilidad de los precios por el alto componente hidráulico, estacionalidad climática y aparición periódica del fenómeno del niño; que afectan la disponibilidad del recurso y los niveles de los embalses; y en una menor proporción (18%) de plantas de generación térmica, es allí donde el proceso de generación da inicio al proceso de intercambio entre agentes del mercado energético.

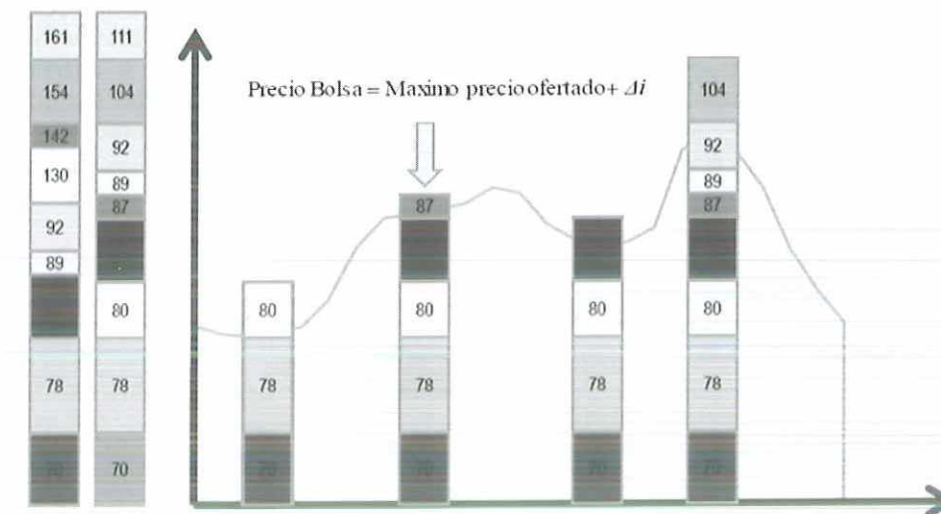
Es por esta alta dependencia de Colombia con las fuentes hídricas, que se hace necesario generar incentivos para que haya suficiente energía para suplir la demanda y generar mayor confianza en el sistema. Estos incentivos se ven reflejados en el cargo por confiabilidad al calcular el precio promedio diario.



Fuente: MME-CREG-XM

La formación del precio spot de la energía eléctrica en Colombia se realiza bajo la modalidad de subasta ascendente, en donde los generadores de energía ofertan precio y potencia de manera horaria hasta satisfacer la

demanda de la hora específica. Cuando la demanda es suplida en su totalidad, el último precio ofertado será el precio final de liquidación para los agentes que hayan ofertado durante la sesión horaria.



Fuente: Derivex

Al final del día se calcula un precio promedio de referencia para la energía eléctrica. Si bien para varios mercados energéticos como el de Estados Unidos y Colombia el precio diario es una media aritmética de los precios horarios generados a lo largo de una sesión, además de tener en cuenta el cargo por confiabilidad.

### 1. NORD POOL

El Nord Pool Spot es el mercado de energía eléctrica más grande del mundo, mide su volumen de transacciones en Twh (Terawatts/hora) y abarca más del 70% del consumo de energía eléctrica en todos los países nórdicos, y una participación superior al 20% para la mayoría de países de Europa.

Sus funciones:

- Provee un mercado líquido para la energía eléctrica.
- Provee información al mercado.
- Provee igualdad de oportunidades para todos los participantes.
- Es la contraparte central en todas las operaciones, garantizando el cumplimiento de las mismas.

La historia de este mercado aparece a continuación de acuerdo con una secuencia de tiempo:

- 1991: El mercado de energía eléctrica noruego es desregulado.
- 1993: Se establece Statnett Marked, red eléctrica Noruega.
- 1996: Se establece una unión conjunta entre Noruega y Suecia, la cual es nombrada Nord Pool.
- 1998: Finlandia se une al Nord Pool.
- 2000: El mercado nórdico se integra con la unión de Dinamarca.
- 2002: El Nord Pool se establece como compañía aparte.
- 2005: El Nord Pool abre filiales en Alemania.
- 2009: Se acopla el NPS con el mercado spot Alemán (EPEX).
- 2012: El NPS y NASDAQ OMX abren un mercado en el Reino Unido llamado N2EX.

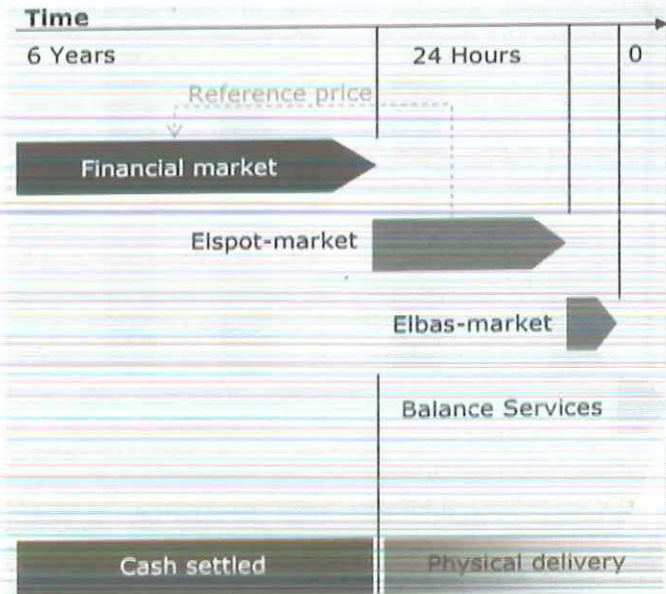
Los Mercados Existentes son:

- **Elspot-market:** Mercado spot para el comercio de energía en los países nórdicos. Se basa en un sistema de subastas para la entrega de la energía al día siguiente. Cubre a Noruega, Suecia, Finlandia, Dinamarca y Estonia. El 72% del consumo total de energía es intercambiado en este mercado.
- **Elbas-market:** Sirve como mercado de ajuste para Finlandia, Suecia, Noruega, Dinamarca y Alemania. Es un mercado de energía intradía donde se negocian contratos de una hora, hasta una hora antes de su entrega.



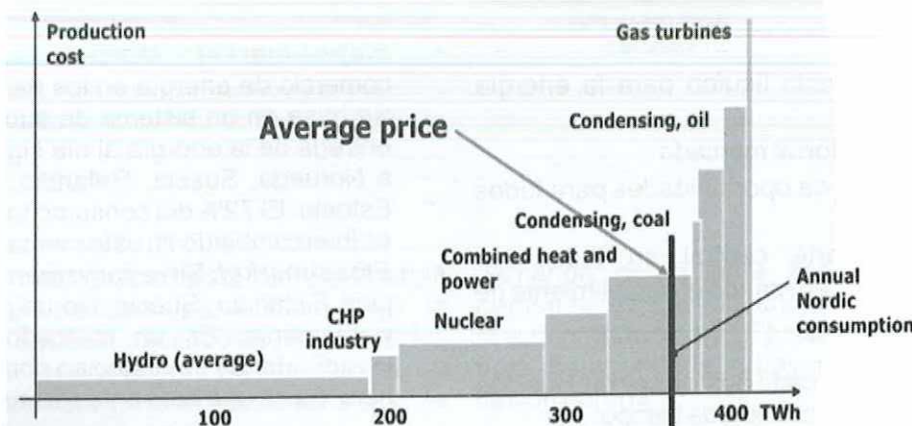
- **Servicios de Balance:** Ajustan la cantidad de energía que se entrega al usuario final.
- **Financial market:** Se negocian, futuros, forward y opciones sobre el precio del sistema.

Figura 1. Mercados Existentes



Los países participantes en EL SPOT, son:

Noruega	Suiza
Suecia	Italia
Finlandia	Francia
Dinamarca	Bélgica
Alemania	Reino Unido
Holanda	Estados Unidos



La determinación del precio de la energía corresponde al cálculo del precio, que está basado en criterios de bienestar social así como de cumplimiento a las reglas del mercado. Además, se busca maximizar el valor de la función objetivo sujeta a limitaciones físicas, tales como limitaciones de cantidad, balance del área y capacidad de transmisión.

$$Max \sum_n \left\{ \int_0^{d^a} D^a(x) dx - \int_0^{s^a} S^a(y) dy \right\}$$

Donde:

- a representa un área.
- $d^a$  es la demanda en el área a.
- $D^a$  es la función de demanda en el área a.
- $s^a$  es la oferta en el área a.
- $S^a$  es la función de oferta en el área a.

### 3. INGLATERRAY GALES

El mercado de energía eléctrica de Inglaterra y Gales es considerado el tercer mercado más importante de Europa. Antes de los años noventa estaba caracterizado por ser un mercado donde toda la energía era comerciada entre generadores y proveedores a través de un pool. La Central Electricity Generating Board (CEGB) fue la responsable de la generación de electricidad por casi 40 años, además de ser la encargada de producir, comprar, vender y entregar la energía eléctrica a doce empresas distribuidoras, las cuales, a su vez eran un monopolio para sus clientes.

En 1997 la generación y la transmisión son separadas y se desarrolla un sistema de mercado conocido como el "Pool" debido a que la estructura de mercado existente demostraba ser ineficiente, poco competitiva y susceptible de manipulación. Así, se da curso al New Electricity Trading Arrangements (NETA), promoviendo el mercado mayorista, ya que en este se pueden realizar contratos bilaterales entre generadores, proveedores, comercializadores y clientes, los cuales incluyen:

- 1) Mercados futuros que permiten contratos que varían desde un día en adelante hasta varios años.

- 2) Un mecanismo de balance mediante el cual la National Grid Company acepta las ofertas de energía para permitir balancear a los abastecedores y a la demanda en tiempo real.
- 3) Y esto se hace a través de un proceso de ajuste para hacer pagos y cobros a aquellos quienes no logren su consumo o producción de acuerdo con las mediciones, y para aclarar algunos otros costos referentes al balance del sistema.

Las actividades que desarrollan los participantes del mercado están divididas en:

- ✓ Generación: Estas compañías operan bajo licencias de generación.
- ✓ Transmisión: En Inglaterra y Gales está a cargo de la National Grid Company (Compañía de la Red Nacional), el cual como operador del sistema es el responsable de la programación y despacho de la generación para cubrir la demanda diaria.
- ✓ Distribución: Hace referencia a los responsables de la distribución dentro de sus áreas. Deben facilitar el acceso a sus redes a cualquiera que posea una licencia de proveedor.
- ✓ Comercialización: Compran la energía en el mercado mayorista, ya sea en la bolsa o realizando contratos bilaterales con los generadores, para luego venderla directamente a los usuarios finales.

La energía eléctrica es producida, transmitida y distribuida bajo el siguiente esquema: toda la energía se vende al pool y es comprada del pool, es decir, que todos los generadores participantes en el pool definen un precio de oferta y para determinar el precio Spot se deben tener en cuenta algunas variables que afectan al precio, como lo es el precio marginal del sistema, el cual es el pago que reciben los generadores del pool, dependiendo de las unidades asignadas. Mientras más cercano sea el precio que ofertan los generadores al precio marginal del sistema más ganancias pueden recibir, de modo que es muy importante predecir con cierta exactitud el precio marginal del día siguiente. El precio del mercado es acordado por adelantado con base en un estudio de asignación de unidades, a fin de minimizar los costos de producción. En este modelo se ignoran las restricciones de



transmisión, lo que sugiere que hay un mismo precio de la energía independientemente de la posición física del consumo porque se considera que no es responsabilidad de los generadores y los comercializadores. A causa de esto, muchos participantes se protegen con contratos para fijar estos desbalances a un precio preestablecido.

El precio promedio diario o PIP (Pool Input Price) en Inglaterra se calcula de la siguiente manera:

$$PIP = SMP * (1 - LOLP) + LOLP$$

Donde:

- ✓ SMP es el precio marginal de energía (System Marginal Price) o pago que reciben los generadores, dependiendo de las unidades asignadas.
- ✓ LOLP corresponde a la probabilidad de pérdida de carga. El cargo por capacidad tiene el propósito de asegurar que los proveedores entreguen un adecuado margen de seguridad con el fin de manejar las

variaciones inesperadas en la oferta y la demanda. La capacidad se paga a través del precio de la energía como un rubro adicional en cada hora.

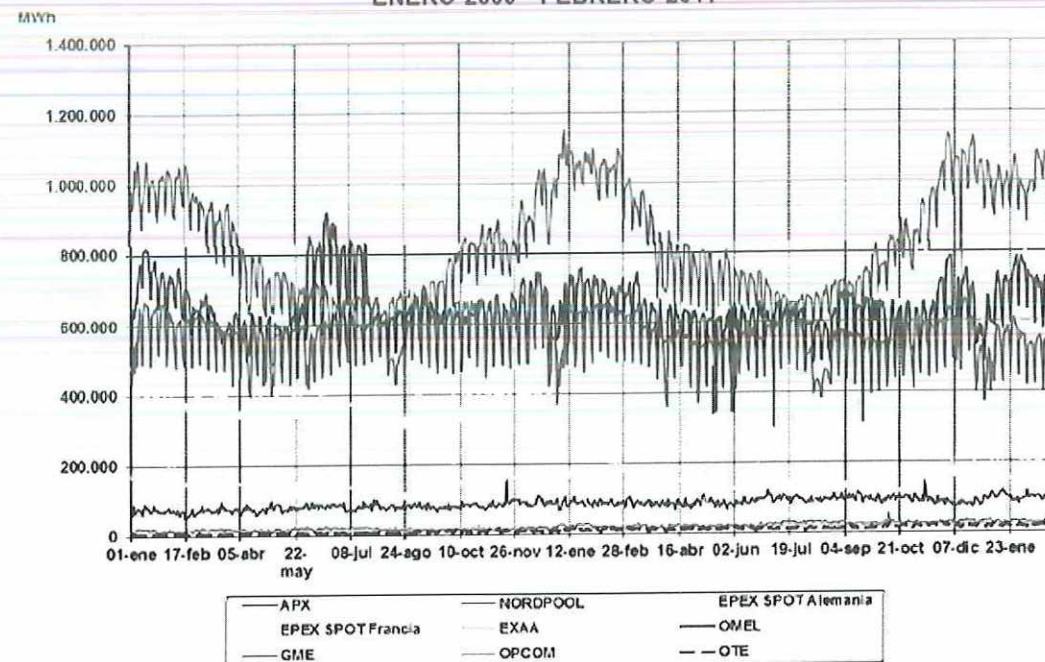
- ✓ VOLL es el valor de la energía no suministrada.

### 1. ESPAÑA

España es uno de los mercados eléctricos más grande de Europa, (ver Gráfico 1), con 14.942.995 transacciones, un volumen de negociación de 10.116 millones de Euros y con un total de energía negociada de 265.169 GWh, a 2010. El sistema eléctrico español está basado en fuentes de energía de carácter hidráulico, que corresponde a la principal fuente tecnológica de generación; así mismo, la producción de energía a base de carbón (térmica), corresponde a la segunda fuente de generación de energía eléctrica. Adicionalmente, se encuentran los sistemas de generación de energía nuclear, gas, eólica, ciclos combinados, entre otros.

Gráfico 1. Energía Mercados Europeos spot

ENERGÍAS MERCADOS EUROPEOS SPOT  
ENERO 2009 - FEBRERO 2011



Fuente: OMEL, Ciclo: Planificación Eléctrica. Madrid 30 Marzo 2011.

El proceso de energía eléctrica para España está conformado bajo agentes de generación, transporte, distribución y comercialización, quienes marcan todas las diferentes etapas concernientes al manejo de la energía eléctrica, a 2010 la cifra corresponde a 116 agentes compradores y 520 agentes productores.

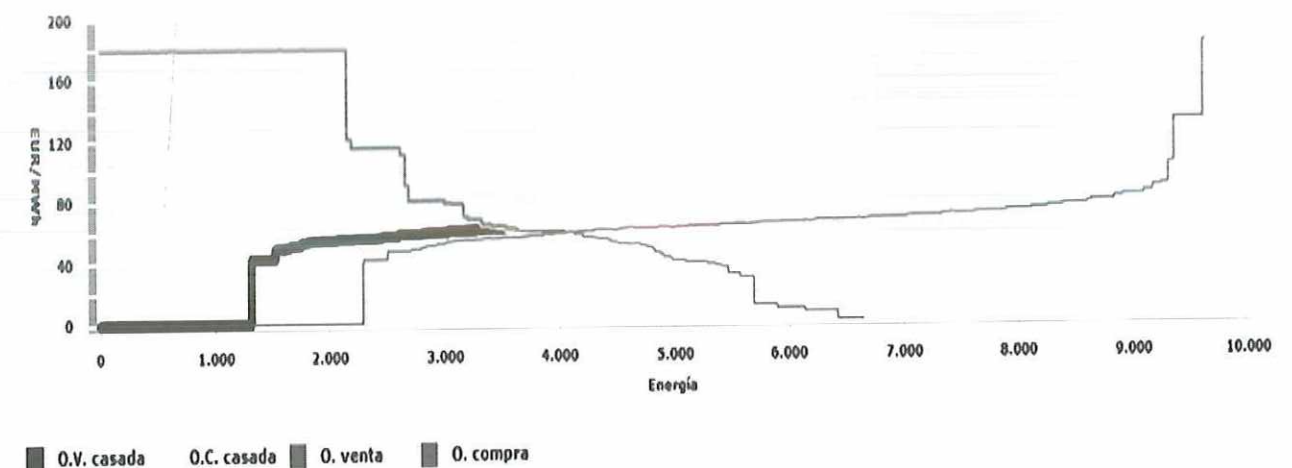
El mercado eléctrico español está manejado en torno a procesos técnicos de operación del sistema, que corresponden al mercado diario, mercados intradiarios, resolución de restricciones técnicas, servicios complementarios y gestión de desvíos, bajo el Real Decreto 1454/2005 de 2 diciembre de 2005 donde también se incorporan al mercado de producción los mercados a plazo. Así, todo el mercado se organiza de acuerdo con una secuencia de subastas.

El mercado diario concentra la mayor parte de las transacciones. Bajo lo dispuesto por el RD 54/1997 (ley del sector eléctrico) y de acuerdo a las normas de funcionamiento recogidas en la Regla del Mercado de Producción, el Operador del Mercado (OMEL), que es el encargado de gestionar procesos en condiciones de transparencia, objetividad e independencia, es quien recibe para cada tramo horario del día anterior al de la entrega

física de la electricidad, las ofertas de venta y compra de la misma donde se especifica el precio máximo o mínimo al que se está dispuesto a adquirir o a vender las cantidades propuestas, así como cualquier otra especificación pertinente. En estas participan unidades generadoras, agentes externos, distribuidores, comercializadores, autoprodutores con su energía excedente y consumidores calificados. Se pueden incluir ofertas de hasta 25 pares de precios y cantidades, siendo el comportamiento de las ofertas de venta crecientes, y las de compra, decrecientes.

OMEL, como operador del mercado, es el encargado de casar ofertas y demandas según un criterio de preferencia económica, siguiendo un orden de menor a mayor para las ofertas de venta y un orden inverso para las de compra. Las ofertas de compra con un precio superior al Precio Marginal (o mayor precio aceptado) y las ofertas de venta con un precio inferior, son casadas. Así ambas partes pagan o son remuneradas al precio marginal del sistema independientemente del precio al que hayan ofrecido, haciendo de este proceso una subasta de precios uniforme.

Gráfica 2. Curva agregada de oferta y demanda – Hora 12, sesión 1, 29 de agosto 2011.



Fuente: OMEL, resultados del mercado.



El precio final de la energía eléctrica incluye, además de los precios resultantes del mercado (precio de casación mercado diario y de los intradiarios, los costes de la solución de las restricciones técnicas, de los mercados de servicios complementarios y de los procesos de operación técnica), elementos fijados administrativamente, entre los que se destaca la *Garantía de Potencia*, que busca fomentar la disponibilidad de las unidades de producción y aumentar la inversión en activos de generación.

Finalmente, los criterios para calcular el precio final medio de la energía eléctrica en el mercado está dispuesto en el RD 1454/2005, donde se establece que la Comisión Nacional de Energía (CNE) es la encargada de calcular y publicar mensualmente los precios medios finales de la energía eléctrica, así como los índices correspondientes.

Así, se define la fórmula de cálculo a continuación:

$$PFM_h = PMD_h + \frac{IMMI_h - ENMI_h \times PMD_h}{ENMBC_h} + \frac{IMOSAJ_h - ENOSAJ_h \times PMD_h}{ENMBC_h} + \frac{IMDV_h - ENDV_h \times PMD_h}{ENMBC_h} + \frac{IMRRTT_h - ENRRTT_h \times PMD_h}{ENMBC_h} + \frac{IMBS_h}{ENMBC_h} + \frac{IMGP_h}{ENMBC_h}$$

Donde:

- PMD es el precio marginal del mercado diario.
- ENMI es la suma de las energías de las unidades negociadas en el mercado intradiario.
- IMMI es el importe de valorar las energías al precio de la correspondiente sesión del mercado intradiario.
- ENOSAJ es la suma de las energías de las unidades negociadas en los mercados de servicios de ajuste del sistema a excepción del mercado de restricciones técnicas.
- IMOSAJ es el importe de valorar las energías al precio correspondiente de cada mercado de servicios de ajuste del

sistema a excepción del mercado de restricciones técnicas.

- ENDV es la suma de las energías de las unidades correspondientes al desvío medido.
- IMDV es el importe de valorar los desvíos al precio del desvío.
- ENRRTT es la suma de las energías de las unidades negociadas en el mercado de restricciones técnicas.
- IMRRTT es el importe de valorar las energías al precio de restricciones técnicas.
- IMBS e IMGP son respectivamente el coste de la banda de secundaria y de la garantía de potencia.
- ENMBC es la suma de la energía medida en barras de central.

$$ENMBC_h = ENMD_h + ENMI_h + ENOSAJ_h + ENDV_h + ENRRTT_h + ENCB_h$$

Se cumple que:

- ENMD es la suma de las energías de las unidades negociadas en el mercado diario.
- ENCB es la suma de energías negociadas mediante contratación bilateral.

## 1. ARGENTINA

El sector eléctrico argentino se encontraba estructurado de una forma vertical, es decir, que las empresas desarrollaban todo el tipo de segmentación; generaban energía, la transportaban y la distribuían. Después de la transferencia de instituciones privadas con carácter monopólico, el Estado retira su papel de empresario para poder convertirse en un regulador y proteger los intereses de los usuarios. La generación de la energía se empieza a visualizar dentro de un sistema competitivo con múltiples operadores, mientras que el transporte y distribución son caracterizados como servicios públicos evitando una posición dominante en el mercado (régimen de la energía eléctrica Artículo 1° de la Ley 24.065)

Para el sistema tarifario de la energía eléctrica, que actualmente se rige mediante la resolución 137/92 de la Secretaría de Energía, en el sistema tarifario se incorporan factores como:

- El costo marginal de generación, el cual se relaciona con el costo de la máquina térmica más costosa y que se necesita para activar y cubrir las necesidades en cualquier momento.
- El costo de potencia disponible, es asociado con el conocimiento de los costos fijos más un margen de reservas
- El costo por riesgo de falla de suministro se asocia con el precio que están dispuestos a pagar los consumidores para evitar cortes.
- El costo de transporte de energía es un factor más complejo que se asocia con la capacidad, las pérdidas y la transmisión de energía puesto que se puede incurrir en deficiencias o irregularidades durante su transporte.

Para el cálculo de las pérdidas en este proceso se dispone de un factor nodo o factor de pérdidas; cada nodo ha sido establecido con un precio, la relación entre precio del nodo y precio en el centro de carga es el factor nodo. Algunas metodologías de cálculo son el *Factor Nodo Estacionales* y *Factores de Nodo Spot*, el primero busca el precio y los factores nodos

correspondientes a lo largo de todo el trimestre, se presentan periodos picos, valle y resto para determinar flujos de cargas. Por otra parte, en el factor nodo spot los precios de los generadores no son constantes. El método fija el precio horario de la energía que corresponde al precio marginal, es decir, el precio del próximo kWh referido al centro de carga del sistema. Este precio es conocido como Precio del Mercado (PM).

El costo de transporte está dado por un cargo variable, cargo fijo por conexión y cargo fijo por capacidad de transporte. Los cargos variables por pérdidas pueden ser:

- Remuneración por pérdidas: se refiere a la diferencia de valor de la energía desde un nodo receptor y un nodo emisor es la pérdida de energía en el transcurso del transporte de un punto a otro.
- Remuneración por contingencias: está relacionado con la diferencia entre el precio de la potencia del centro de cargas y cada uno de los nodos.

Algunos cargos fijos relacionados con el transporte; cada transformador o línea de una red cuenta con un monto fijo horario a cobrar, el cual está determinado en una tabla de cargos. Los cargos fijos de conexión y transformación son asignados al transporte, se establece en cada estación transformadora a quienes son los usuarios para el cargo complementario.



Características de generación	Tipo de Mercado	Características de Mercado	Tipo de Remuneración	Características de Remuneración	Continuidad del Servicio
-Noruega 99% hidroeléctrica -Dinamarca 88% Termoeléctrica -Finlandia: Termoeléctrica 50% Nuclear 31%	-Contratos Financieros y físicos	-Los participantes pueden presentar ofertas horarias y demanda el mercado del día siguiente	-Mercado de solo energía sin cargo por capacidad	-Los generadores ofrecen energía a un precio de mercado  -Se benefician la estructura cuando Cmg < Precio de Mercado	-La presentación de servicios es sin interrupción ya que se considera las centrales de cada país
-Térmicas y de cogeneración: Carbón 26%, gas 18% -Hidráulica 38% -Nuclear 18% -Centrales de Energías Renovables -Hidráulica 77% -Térmica 18% -Interconexiones (Ecuador, Venezuela)	-Contratos Bilaterales Físicos de Mediano y Largo Plazo -Mercado Diario e Intradía	-Se presentan Ofertas Simples (para cada horario y unidad de producción se estipula un precio y cantidad de energía)  -Ofertas Complejas (se incorporan elementos adicionales como ingresos mínimos, gradiente de carga) -Un cargo por capacidad es agregado al precio final de energía	-Garantía por capacidad	Este pago se remunera en función de la capacidad disponible, haya o no entrada en funcionamiento. La retribución es anula y distribuida proporcionalmente de acuerdo a: -Coeficiente de disponibilidad de la unidad  -Potencia Equivalente	-Su presentación de servicios es continua, por las diferentes centrales de generación que tiene
-Hidroeléctricas 2% -Térmicas (Carbón 34%, gas 31%) -Nuclear 25%	-Contratos Bilaterales	-Los generadores deben presentar ofertas horarias al operador del sistema, el cual debe reflejar el costo variable de generación.  -Un cargo por confiabilidad es agregado al precio final de energía	-Cargo por Confiabilidad	-Generador Oferta al regulador "Obligaciones de energía firme" pagadas a un precio fijo determinado en un proceso de subasta. El regulador calcula la curva de demanda de Energía para la subasta y asigna los pagos de consumo en un cargo por confiabilidad.	-Su presentación de servicios es continua y confiable, a diferencia del cargo por capacidad
	-Mercado Conocido como Pool donde se realizan transacciones de contratos financieros como: Contratos por diferencia y Forwards.	-Los generadores presentan ciertas normas múltiples y no firmes. El pago por precio Marginal del sistema y cargo por capacidad se calcula según la demanda pronosticada.	-Cargo por Capacidad	-El pago por capacidad remunera la generación con el valor esperado del precio de la energía a cada hora calculada la probabilidad de perder carga por métodos probabilísticos.  Las centrales hidroeléctricas facilitan el cálculo LOLP, porque su aportación es mínima.	-Su presentación de servicios es continua.

Fuente: Elaboración Propia

**CUADRO RESUMEN FORMACIÓN DEL PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DIARIA ALREDEDOR DEL MUNDO**

**REGULACIÓN INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA**

Es generalidad para los países industrializados que surjan organismos que se encarguen de regular y verificar el cumplimiento de las normas básicas internacionales, en cuanto a la generación, transporte, distribución y comercialización de la energía eléctrica. Dichos entes reguladores se han clasificado en cuatro grandes grupos, los cuales se diferencian principalmente en las competencias que se les asignan y el grado de independencia que tienen. Dichos grupos son:

- **Los Reguladores independientes:** Poseen responsabilidades compartidas y separadas de los Ministerios competentes en el sector energético. Ejercen poderes ejecutivos como el establecimiento de las condiciones de acceso a la red, los peajes y las tarifas finales. Poseen asimismo poder sancionador y de arbitraje.
- **Los Reguladores independientes consultivos:** Son organismos autónomos e independientes del Ministerio, de consulta obligada aunque no decisoria excepto en ciertos casos como el arbitraje.
- **Los Reguladores ministeriales:** Son organismos subordinados al Ministerio competente, con análogas funciones a las mencionadas en los apartados anteriores y poseen autonomía en la gestión diaria de sus actividades.
- **Las Autoridades de competencia:** Ejercen la labor de vigilancia del funcionamiento del mercado en condiciones de competencia, mediante una regulación ex-post o ex-ante. En ciertos casos incluyen al regulador energético o pueden existir solapes entre las funciones de éste último y las de la autoridad de competencia.

Las características principales de estos entes reguladores son:

- La autonomía, la independencia y la necesidad de rendición de cuentas.
- Son entidades públicas, con responsabilidades compartidas (a veces solapadas) con los Ministerios y las autoridades de competencia.

- Poseen poderes judiciales o cuasi-judiciales, al compartir funciones legislativas, ejecutivas y judiciales.
- La independencia regulatoria se manifiesta también frente a las partes interesadas (industria y consumidores), frente a las políticas a corto plazo (económico y social) y a grupos de interés.

**Principales entes Reguladores de América y Europa**

**1. Europa, Ley N54 de 1997**

Es el actual marco legal para la regulación de la energía eléctrica en la Unión Europea, permite la creación de diferentes entes regulatorios para cada país, sujetos a las normas de la unión, se fundamenta bajo los principios de transparencia, libre competencia y liquidez del mercado. Está enfocada en responder a los cambios macroeconómicos y a las necesidades de los demandantes, estableciendo las condiciones de la oferta de energía.

**2. México, Comisión de Regulado de la Energía (CRE)**

Nace a partir de la creación de la ley de servicios públicos de energía eléctrica y tiene por objeto promover el desarrollo eficiente de las siguientes actividades:

- El suministro y venta de energía eléctrica a los usuarios del servicio público.
- La generación, exportación e importación de energía eléctrica, que realicen los particulares.
- La adquisición de energía eléctrica que se destine al servicio público.
- Los servicios de conducción, transformación y entrega de energía eléctrica, entre las entidades que tengan a su cargo la prestación del servicio público de energía eléctrica y entre éstas y los titulares de permisos para la generación, exportación e importación de energía eléctrica.

**3. Colombia , Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG)**

La Comisión de Regulación de Energía y Gas



(CREG) es la encargada de reglamentar, a través de normas jurídicas, el comportamiento de los usuarios y las empresas con el objetivo de asegurar la prestación de estos servicios públicos en condiciones de eficiencia económica con una adecuada cobertura y calidad del servicio.

Figura 2. Estructura Sistema energético Colombiano



**1. Estados Unidos , Comisión Federal Reguladora de la Energía (FERC)**

La Comisión Federal Reguladora de la Energía (FERC) es una agencia reguladora independiente adscrita al Departamento de Energía (DOE), está compuesta de cinco miembros, los cuales son nombrados por el Presidente de EE.UU con previa aprobación del Senado. Su función tiene por objeto regular el transporte y la venta al por mayor de electricidad para el comercio interestatal, que incluye:

- La aprobación de tarifas eléctricas de ventas en el mercado interestatal al por mayor.
- La aprobación de tarifas para el transporte de electricidad interestatal.
- La aprobación de operadores de mercado, pools de energía y operadores de sistemas.
- La supervisión de los procesos de fusión.
- La revisión de las relaciones entre directivos de compañías energéticas con compañías proveedoras de servicios/negocios.
- La certificación de status de pequeños productores y cogeneradores.

**CONCLUSIONES**

- En el caso colombiano, debido a la dependencia de fuentes hídricas para la

generación de energía, el precio de la energía eléctrica muestra altas volatilidades históricas, ya que fenómenos climáticos generalmente afectan el nivel de embalses nacional, acudiendo en casos de escasez a las fuentes de generación térmica, la cual es mucho más costosa que la anterior derivando en mayores fluctuaciones del precio.

- Debido a las altas volatilidades registradas por el precio de la energía eléctrica en Colombia, se hace pertinente la utilización de productos derivados que tengan como subyacente este mismo, para así generar estrategias de cobertura adecuada para los agentes participantes del mercado energético ante las grandes fluctuaciones de este commodity energético.
- Para la adecuada formulación de estrategias de cobertura para el precio de la energía eléctrica en Colombia, fue pertinente desarrollar un modelo de medición de la volatilidad del mismo, el cual ofrece información valiosa y útil a la hora del análisis de riesgo y toma de decisiones por parte de los agentes participantes en el mercado energético colombiano.