



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**UN MODELO DINÁMICO RIESGO-RENDIMIENTO CON
DIVERSIFICACIÓN ÓPTIMA DE ACTIVOS FINANCIEROS E INMOBILIARIOS**

TESIS

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS DE LA VALUACIÓN

PRESENTA

HUMBERTO UEHARA GUERRERO

DIRIGIDO POR

DR. EUSEBIO JR. VENTURA RAMOS

QUERÉTARO, QRO., DICIEMBRE 2013.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA VALUACIÓN**

**UN MODELO DINÁMICO RIESGO-RENDIMIENTO CON DIVERSIFICACIÓN
ÓPTIMA DE ACTIVOS FINANCIEROS E INMOBILIARIOS**

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Ciencias de la Valuación

Presenta:
Humberto Uehara Guerrero

Dirigido por:
Dr. Eusebio Jr. Ventura Ramos

Dr. Eusebio Jr. Ventura Ramos
Presidente

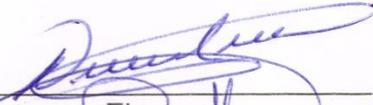
M.C. Miguel Prado Armenta
Secretario

M.C. Estefanía de la Luz Flores Benítez
Vocal

M.C. Ruy J. Madero García
Suplente

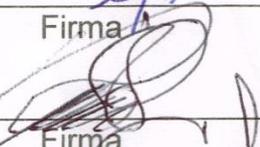
M.C. Marcial Lugo Guerrero
Suplente

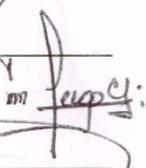
Dr. Aurelio Domínguez González
Director Facultad de Ingeniería

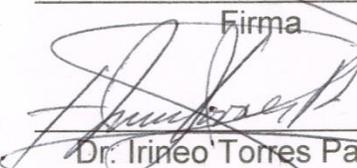

Firma


Firma


Firma


Firma


Firma


Firma

Dr. Irineo Torres Pacheco
Director de Investigación y Posgrado

Resumen

Muchos inversores piensan que las inversiones inmobiliarias son de bajo riesgo, pero no es así. El colapso financiero mundial de 2008 llevó a la quiebra a Lehman Brothers Holdings Inc., además de haber causado pérdidas multimillonarias a bancos y compradores de viviendas. Las tasas de interés hipotecario históricamente bajas y las opciones de préstamo demasiado flexibles impulsaron la participación de especuladores y compradores de una segunda vivienda, aumentaron así los precios de las viviendas de manera artificial. Este fenómeno dio origen al estallamiento de la burbuja inmobiliaria.

A partir de las quiebras de Lehman Brothers y de AIG, la aseguradora más grande de Estados Unidos, quedó de manifiesto que el problema pasó de ser una crisis de liquidez (caracterizada por la falta de crédito de corto plazo) a una crisis de insolvencia, en la que varias agencias financieras no pudieron hacer frente al pago de sus obligaciones, por lo que se declararon en bancarrota.

En 2007, los modelos de administración de riesgos indicaron que las probabilidades de incumplimiento de las instituciones financieras eran mínimas. Sin embargo, Marco Avellaneda -eminente matemático de la Universidad de Nueva York y experto en modelos de riesgos financieros- argumentó que la gran falla de dichos modelos radicó fundamentalmente en que omitieron una variable principal que afecta la salud de un portafolios, la liquidez o la capacidad de un mercado para equilibrar las fuerzas entre compradores y vendedores.

Partiendo de dicha premisa, el autor estableció una analogía entre la hidráulica y las finanzas, a través de una red de embalses interconectados, los que son llenados con agua (influjo o premio) o drenados (eflujo o penalización) durante la simulación del movimiento de flujos de gastos y beneficios generados durante la construcción de un desarrollo habitacional. El presente modelo sí toma en cuenta la liquidez.

Utilizando procesos estocásticos Markovianos, fue posible internalizar las externalidades (pronósticos del índice inflacionario; PIB construcción y rendimientos del mercado inmobiliario). Además, fue factible medir y controlar el riesgo de liquidez; riesgo de mercado, así como calcular la probabilidad de ocurrencia del riesgo de insolvencia, tomando en cuenta la actitud del inversor hacia el riesgo; la volatilidad esperada y la incertidumbre o – peor fantasma del mercado-. Se espera que el presente modelo constituya una herramienta útil al evaluador de proyectos, con la finalidad de que el inversionista pueda obtener la máxima rentabilidad con el mínimo riesgo, durante la fase de planeación y diseño de su presupuesto de capital.

Palabras clave: flujos netos de efectivo; liquidez; oscilación de columnas líquidas; TMAR; procesos estocásticos Markovianos; riesgo de liquidez; riesgo de mercado; riesgo de insolvencia; volatilidad esperada; incertidumbre; presupuesto de capital.

SUMMARY

Many investors believe that real estate investment is a non-risky venture. However, that it is not true. The global financial collapse in 2008, left Lehman Brothers Holding Inc., bankrupted, leading to millions of dollars' worth of losses to banks and homeowners alike. Historically, low mortgage rates and flexible lending options fueled the participation of speculators and second-home buyers in the housing market, artificially inflating home prices. This phenomenon gave rise to the burst of the real estate bubble.

After the collapse of Lehman Brothers and AIG, the largest insurance company in USA, the problem evidently switched from a liquidity crisis (characterized by a shortage of short term credit) to an insolvency crisis, in which various financial agencies could not meet their payment obligations and were forced into bankruptcy.

In 2007, the risk management models indicated that the default probabilities of various financial institutions were at a minimum. Nevertheless, Marco Avellaneda, an outstanding mathematician at New York University and an expert on financial risk, stated that the aforementioned models failed to include one main variable which affects the health of a portfolio, "liquidity", the so called capability of a market to match the economic forces between purchasers and sellers.

With this context in mind, the author establishes an analogy between hydraulics and finance, proposing a network of interconnected reservoirs that are filled with water (influx or premium) and drained (efflux or punishment) to simulate the movement of cash flow generated by the expenses and benefits of a housing development project. The present model simulates liquidity using oscillating liquid columns which represent the variation of possible profits and losses an investor will face during the considered evaluation period.

By using Markov Stochastic Processes, it is possible to introduce the exogenous variables into the model (such as inflation rate; PIB construction output index and market return for housing development). Thus, it is feasible to measure and control the liquidity risk; market volatility risk (besides calculating the likelihood of insolvency risk); and take into account the investor's attitude towards risk as well as the expected uncertainty in the market ("worst market ghost").

It is expected that the present mathematical model will constitute a useful tool for project evaluation advisors for investors, particularly during the planning and design stage of their investor's capital budget, when they are eager to obtain the maximum investment return with minimum financial risk.

Keywords: Cash flow; liquidity; liquid column oscillation; Markov stochastic processes; liquidity risk; market volatility risk; insolvency risk; uncertainty and budget capital.

Agradecimientos

A Dios por colmarme de buena salud e inspiración para la realización del presente trabajo.

A mis padres Humberto y María Guadalupe por haberme legado su mejor regalo: mi educación...A mis hermanos...

A Iliana y a mis hijos Naoki y Kento por su cariño; a mi hija Midori por su frase alentadora que me hizo sacar la casta: - *Ánimo con tu tesis, papi* -...A mi primo Dr. José Uehara por ser mi gran médico de cabecera...

A mi abuelo Tetsuya Uehara (q.e.p.d.); a mi padre japonés Kanji Shimizu y a mi tío Dr. Juan García Ramos (q.e.p.d.), por haberme contagiado su espíritu de investigación...

A mis colaboradores Edgardo Rocha; Felipe Romero; Magdalena García; Israel Luna; Jesús Briseño; Saydeth Ledesma, Israel Ruiz, Marcela Olvera y Claudia Arredondo por su gran ayuda incondicional durante el desarrollo del presente trabajo.

Al Dr. Herminio Blancarte, quien me indicó la directriz matemática para abordar mi problema por resolver. Al Dr. Diego Arturo López de Ortigosa y Dra. Nora Gavira, por sus valiosas sugerencias para mejorar el capítulo de la hipótesis.

A mi director de tesis, Dr. Eusebio Ventura, cuyo análisis crítico contribuyó al buen funcionamiento de mi modelo hidráulico...

A mis sinodales M.C. Ruy Madero; M.C. Marcial Lugo; M.C. Miguel Prado y M.C. Estefanía Flores por sus valiosas enseñanzas. Agradezco, asimismo, al M.C. Diego Sancén y al M.C. Fernando Romero por su orientación académica...

A mis profesores de los diplomados en “Avances Recientes en Productos Derivados y Administración de Riesgos.-SMM”; “¿Cómo invertir en bolsa.-BMV ?” e “Ingeniería Financiera.-UNAM”, por haber despertado mi interés en la administración de riesgos...

A la Facultad de Ingeniería, de mi *alma mater*, en cuyas aulas recibí una sólida formación académica, que deseo retribuir algún día, enseñando a los estudiantes el arte de la “evaluación económico-financiera de proyectos de inversión”...

Índice

Resumen	<i>i</i>
SUMMARY	<i>ii</i>
Agradecimientos	<i>iii</i>
Índice	<i>iv</i>
Índice de Tablas.....	<i>vi</i>
Índice de Figuras	<i>viii</i>
I. INTRODUCCIÓN	<i>10</i>
II.- ESTALLIDO DE DOS BURBUJAS, UNA ASOCIADA CON TULIPANES Y OTRA CON HIPOTECAS.....	<i>15</i>
II.1 “LA TULIPANOMANÍA”.....	<i>15</i>
II.2 “LAS HIPOTECAS SUBPRIME”	<i>16</i>
II.3 LA INCREÍBLE DINÁMICA DEL MERCADO HIPOTECARIO Y LOS PELIGROSOS CRÉDITOS SUBPRIME.....	<i>19</i>
II.4 LA FÓRMULA SECRETA QUE DESTRUYÓ WALL STREET.....	<i>23</i>
III.- CRISIS ACTUAL DE LAS GRANDES DESARROLLADORAS DE VIVIENDA EN MÉXICO. ...	<i>28</i>
III.1 ¿QUÉ ES UNA RECESIÓN?	<i>28</i>
III.2 DESEMPEÑO DEL ÍNDICE HABITA.....	<i>28</i>
IV.- CRÍTICA DEL ENFOQUE ACTUAL DE ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS.....	<i>31</i>
IV.1 ORIGEN DE LA PALABRA RIESGO.	<i>31</i>
IV.2 CRÍTICA DE LA TEORÍA ACTUAL DEL RIESGO.....	<i>31</i>
V.- HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	<i>34</i>
V.1. HIPÓTESIS	<i>34</i>
V.2. OBJETIVOS	<i>34</i>
VI.- METODOLOGÍA DEL “MODELO UEHARA”.....	<i>35</i>
VI.1 ANALOGÍA HIDRÁULICA – FINANCIERA.....	<i>35</i>
VI.2 ESTRUCTURA GENERAL DEL MODELO UEHARA.	<i>36</i>
VI.3 MOVIMIENTO BROWNIANO GEOMÉTRICO Y PROCESOS ESTOCÁSTICOS MARKOVIANOS.	<i>40</i>
VI.4 INTERNALIZACIÓN DE LAS VARIABLES EXÓGENAS.....	<i>41</i>
VI.5 CÁLCULO DE LA <i>T_{MAR}</i> GLOBAL MIXTA O TASA DE RIESGO ESPERADA POR EL PROYECTO. PREMIO Y/O CASTIGO POR RIESGO DE LIQUIDEZ.....	<i>44</i>
VI. 6 OBTENCIÓN DEL PREMIO POR RIESGO DE MERCADO.....	<i>46</i>

VI.7 MEDICIÓN DEL RIESGO DE INSOLVENCIA EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DE UN FRACCIONAMIENTO.....	48
VI.9 ¿QUÉ ES PRIMERO, LA BOLSA O EL PIB?.....	51
VI.10 ESTRUCTURA DE CAPITAL ÓPTIMA Y VALOR DE LA EMPRESA.....	52
VI.11.- EJEMPLO DE APLICACIÓN (CORRIDA FINANCIERA DE UN FRACCIONAMIENTO CON MEDICIÓN DE RIESGOS).....	55
VII. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	60
REFERENCIAS:.....	73
ANEXOS.....	77
ANEXO 1: Cuestionario del Inversionista.....	77
ANEXO 2: Calendario de ingresos y egresos del proyecto (cantidades en millones de pesos, 2012-2013).....	81
APÉNDICE MATEMÁTICO.....	83
Ecuación 6.3:.....	83
Ecuación 6.5:.....	84
Ecuaciones 6.7 ^a , 6.7b y 6.7c:	85
Ecuación 6.7d:.....	86
Ecuación 6.14:.....	87
Ecuación 6.18:.....	89
INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE LA CARTERA EFICIENTE	91
APLICACIÓN DEL PRESENTE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN A LA VALUACIÓN INMOBILIARIA.....	93

Índice de Tablas

Tabla.

6.1 TMARobj definida según la tolerancia al riesgo del inversionista.	37
6.2 Obtención de CCPP para Consorcio A en el año 2011.....	52
6.3 Valuación de acciones comunes.	54
6.4 Obtención VPN, FNE, ingresos y egresos.	56
6.5 Costos de capital y TMARgm ponderada.	57
6.6 Probabilidades calculadas a partir de la ecuación de procesos estocásticos Markovianos.	58
6.8 TMARgm mensual esperada.	59
6.9 Probabilidades límite.	59
7.1 Combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.	63
(Escenario intermedio con perfil del inversionista= 1).....	63
7.2 Resultados de la combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo. (Escenario intermedio con perfil del inversionista =1).....	63
7.3 Combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.	64
(Escenario intermedio con perfil del inversionista = 2).	64
7.4 Resultados de la combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo. (Escenario intermedio con perfil del inversionista =2).....	64
7.5 Combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.	65
(Escenario intermedio con perfil del inversionista =3).....	65
7.6 Resultados de la combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo. (Escenario intermedio con perfil del inversionista =3).....	65
7.7 Combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.	66
(Escenario optimista con perfil del inversionista= 1).	66
7.8 Resultados de la combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo. (Escenario optimista con perfil del inversionista= 1).	66
7.9 Combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.	67
(Escenario optimista con perfil del inversionista= 2).	67
7.10 Resultados de la combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo. (Escenario optimista con perfil del inversionista= 2).	67
7.11 Combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.	68
(Escenario optimista con perfil del inversionista= 3).	68

7.12 Resultados de la combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo. (Escenario optimista con perfil del inversionista= 3).	68
7.13 Combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo. (Escenario pesimista con perfil del inversionista= 1)..	69
7.14 Resultados de la combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo. (Escenario pesimista con perfil del inversionista= 1).	69
7.15 Combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo. (Escenario pesimista con perfil del inversionista= 2).	70
7.16 Resultados de la combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo. (Escenario pesimista con perfil del inversionista= 2).	70
7.17 Combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo. (Escenario pesimista con perfil del inversionista= 3).	71
7.18 Resultados de la combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo. (Escenario pesimista con perfil del inversionista= 3).	71

Índice de Figuras

Figura.

1.1. Modelo de Phillips.	13
2.1 Red financiera global, 2005.	17
2.2 Los desplomes de las principales bolsas del mundo.	18
2.3 Comportamiento real de la bolsa de valores de Nueva York y del mercado inmobiliario de Estados Unidos, 2000-2009/1.	22
3.1. Estado actual de las viviendas hipotecadas, tomada de la revista Obras, Septiembre 2013.	30
6.1 Esquema de analogía del sistema hidráulico-financiero.	39
6.2 FDP del riesgo de volatilidad inflacionaria.	43
6.3 FDP del riesgo de volatilidad del PIB construcción.	43
6.4 FDP del riesgo de volatilidad del mercado (inmobiliario).	44
6.5 A mayor velocidad de flujo menor carga de presión y viceversa, hecho que descubrió Daniel Bernoulli (1700-1782).	45
6.6 Comportamiento de los tres rendimientos.	46
6.7. Diagrama de probabilidades de transición en los conductos y probabilidades límite en los embalses que contienen los activos líquidos.	50
6.8 Relación estadística entre el IPyC y el PIB. Fuente: (Gutiérrez, Agosto 2010).	51
6.9 Volatilidad de los títulos accionarios durante 2012.	53
7.1 Tirante crítico producido con la mínima energía específica.	60
7.2 Combinación óptima de activos riesgosos. (Escenario intermedio con perfil del inversionista = 1).	63
7.3 Combinación óptima de activos riesgosos. (Escenario intermedio con perfil del inversionista =2).	64
7.4 Combinación óptima de activos riesgosos. (Escenario intermedio con perfil del inversionista= 3).	65
7.5 Combinación óptima de activos riesgosos. (Escenario optimista con perfil del inversionista= 1).	66
7.6 Combinación óptima de activos riesgosos. (Escenario optimista con perfil del inversionista= 2).	67
7.7 Combinación óptima de activos riesgosos. (Escenario optimista con perfil del inversionista= 3).	68
7.8 Combinación óptima de activos riesgosos. (Escenario pesimista con perfil del inversionista= 1).	69

7.9 Combinación óptima de activos riesgosos. (Escenario pesimista con perfil del inversionista= 2).	70
7.10 Combinación óptima de activos riesgosos. (Escenario pesimista con perfil del inversionista= 3).	71
A. Tasa de interés de mercado para diversas volatilidades y perfil de inversionista moderado (2).	87
B. Una fuente (a) y un sumidero (b).	87
C. Vaciado entre dos esclusas.	89
D. Parábola de posibles combinaciones Riesgo-Rendimiento.	92

I. INTRODUCCIÓN

Las finanzas difieren de la Física en que ningún modelo matemático puede captar la multitud de factores económicos en mutación continua responsables de las grandes perturbaciones del mercado. En el mundo académico los paralelismos entre física y finanzas se toman a veces con literalidad. Kirill Ilinski, de la Universidad de Birmingham, se ha servido de la teoría de electrodinámica cuántica de Feynman para modelar la dinámica de los mercados, y se ha valido de nociones cuántico-electrodinámicas para deducir la ecuación de Black-Scholes.

Ilinski reemplaza el campo electromagnético que controla la acción de las partículas cargadas, por lo que él llama “un campo de arbitraje”, que puede describir las variaciones en los precios de las opciones y de las acciones. Se denomina arbitraje a la transacción que alinea el valor de las acciones y la cartera de opciones (Stix, 1998).

El autor incluyó en la sección III.4 un análisis de la fórmula secreta que destruyó Wall Street en 2008, misma que fue desarrollada por el matemático chino, Dr. David X. Li.

De acuerdo con Marco Avellaneda, matemático de la Universidad de Nueva York y experto en modelos de riesgos financieros, un grave problema fue que los modelos omitieron una variable principal que afecta la salud de un portafolios, la liquidez o la capacidad del mercado para equilibrar la interrelación entre compradores y vendedores (Freedman, 2011).

Cualquier modelo no predirá lo que pretende si adolece de una variable relevante. Así, una ecuación que predice el riesgo de retraso de un vuelo aéreo dejará de ser confiable si carece de un término matemático que represente la influencia del clima en dichos eventos. En los modelos que pronostican el clima, a menudo se suelen ignorar los términos que toman en cuenta la influencia de las nubes, las que controlan el 60% del clima (Freedman, 2011).

Es sorprendente cómo las matemáticas penetran las leyes naturales. También fascina cuánto ha influido en las matemáticas entender la física. Pensemos en Newton, quien inventó el cálculo para entender la astronomía (Gordon, 2009).

El autor ideó un modelo hidráulico para entender cómo funcionan las finanzas, que partía de la hipótesis de que los flujos monetarios presentan elementos en común con los flujos hidráulicos, tal como se describirá más adelante.

Todo proyecto racional nace a partir de una fuente de inspiración, la primera de ellas es el ecosistema de los “*cenotes de Yucatán*”, explorados por el autor mediante práctica de buceo hacia el año de 1992, para constatar que esta maravilla de la madre naturaleza se comporta como un sistema de vasos comunicantes (pozos sagrados) que están interconectados por un entramado de laberínticos túneles (tuberías o conductos) y desemboca hacia el mar Caribe.

El equilibrio de este interesante sistema hidrodinámico está gobernado por una *ecuación de oscilaciones piezométricas* (Jaeger, 1955), que en este trabajo de tesis fue transformada a una expresión análoga financiera; considerando que ambos comportamientos presentan semejanzas en diversas variables tales como: fluctuación de columnas líquidas (variación de rendimientos); caudales (flujos de efectivo); vasos (depósitos bancarios temporales); aportaciones externas (premio o ganancia de liquidez); fugas (penalización o pérdida de liquidez); válvulas (cierre controlado de aberturas para controlar la rapidez de flujos de caja) y otras más que serán explicadas en el marco teórico del presente trabajo.

En la séptima edición de su libro “Evaluación de Proyectos”, publicado en 2013, el Profesor Baca Urbina redactó que los investigadores financieros se han dado cuenta que medir el riesgo no es una tarea sencilla. Con todo y que fue un hueso duro de roer, el autor desafió este problema, dándose a la tarea de desarrollar una metodología que pudiera medir y controlar el riesgo de liquidez; riesgo de insolvencia y riesgo de mercado para proyectos de inversión inmobiliaria

(fraccionamientos y condominios), ejecutados por empresas que cotizan o no en la BMV.

La segunda fuente de mi inspiración consistió en el modelo hidráulico sobre la circulación monetaria en Estados Unidos, invento de Philips y Newlyn, publicado en el libro de este último, en 1962. El principal arquitecto de dicho modelo fue A.W.H. Phillips, ingeniero eléctrico neozelandés quien además estudió economía.

La simulación hidráulica de la economía tiene sentido solamente si uno cree que la circulación monetaria a través de una economía nacional, obedece leyes matemáticas como aquellas que gobiernan los fluidos reales y otros sistemas físicos (Hayes, 2009).

Este modelo físico equipado con válvulas; recipientes que contienen un líquido y tubos que permiten el libre tránsito del fluido, es un ejemplo notable de los modelos físicos en ciencias sociales que se construyó con propósitos de análisis económico (Núñez, 2007), cuya primera demostración se realizó ante estudiantes y académicos de London School of Economics, en 1949 (Hayes, 2009).

Finalmente, todo modelo matemático carecería de sentido si no es calibrado adecuadamente con datos fehacientes. En este sentido, la historia nos relata que Johannes Kepler (1571-1630), gran astrónomo alemán, pasó cerca de 16 años tratando de deducir un modelo matemático para el movimiento de los planetas.

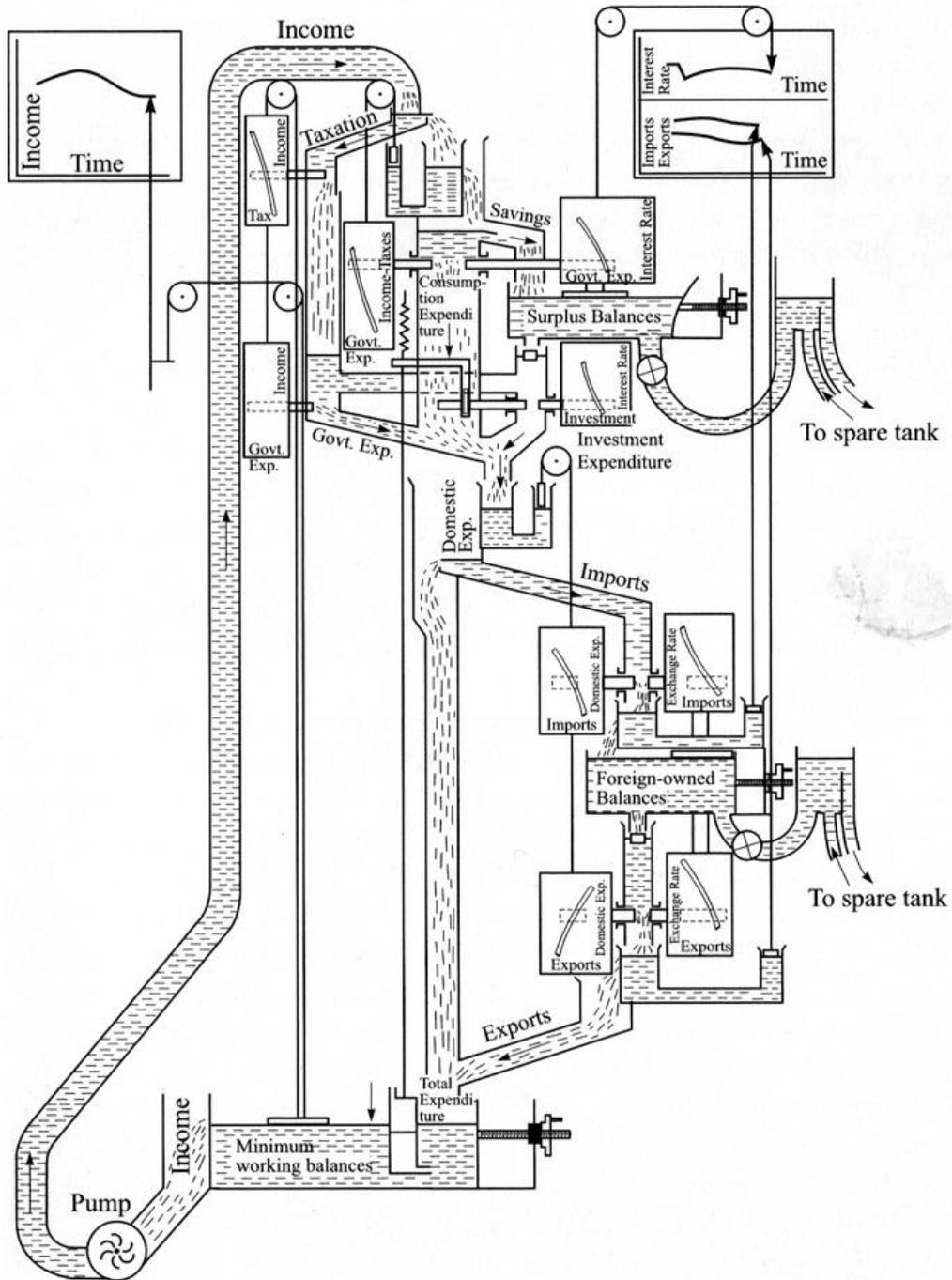


Figura 1.1. Modelo de Phillips.

Con el propósito de dilucidar la verdadera configuración planetaria hacia el año 1600, Kepler (1571-1630) requería datos confiables y precisos de las posiciones de los planetas que le permitieran dibujar las órbitas planetarias con toda exactitud y ubicar al sol justamente en el lugar que ocupa.

El único personaje que podría proporcionarle dichos datos era Tycho Brahe, el famoso astrónomo danés que había reunido afanosamente dichos datos durante largos años. Sin embargo, ambos astrónomos llevaron una relación tormentosa, producto de la envidia de Tycho, que reconocía en el joven alemán al teórico genial que él nunca podría ser (Régules, 2012).

Kepler tuvo que esperar a que falleciera Tycho; una noche antes de la clausura de los aposentos, hábilmente se introdujo a las oficinas de su jefe y sustrajo las pilas de papeles de Brahe, con todas sus anotaciones. Posteriormente, Kepler se aplicó a la ardua tarea de vaciar los datos que Tycho había dejado, en hojas de papel estraza, de tal forma que fueron apareciendo toda una hilera de puntos sucesivos, representando las posiciones de los planetas alrededor del sol.

El sueño tantos años acariciado por el astrónomo alemán, finalmente tomó forma cuando por fin dilucidó que las órbitas de los planetas eran elípticas y que el sol se ubicaba en uno de sus focos, descubrimiento que se conoce como la primera Ley de Kepler. *Si Kepler no hubiera contado con aquel incalculable tesoro de datos y registros, jamás hubiera podido llegar a formular sus leyes.* (Viniestra, 1986).

II.- ESTALLIDO DE DOS BURBUJAS, UNA ASOCIADA CON TULIPANES Y OTRA CON HIPOTECAS.

II.1 “LA TULIPANOMANÍA”.

El economista Joseph Stiglitz sostiene que “Históricamente, toda crisis financiera ha estado asociada con la expansión demasiado rápida de determinado tipo de activos, desde tulipanes hasta hipotecas” (Marichal, 2010), temas que abordaré en el presente capítulo.

En 1620, la locura y la especulación fueron introducidos en Holanda camuflados con la belleza de una flor; para colmo, sin aroma, sin aplicación práctica en la vida cotidiana de los hombres y que apenas florece dos semanas al año: el tulipán.

Llegado desde Turquía, el involuntario protagonista de una gravísima crisis económica comenzó a florecer en los jardines imperiales vieneses, allá por 1544, y fue de la mano del botánico Carolus Clusius que, en 1593, los primeros bulbos de tulipán se hundieron en las fértiles arenas holandesas para asombro, admiración y goce de los ciudadanos más adinerados.

Hacia mediados de 1623, cuando la fiebre por el tulipán comenzó a evidenciar la locura desbordada entre los más acaudalados sectores holandeses, la especulación ya mostraba su peor cara. Los bulbos se cotizaban a mil florines, algo así como la suma de un salario promedio de nueve años.

Con todo, y aunque la flor ya se dejaba ver en casi todo el país, los precios no dejaban de subir. Una información de la época daba cuenta de que, en 1635, un atado de cuarenta bulbos de tulipanes se había pagado con cien mil florines. En esos años, un trabajador promedio ganaba unos veinte florines mensuales.

Quienes habían entrado temprano en el negocio de la especulación cuando se desató la “tulipanomanía” amasaban ya grandes fortunas, mientras que los rezagados comenzaron a endeudarse al buscar montarse a tiempo al tren de la

riqueza. Hubo quienes llegaron a hipotecar sus residencias para allegarse de los recursos necesarios para adquirir los altamente cotizados bulbos.

En 1636 se desató en Europa una epidemia de fiebre amarilla que diezmó a gran parte de la población. Al no haber suficientes campesinos para garantizar su cultivo, las flores comenzaron a escasear; y como la demanda crecía, los especuladores decidieron canalizar los requerimientos a través de un mercado a futuro; es decir, se vendía hoy lo que habría de cultivarse tres o cuatro meses más tarde.

El 6 de febrero de 1637, un aristócrata -agobiado por las deudas- puso en venta medio kilo de bulbos a precio de remate: 1,250 florines, sin encontrar compradores.

La burbuja había estallado repentinamente, la noticia corrió como pólvora y miles de propietarios de bulbos salieron a vender lo que ya pocos querían comprar. Los tenedores habían contraído gigantescas deudas que, al menos con las flores, no podrían pagar. Como consecuencia, las bancarrotas en dominó sumieron a Holanda en una profunda crisis económica que asolaría al país durante varios años, con un doloroso costo social.

II.2 “LAS HIPOTECAS SUBPRIME”.

Según Andrew Haldane, director ejecutivo de la oficina de estabilidad financiera del Banco de Inglaterra, una forma de describir la complejísima telaraña de relaciones que existía entre los centros financieros contemporáneos consiste en visualizarlos como una pequeña galaxia de soles y planetas. (Marichal, 2010).

En el siguiente diagrama (II.2.1), se aprecia que Estados Unidos y Gran Bretaña contenían -en 2005- los dos mercados financieros de mayor importancia en el mundo, los cuales se conectan a través de una multitud de intercambios con todos los demás mercados financieros, grandes y medianos.

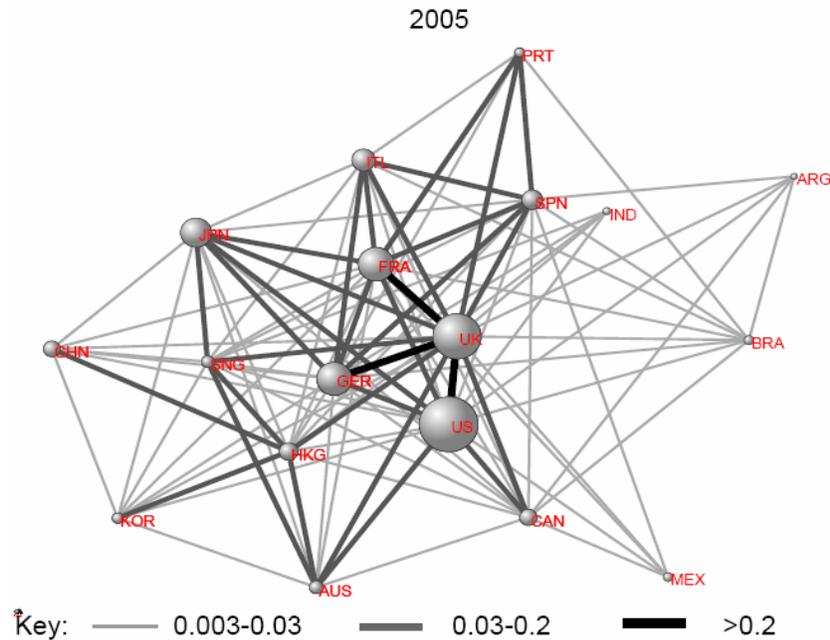


Figura 2.1 Red financiera global, 2005.

La metáfora del sistema gravitacional puede extenderse al ámbito financiero. El problema era que si el centro implosionaba, esto afectaría a todos los demás mercados. En cambio, si colapsaba un mercado periférico o de segundo orden, era menos probable que estallase una crisis sistémica.

En septiembre de 2008, sin embargo, el colapso de la firma *Lehman Brothers*, que tenía vínculos con millares de financieras, tuvo efectos devastadores al generar una ola de pánico que provocó un congelamiento de los mercados de crédito a corto plazo. El colapso en Nueva York y Londres cimbró a todas las plazas, con lo que se inició una secuencia de pánicos bursátiles y bancarios totalmente inesperada.

Los rumores de posibles quiebras de una serie de grandes bancos en Estados Unidos y Gran Bretaña fueron seguidos -en las semanas de septiembre y octubre de 2008- por las noticias del hundimiento de algunos bancos en Alemania, Bélgica, Holanda, Francia y de casi todo el sistema bancario de Irlanda y de

Islandia. La siguiente gráfica (II.2.2) muestra la caída estrepitosa de las bolsas, en el llamado “septiembre negro”.

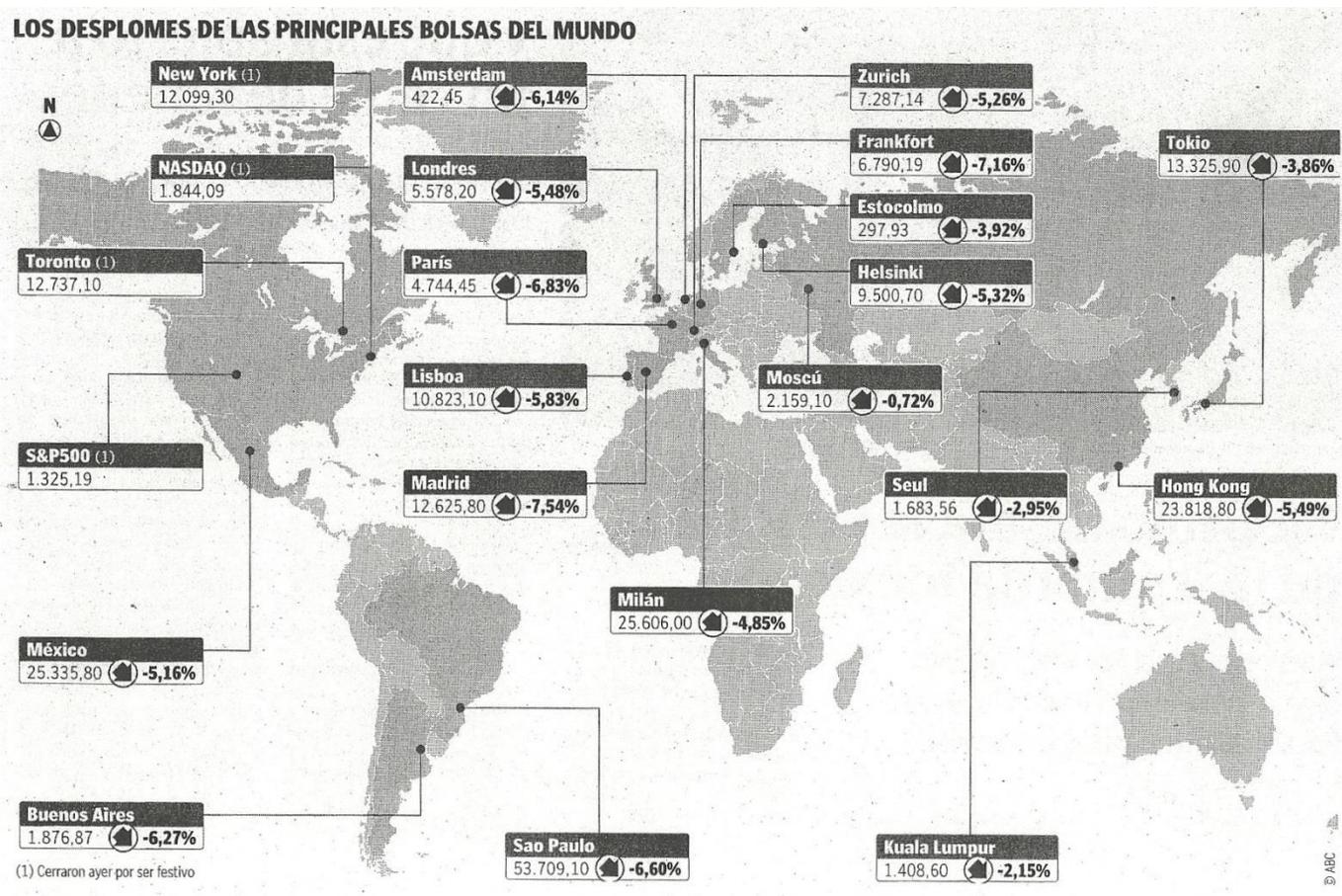


Figura 2.2 Los desplomes de las principales bolsas del mundo.

La crisis contemporánea ha demostrado de manera dramática que la fragilidad de los mercados era mucho mayor de lo que se suponía. Esto significa que “hubo un gigantesco fallo” en la previsión de riesgos. En efecto, se careció de una adecuación a las nuevas condiciones de los mercados financieros globalizados en esta época de nuevas tecnologías de información por parte de los organismos de supervisión bancaria y financiera en los niveles nacional e internacional.

Por otra parte, una de las características más singulares y riesgosas de la expansión en los mercados financieros en Estados Unidos fue que la “innovación

tecnológica” propició el uso de un número cada vez más amplio de instrumentos de inversión, seguros e “hipotecas” basados en mecanismos de especulación que no podían ser supervisados o regulados de manera adecuada por el banco central ni por los demás organismos públicos encargados de estas funciones. Nos referimos a la creación y venta masiva de “paquetes de títulos” y derivados de compleja composición: las siglas de estos reflejan el hecho de que se trataba de una nueva generación de valores; por ejemplo, los vehículos financieros conocidos como CDO, ARM, ABS/CDO, AVM, ABX CMBS, REI, CDS, y SIV, que fueron creados durante las últimas dos décadas.

II.3 LA INCREÍBLE DINÁMICA DEL MERCADO HIPOTECARIO Y LOS PELIGROSOS CRÉDITOS SUBPRIME.

Las tendencias expansivas de los mercados financieros estadounidenses tuvieron una serie de intensas consecuencias en los mercados inmobiliarios e hipotecarios. Desde 2001, el crédito barato estimuló el mayor auge en los mercados de viviendas en toda la historia de Estados Unidos.

Lo anterior era algo inusual, ya que, por costumbre, cuando subía la bolsa se calmaba el mercado inmobiliario, y viceversa. Esta alternativa daba oxígeno y estabilidad a las inversiones, que solían transferirse de un sector a otro dependiendo de la rentabilidad.

Pero esto no fue lo que ocurrió entre 2001 y 2006, cuando los precios de las casas e inmuebles y las acciones de empresas subieron como la espuma de manera simultánea.

El principal peligro de esta tendencia consistió en que se generaron dos enormes burbujas paralelas: una hipotecaria y la otra bursátil. A mediados de la década del 90, el monto total de las hipotecas en Estados Unidos equivalía a cerca de 2.5 billones de dólares; en 2001 ya se aproximaba a los 5 billones, y para el año 2007 llegó a un saldo increíble de casi 10.4 billones de dólares.

Para entonces, el valor de las casas superaba la inversión en acciones y bonos como fuente principal de riqueza de las familias estadounidenses. La maquinaria entrelazada formada por la industria de la construcción de viviendas, los bancos y las firmas financieras impulsó un crecimiento desmedido del sector inmobiliario e hipotecario.

La expansión del crédito alimentó la demanda de casas de manera formidable y *empujó los precios hacia arriba*. Cualquiera que deseara comprar una vivienda podía considerar que era un excelente negocio, ya que las hipotecas eran baratas y el valor de los inmuebles subía sin cesar. Esto hizo que muchos compradores considerasen que las hipotecas no representaban un verdadero riesgo, en tanto confiaban en la posibilidad de que podían revender la propiedad a un precio más alto del que habían pagado por ella.

Los agentes de bienes raíces se lanzaron al ruedo con agresivas campañas para vender inmuebles. Entre los clientes se contaban muchos especuladores que adquirirían casas con hipotecas con el objetivo de revenderlas en el corto plazo y obtener jugosos réditos. A su vez, se bajaron los requisitos y el respaldo requerido para obtener un crédito hipotecario.

Las agencias otorgaron una cantidad creciente de préstamos de baja calificación y sumamente riesgosos -conocidos como *créditos subprime*- a compradores con bajos ingresos o con un historial crediticio nulo o desfavorable. Muchos bancos y agencias financieras hicieron lo posible por atraer a clientes de este tipo aunque era evidente que existía una alta posibilidad de que no pudiesen pagar sus deudas.

Las agencias de evaluación de riesgos, como la Standard Poor's y Moody', desestimaron los peligros y contribuyeron a la ola de especulación. Sorprende entonces que, -en medio de la euforia- el director de la Junta de la Reserva Federal, Alan Greenspan, añadiera leña al fuego, en abril de 2005, al anunciar en un discurso: "La innovación ha traído una multitud de nuevos

productos financieros como los *préstamos subprime* y los créditos especiales para inmigrantes.

Estos desarrollos son representativos de las respuestas de mercado que han impulsado la industria de servicios financieros en este país a lo largo de su historia...” Agregó que estaba muy impresionado por el hecho de que los *créditos subprime* hubieran llegado a representar más del 10% del total de los créditos hipotecarios.

La subida de los precios de activos inmobiliarios en Estados Unidos atrajo a los grandes bancos de inversión de Wall Street y a diversos grupos financieros de Europa. Muchos de ellos comenzaron a invertir en este tipo de valores mediante fondos de cobertura (hedge funds), pese a que existían abundantes advertencias de que se trataba de un sector de alto riesgo.

Los mayores bancos comerciales de Estados Unidos participaron de manera directa en el negocio de las hipotecas. En los primeros lugares estaban: Bank of America, J.P. Morgan Chase, Citigroup, Wells Fargo, Washington Mutual y Wachovia. Pero también fueron acompañados por las más importantes firmas hipotecarias públicas como Fanny Mae y Freddie Mac, y empresas privadas colosales como Countrywide Financial; esta última promovió por sí sola la colocación de la increíble cantidad de más de un millón de hipotecas por un valor superior a los 220 mil millones de dólares sólo en 2005.

Para los bancos, la inversión en hipotecas se hizo muy atractiva porque la nueva ingeniería financiera prometía nuevos instrumentos para la diversificación del riesgo. Con la finalidad de reducir el peso contable de las hipotecas en sus carteras, los bancos comerciales y de inversión desarrollaron nuevos mecanismos que transformaban estos créditos en valores comercializables. En los mercados financieros norteamericanos esto era conocido como “titularización” (securitization).

El procedimiento consistía en jugar las hipotecas individuales en paquetes que luego se revendían a inversores en diversos mercados. Estos nuevos valores

podrían atraer a compradores que buscaban seguridad, ya que los papeles hipotecarios solían recibir una alta calificación de las agencias de evaluación de crédito. Al mismo tiempo resultaban atractivos para los inversionistas interesados en tomar posiciones más riesgosas, ya que los bancos concibieron la idea de dividir sus paquetes de hipotecas en partes, con diferente grado de seguridad y de rendimiento.

La *burbuja inmobiliaria* alcanzó su cenit en 2006; pero ya desde el primer trimestre de 2007, el valor real de las propiedades comenzó a caer (ver Gráfico II.2.3). Uno de los factores que contribuyó a aumentar los riesgos fue el hecho de que un número creciente de hipotecas se otorgaba bajo la modalidad de tasas ajustables; ésta se conoce en Estados Unidos con el término de Adjustable-Rate Mortgages. Los préstamos de este tipo se incrementaron en 2006 pero, además, a partir de 2007 las tasas se ajustaron a la alza.

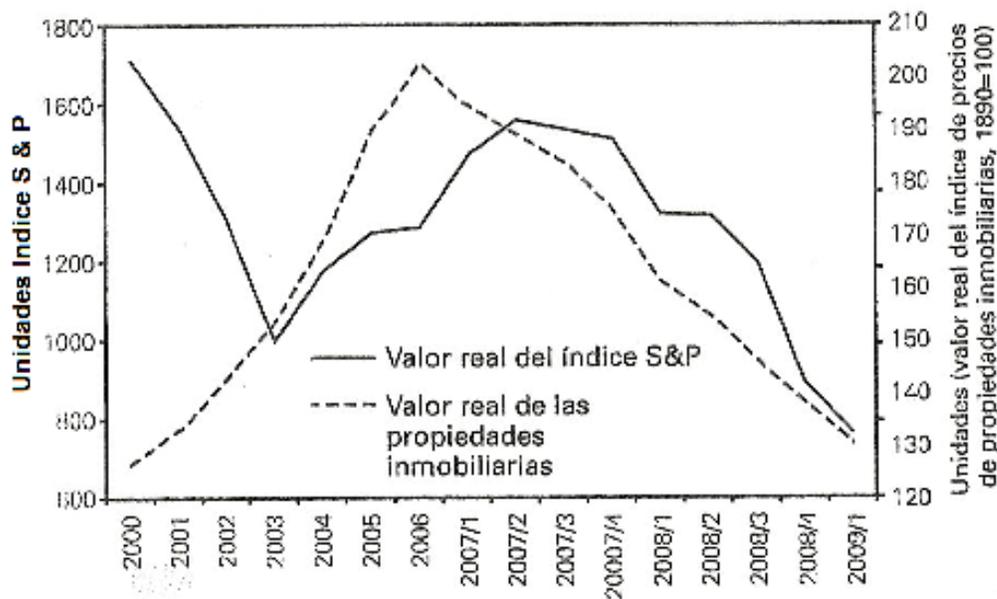


Figura 2.3 Comportamiento real de la bolsa de valores de Nueva York y del mercado inmobiliario de Estados Unidos, 2000-2009/1.

Hay que recordar que muchas hipotecas fueron colocadas entre sectores sociales de bajos ingresos y escaso historial crediticio, que compraron sus casas

con la promesa de que la amortización del préstamo no comenzaría hasta pasado un cierto tiempo. Sin embargo, cuando el aumento de las tasas coincidió con la fecha de inicio de la devolución de los préstamos, la presión sobre los deudores se intensificaba. No es de sorprender que muchas personas de ingresos medios y bajos comenzaran a suspender los pagos de las cuotas de sus hipotecas a partir del año 2006, como lo demuestran las estadísticas del mercado inmobiliario.

El esquema de crédito durante el periodo del auge inmobiliario estaba anclado en la creencia de que los precios de las casas seguirían a la alza. De acuerdo con el economista Robert Shiller, gran especialista en mercados inmobiliarios, la compra masiva de viviendas (primarias y secundarias) reflejaba un fenómeno de “contagio social”; situación en la cual los individuos operan como una manada, seguros de que la mayoría no puede equivocarse.

Es frecuente que en una situación de auge económico, los compradores se vuelvan ciegos ante la evidencia de una burbuja; en cambio, cuando la citada burbuja estalla, todos corren a vender y cae la demanda al igual que los precios de los activos. La consecuencia, en el caso de Estados Unidos entre 2006 y 2008, fue la suspensión de pagos de centenares de miles de hipotecas y el derrumbe de gran cantidad de fondos bancarios o bursátiles que se basaban en estos valores, lo que provocó una situación de bancarrota generalizada.

II.4 LA FÓRMULA SECRETA QUE DESTRUYÓ WALL STREET.

A los inversionistas les agrada correr riesgos, en la medida que los puedan medir. Lo que ellos odian es la incertidumbre, al no saber cómo lidiar con los vaivenes del mercado, variables aleatorias relevantes en el cálculo del riesgo sistémico, ausente en la siguiente fórmula. Durante los últimos cinco años previos a la crisis financiera mundial del 2008, la fórmula del matemático chino David X. Li, publicada en el año 2000, bajo el nombre: Función de Cópula Gaussiana –(en estadística, una cópula se utiliza para acoplar el comportamiento de dos o más variables)- pareció ser un modelo infalible.

Dicho modelo matemático era visto como una obra de tecnología financiera que permitía modelar riesgos sumamente complejos con mayor facilidad y precisión que nunca. Su metodología fue adoptada por inversionistas de bonos y bancos de Wall Street, así como agencias de valuación y reguladores. La famosa fórmula fue tan bien aclamada al principio, que hizo ganar a muchos inversores fuertes sumas de dinero; a pesar de las advertencias acerca de sus limitaciones. (Salmon, 2009).

Posteriormente, el modelo se desmoronó; empezaron a reportarse estrepitosas pérdidas entre los inversionistas al correr el año 2008, cuando los mercados financieros comenzaron a comportarse en modos inesperados, lo que causó pánico a los inversores.

El utilizar el enfoque de la cópula de Li significó que agencias valuadoras como Moody's o cualquier persona que deseaba estimar el riesgo de su transacción, no tenía por qué quebrarse la cabeza al calcular el valor del activo subyacente. Todo lo que ellos necesitaban era conocer una correlación que medía la TASA DE RIESGO, a efecto de cerciorarse qué tan segura o riesgosa podría ser su transacción.

Los participantes del mercado utilizaban adjetivos como belleza y simplicidad para describir la fórmula de Li. De hecho, antes de que fuera inventada en 1998, Paul Wilmott observó con anticipación que "las correlaciones entre las diferentes variables financieras eran notablemente inestables". Además, expresó que la relación entre dos activos nunca puede ser reproducida por una simple cantidad escalar. (Salmon 2009).

Li defendía la tesis de que su parámetro de correlación adoptaba un valor constante, lo cual fue duramente criticado. Los bancos inversionistas solían advertir a las agencias valuadoras que dicha fórmula no era adecuada para la administración de riesgos o valuación de activos financieros. Cabe destacar que en el MODELO UEHARA, el parámetro de correlación de las variables aleatorias

es evolutivo, es decir, cambia trimestralmente, haciendo variar las probabilidades de riesgo sistémico, consiguientemente.

En finanzas, uno nunca puede reducir el riesgo de golpe; únicamente se puede establecer un mercado en el cual los inversores con aversión al riesgo se lo vendan a otros que sí lo toleran. Pero en el mercado de Obligaciones de Deuda Colateralizada (CDO, por sus siglas en inglés), que convertía los créditos de alto riesgo a valores de primera calidad calificados como triple A; los prestatarios utilizaron el modelo de la cópula Gaussiana creyendo firmemente que estarían libres de riesgo; cuando la triste realidad fue que no estarían expuestos el 99% del tiempo. Sin embargo, existía una probabilidad remanente del 1% que podría exponerlos a una catástrofe financiera, destruyendo así todos los logros alcanzados con anterioridad.

La función de la cópula de Li fue utilizada para ponerle precio al valor de cientos de billones de dólares de CDOs, respaldados por hipotecas. Debido a que la función cópula utilizó precios CDS para calcular la correlación abajo indicada, esta fue forzada a confinarse en un horizonte de tiempo de una década, cuando los “CDS; credit default swaps” -inventados en 1997 por banqueros de JP Morgan como un tipo de seguro que cubre el riesgo de que quien emite un bono no lo pague- habían estado en boga, durante el alza vertiginosa del valor de las viviendas.

Naturalmente, las correlaciones de incumplimiento arrojaron valores bajos en aquellos años. Pero cuando la gran demanda de hipotecas cayó abruptamente y los precios de las viviendas empezaron a desplomarse por todo el país, las “correlaciones de incumplimiento” se dispararon; lo que dio origen a una de las peores catástrofes financieras mundiales.

Los banqueros que colocaron las hipotecas sabían que sus modelos eran altamente sensibles a la apreciación del precio de las viviendas. “Todos estaban confiados en que los precios de las viviendas continuarían a la alza”, dijo Kai Gilkes de la firma de investigación crediticia Credit-Sights, quien pasó diez años

trabajando en Agencias Valuadoras. “Cuando los precios de las viviendas dejaron de subir, muchos inversores y entidades afectadas se preguntaban ¿Por qué las agencias valuadoras nunca diseñaron un escenario que incluyera la sensibilidad a la depreciación de las viviendas? Porque si lo hubieran hecho, nunca hubieran tasado una simple CDO respaldada por hipotecas.

Los banqueros nunca percibieron el “efecto mariposa”; es decir, que al suscitarse cambios muy pequeños en los activos subyacentes podrían generarse cambios muy abruptos en el citado parámetro de correlación “GAMA”. Asimismo, ellos debieron haber observado que los resultados que estaban a su vista acusaban mucha menor volatilidad que lo normal; al inferir que el riesgo se había trasladado a otro lado.

¿A dónde se había ido el riesgo? Ellos nunca supieron, ni preguntaron. Para colmo de males, el “balance de resultados” provenía de una “caja negra”, cuyos cálculos computacionales difícilmente podrían ser sometidos a “pruebas de esfuerzo”, para simular los grandes vaivenes del mercado, factor imprescindible para evaluar el riesgo sistémico, ignorado en el modelo de Li.

En resumen, la fórmula secreta que destruyó Wall Street es la siguiente:

$$\Pr[T_A < 1, T_B < 1] = \Phi_2(\Phi^{-1}(F_A(1)), \Phi^{-1}(F_B(1)), \gamma) \quad (2.1)$$

Donde:

Probabilidad (Pr): Específicamente, esta es una probabilidad conjunta de que cualquiera de los dos juegos (A y B) alcancen una situación de incumplimiento. Es lo que los inversionistas están buscando y el resto de la fórmula provee la respuesta.

Tiempos de Sobrevivencia (T_A, T_B): La cantidad de tiempo entre hoy y cuando se pueda esperar que A y B caigan en incumplimiento. Li tomó la idea de

un concepto estudiado en ciencias actuariales, que estima la expectativa de vida de alguien, cuando fallece su cónyuge.

Igualdad ($=$): Es un concepto peligrosamente preciso que no deja margen alguno de error. Las ecuaciones concisas hacen que sus creadores y operadores se olviden de que el mundo real está lleno de incertidumbre; opacidad y precariedad.

Cópula (Φ_2): Este término proveniente del latín, acopla las probabilidades asociadas con los eventos A y B para llegar a un número simple. Sus errores aumentarían considerablemente el riesgo por defecto del modelo.

Funciones de distribución (F_A, F_B): Las probabilidades de supervivencia de A y B. En virtud de que ellas no son eventos con certidumbre, pueden ser peligrosas: pequeños errores de cálculo podrían causar una mayor exposición a aquella predicha por la fórmula.

Gamma (γ): El poderoso parámetro de correlación, que se reduce a una constante simple, algo que debe ser altamente improbable, si no imposible. Este es el número mágico que hizo que la función de cópula de Li fuera irresistible.

III.- CRISIS ACTUAL DE LAS GRANDES DESARROLLADORAS DE VIVIENDA EN MÉXICO.

III.1 ¿QUÉ ES UNA RECESIÓN?

La macroeconomía considera que la recesión es un periodo de crecimiento negativo del Producto Interno Bruto (PIB) de la economía de un país, de duración igual o superior a un año; mientras que la Oficina Nacional de Investigaciones Económicas de Estados Unidos califica, en cambio, como recesión “cualquier decrecimiento continuado de la actividad económica por dos o más trimestres consecutivos”. La recesión combinada con inflación recibe el nombre de “estanflación”; si se prolonga durante más de un año, se transforma en “depresión”; y si es breve, a menudo se le califica como “corrección económica”. (Martínez, 2008).

III.2 DESEMPEÑO DEL ÍNDICE HABITA.

El 23 de agosto de 2013, el ÍNDICE HABITA de la Bolsa Mexicana de Valores (BMV), que agrupa a las acciones del sector de construcción de viviendas, se hundió 23.85% a 51.25 puntos, luego de que se hubo anunciado que la valuación de GEO y URBI estaba en 0.000001 pesos por acción.

Lo anterior, ante la situación extraordinaria que enfrentaron estas emisoras, las cuales se encontraban suspendidas en la Bolsa desde finales de julio de 2013.

URBI quedó suspendida por no entregar a tiempo su reporte trimestral. En tanto GEO no presentó información con respecto a los movimientos que manifestó su acción, aunado a que tampoco lo hizo con su reporte trimestral y no ha cumplido con el periodo de gracia que solicitó para ello, debido al proceso de reestructura por el que atraviesa.

Por lo anterior, el Comité Técnico de Metodologías de índices indicó que al cierre del mes de agosto GEO y URBI quedarían fuera de todos los índices de la

Bolsa Mexicana de Valores. Las acciones de HOMEX, una de las tres empresas en problemas, terminó hoy con un incremento de 0.67 por ciento para cotizarse en un precio de 4.48 pesos por título; sin embargo, su cotización llegó a subir por arriba de 6.0 por ciento en la primera parte de la jornada.

Por el contrario, los títulos de la empresa ARA, que preside Germán Ahumada, cerraron con una disminución de 1.97%, a un precio de 5.46 pesos, y SARE perdió 1.42%, para cotizarse en 0.42 pesos (Luna, 2013).

Las cifras anteriores nos muestran que las principales empresas de viviendas del país están enfrentando una severa crisis financiera, que las tiene al borde de la quiebra. Para salir de la barranca es necesario que lleven a cabo una reingeniería de su estructura de capital, con la finalidad de llevarla al menor costo posible. El “modelo UEHARA”, es una alternativa para estimar inclusive el riesgo de volatilidad de las variables exógenas: índice inflacionario y PIBconstrucción. Este último indicador ha ido a la baja, presentando un decaimiento (-4.0 %), en el segundo trimestre de 2013. (Flores, 2013). La figura 3.1 muestra el estado de tal crisis.

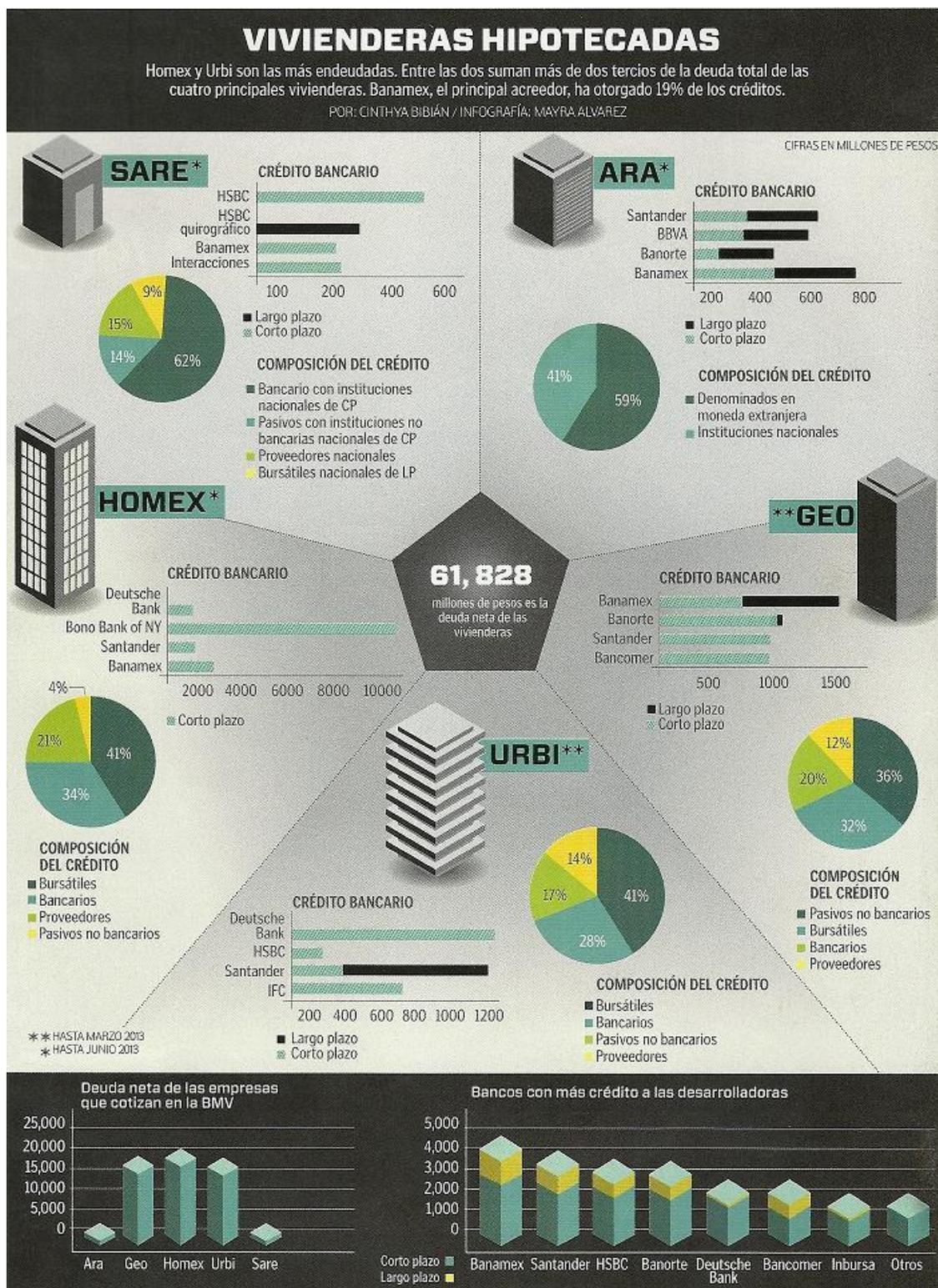


Figura 3.1. Estado actual de las vivienderas hipotecadas, tomada de la revista Obras, Septiembre 2013.

IV.- CRÍTICA DEL ENFOQUE ACTUAL DE ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS.

IV.1 ORIGEN DE LA PALABRA RIESGO.

La palabra riesgo proviene del latín *risicare*, que significa atreverse o transitar por un sendero peligroso. (De Lara, 2008).

En el idioma chino, el riesgo se describe mediante dos caracteres: el primero significa “peligro” y el segundo “oportunidad”, de donde resulta el riesgo una combinación de peligro y oportunidad. (Brun, *et. al.*, 2008).



En el lenguaje moderno, el término *riesgo* significa “peligro de pérdida”. La teoría financiera lo define, asimismo como la dispersión de resultados (flujos) inesperados debido a movimientos en las variables financieras (Jorion, 2000).

Los investigadores financieros ya se dieron cuenta de que medir el riesgo no es una tarea sencilla. (Baca, 2013).

La medición efectiva y cuantitativa del riesgo se asocia con la probabilidad de una pérdida en el futuro. La esencia de la administración de riesgos consiste en medir esas probabilidades en contextos de incertidumbre (De Lara, 2008).

IV.2 CRÍTICA DE LA TEORÍA ACTUAL DEL RIESGO.

La gran mayoría de las técnicas de administración de riesgos que utilizan conceptos probabilísticos suponen que los valores asignados a las probabilidades ya están dados o que se pueden asignarse con cierta facilidad, argumento que dista mucho de ser una hipótesis racional. Otro punto débil de la teoría actual de administración de riesgos es que utiliza los datos estadísticos históricos de los rendimientos accionarios por ejemplo, para tratar de predecir los rendimientos

futuros en un contexto de incertidumbre, sin proponer alguna interrelación estocástica que vincule el pasado; el presente y el futuro. Cabe destacar que en la propuesta del autor, los procesos estocásticos Markovianos, juegan un papel muy importante.

De acuerdo con el enfoque actual de administración de riesgos: “Nosotros asignamos las probabilidades a los eventos en forma subjetiva creyendo firmemente en ellas y posteriormente procedemos a determinar las acciones correspondientes”. (Baca, 2013).

Ricardo Rebonato (2011) asesor en administración de riesgos del Royal Bank of Scotland, y profesor de finanzas en Oxford University e Imperial College London, favorece el la aplicación inteligente de la teoría de probabilidades; finanzas conductuales y teoría de decisiones. El profesor Rebonato plantea ingeniosamente el siguiente razonamiento:

-A partir de observar cómo se van suscitando los eventos, el problema se reduce a calcular las probabilidades objetivas, utilizando una metodología confiable, que es precisamente lo que el autor desafió durante la elaboración del presente proyecto-.

Existen dos enfoques diferentes que se han desarrollado en los últimos años, sobre cómo debe evaluarse el riesgo. El primero de ellos conocido como objetivista o frecuentista, establece que el riesgo es una propiedad objetiva del mundo físico y lo asocia con probabilidades que son obtenidas a partir de datos históricos repetitivos.

El segundo enfoque es denominado subjetivista o Bayesiano en honor al reverendo Thomas Bayes, matemático inglés que realizó contribuciones especiales a la teoría de probabilidades, durante el siglo XVIII. Los Bayesianos consideran que el riesgo es en parte un juicio del observador, o una propiedad inherente al proceso de observación, más que una función única del mundo físico. Son de sobra conocidos algunos ejemplos del primer enfoque que nos enseñaron en las aulas, como tratar de adivinar “cara o cruz” al caer una moneda lanzada al

aire; hacer rodar los dados y predecir algunos patrones climáticos (soleado; nublado o lluvioso). Basados en tales datos, el estadista frecuentista podría advertir que la probabilidad de obtener “cara” durante el lanzamiento de una moneda normal, después de haber registrado miles de lanzamientos es 0.5 o que la probabilidad de que ocurra en Nueva York una temperatura tan alta como 95 grados Fahrenheit, en Julio 4 de 2011, sea de 0.3.

Un estadista Bayesiano no solamente toma en cuenta los datos históricos, sino también su juicio acerca de la destreza; honradez y situación financiera del jugador con quien se está compitiendo, “el mercado” es el hueso más difícil de roer (predecir).

Así, un Bayesiano podría asignar una probabilidad tan alta como 1 al lanzamiento de la moneda aludida y mayor que 0.3 al efectuar un análisis de calentamiento global al ejemplo referido.

En ambos casos, los registros históricos del mundo físico son los mismos; pero la diferencia de probabilidades refleja juicios desemejantes acerca del presente y futuro del mundo concebido por la mente.

Laplace refinó el trabajo de Bayes y le dio el nombre de teorema de Bayes, cuyo enunciado es: *“la probabilidad de un evento dada la nueva evidencia es proporcional al producto de nuestra distribución de probabilidad a priori y la probabilidad de observar la evidencia dada por el evento”* (Rebonato, 2011).

La incertidumbre la medimos con números denominados probabilidades, que varían de cero a uno; donde por convención es aceptado que la unidad representa la probabilidad de lo que acontece con certeza, y el cero la probabilidad del evento imposible. (Hernández, 2013).

La incertidumbre asociada a los sucesos cambia al variar nuestro conocimiento sobre sus causas y sus efectos, por lo que las probabilidades estarán condicionadas por dicho conocimiento.

V.- HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

V.1. HIPÓTESIS

Si se aplica una analogía hidráulica-financiera, estocástica, en la evaluación de proyectos de inversión inmobiliaria, entonces se puede visualizar el movimiento del capital invertido, así como la variación de las tasas de rendimiento exigidas por los inversionistas, durante el horizonte de planeación del proyecto. Con ello se lograría una simulación dinámica que considere variables exógenas relevantes (como el índice inflacionario; PIB construcción y tasa de interés de mercado) y tome en cuenta el factor de tolerancia al riesgo del inversionista.

V.2. OBJETIVOS

- 1) Desarrollar una técnica de simulación dinámica para medir y analizar el riesgo de liquidez; riesgo de mercado y riesgo de insolvencia aplicable a proyectos de inversión inmobiliaria, y con dichos parámetros obtener los rendimientos esperados en las etapas críticas de construcción de un desarrollo habitacional.
- 2) Verificar que con la analogía hidráulico-financiera aquí propuesta, es posible simular asimismo el movimiento del capital invertido, así como la fluctuación de los rendimientos esperados por un inversionista, conociendo su grado de aversión al riesgo.
- 3) Desarrollar una metodología original y confiable para la evaluación económico-financiera de proyectos de inversión, cuya simulación sea amigable al inversionista.

VI.- METODOLOGÍA DEL “MODELO UEHARA”.

VI.1 ANALOGÍA HIDRÁULICA – FINANCIERA.

A través de 2007 los modelos de riesgo indicaron que la probabilidad de incumplimiento de cualquier institución financiera era mínima. De acuerdo con Marco Avellaneda, matemático de la Universidad de Nueva York y experto en modelos de riesgo financiero, un gran problema fue que los modelos omitieron una variable principal que afecta la salud de un portafolios: liquidez o la habilidad de un mercado para equilibrar las fuerzas económicas entre compradores y vendedores (Freedman, 2011). Luego entonces, el MODELO UEHARA no sólo mide y controla el RIESGO DE LIQUIDEZ Y RIESGO DE MERCADO, sino que además calcula las probabilidades del riesgo de insolvencia para empresas con proyectos en marcha o lo anticipa durante la etapa de elaboración del presupuesto de capital de determinada inversión inmobiliaria, tal como la construcción de un fraccionamiento, condominio; hotel o edificio de oficinas.

El dinero y el agua se almacenan en bancos y embalses respectivamente; el rendimiento que genera una masa monetaria, así como la pérdida de su poder adquisitivo a través del tiempo, es equiparable a las aportaciones externas de caudal (escurrimientos superficiales), que incrementan el volumen de almacenamiento de un embalse (fuente) o -en su defecto- tenderán a disminuirlo por consecuencia de evaporación e infiltración al subsuelo (sumidero). El autor asoció ambos eventos de naturaleza aleatoria con el premio o castigo por riesgo de liquidez, tal como se verá más adelante.

Las tasas de cambio del agua almacenada en un embalse y de una masa patrimonial están gobernadas por las siguientes ecuaciones que tienen puntos en común:

- La tasa de cambio del volumen almacenado en un embalse a través del tiempo (Aparicio, 2011), viene expresada por la ecuación de continuidad:

$$\Delta V = X - D \quad (6.1)$$

En donde:

ΔV = Cambio del volumen almacenado en el embalse durante el intervalo Δt .

X = Volumen de entradas al embalse durante el intervalo Δt .

D = Volumen de salidas del embalse durante el mismo intervalo.

- La tasa de cambio de una inversión “ I ” a través del tiempo es equivalente a los beneficios netos generados por el proyecto en un tiempo “ t ” (Báez, 2006):

$$\frac{dI}{dt} = \text{Flujos de entrada} - \text{Flujos de salida} \quad (6.2)$$

Con el propósito de aterrizar la presente analogía, el autor propuso una red hidráulica (Figura 5.1) en donde el depósito “0” representa el VOLUMEN DE INVERSIÓN INICIAL para desarrollar un proyecto inmobiliario (fraccionamiento) y el depósito “6”, capta los flujos acumulados del proyecto, cuyo tirante representa la TASA INTERNA DE RETORNO ESPERADA como un porcentaje de la INVERSIÓN INICIAL.

VI.2 ESTRUCTURA GENERAL DEL MODELO UEHARA.

EL ESQUEMA HIDRÁULICO se planteó con ayuda de un modelo discreto de depósitos interconectados, en donde el flujo proveniente del depósito inicial (INVERSIÓN INICIAL “ I_0 ”) es propulsado hacia los demás depósitos mediante una frecuencia de excitación “ ω ” aplicada sobre la superficie del líquido (parámetro de eficiencia de la dirección financiera), mismo que depende de la tolerancia al riesgo del inversionista. Dicho puntaje es obtenido mediante la aplicación de un cuestionario (Anexo 1).

Tabla 6.1 TMARobj definida según la tolerancia al riesgo del inversionista.

Factor de Tolerancia al Riesgo Promedio	Perfil del Inversionista	TMAR objetivo
a = 15	Inversionista que no está dispuesto a enfrentar riesgos.	13.0%
a = 20	Inversionista medianamente conservador. Su tolerancia al riesgo va de mediana a baja.	16.5%
a = 25	Inversionista bastante agresivo. Su tolerancia al riesgo va de mediana a alta.	20.0%
a = 30	Inversionista decididamente agresivo. Su tolerancia al riesgo es muy alta.	23.5%

La frecuencia de excitación o parámetro de eficiencia de la dirección financiera está dada por:

$$\omega = \frac{k_i}{2a\sigma^2} \tag{6.3}$$

Donde ω representa “el parámetro de eficiencia de la dirección financiera”; a es el factor de tolerancia al riesgo del inversionista, σ^2 es la varianza de los flujos netos de efectivo y k_i es un intervalo de incertidumbre de los futuros eventos socio-políticos:

$$k_i = r(L_s - L_i) + L_i \tag{6.4}$$

En la ecuación 6.4, r es un conjunto de números aleatorios en el intervalo de 0 a 1; L_s y L_i son el límite superior e inferior del intervalo, respectivamente.

Una vez obtenido el factor de tolerancia al riesgo del inversionista, se le pregunta cuál es su *TMAR* objetivo. Dicho valor se obtuvo en este trabajo de investigación; ahora se introduce en la ecuación de premio/castigo por riesgo de liquidez:

$$premio/castigo = \left(-I_0 + \frac{n*(B_t - C_t)}{TMARobj}\right) \left(1 + \frac{TMARobj}{n}\right)^t * \ln\left(1 + \frac{TMARobj}{n}\right) \tag{6.5}$$

Donde:

I_0 = Inversión inicial.

B_t, C_t = Beneficios y costos esperados por el proyecto.

t = Horizonte de inversión.

n = Frecuencia de los periodos de capitalización de la $TMAR_{obj}$ en el horizonte de inversión t .

La ecuación de premio/castigo por riesgo de liquidez, incidirá directamente sobre la $TMAR$ esperada por el proyecto de inversión.

Las variables hidráulicas y financieras fueron correlacionadas conforme al diagrama de analogía mostrado en la figura 6.1.



“UN MODELO DINÁMICO RIESGO-RENDIMIENTO CON DIVERSIFICACIÓN ÓPTIMA DE ACTIVOS FINANCIEROS E INMOBILIARIOS”

7 de febrero de 2014



INVERSIÓN INICIAL:

$Vol(0) =$ Inversión inicial I_0 (\$).

$w_i =$ Proporción óptima de cada activo que minimiza la varianza (riesgo).

PREMIOS:

$P_{RL}(\pm) =$ Premio/penalización por riesgo de liquidez (\$).

COSTO DE CAPITAL PROPIO Y AJENO:

$TLR =$ Tasa libre de riesgo, CETES 91 días (%).
 $TMAR_{cp} =$ Costo de capital propio (%).
 $TMAR_{ca} =$ Costo de capital ajeno (%).
 $TMAR_{c_3} =$ Costo de la 3ª fuente de financiamiento (%).
 $TMAR_{gm} =$ Tasa global mixta (%).

PARÁMETROS DEL INVERSIONISTA:

$a_i =$ Factor de tolerancia al riesgo del inversionista (adim.)

ACTIVOS LÍQUIDOS:

$Vol(2) =$ Capital propio (\$).
 $Vol(3) =$ 3ª fuente de capital (\$).
 $Vol(4) =$ Capital ajeno (\$).
 $Vol(5) =$ Mezcla de capital (\$).
 $Vol(6) =$ Acumulación de capital al final del horizonte de inversión (\$).

$Ca_7 =$ Capital accionario inicial (\$).
 $Ra_8 =$ Rendimiento accionario (8) (%).
 $Ra_9 =$ Rendimiento accionario (9) (%).

$\frac{D_i}{c_i} =$ Índice de volatilidad relativa

de un sistema vapor- líquido gobernado por oscilaciones puramente brownianas.

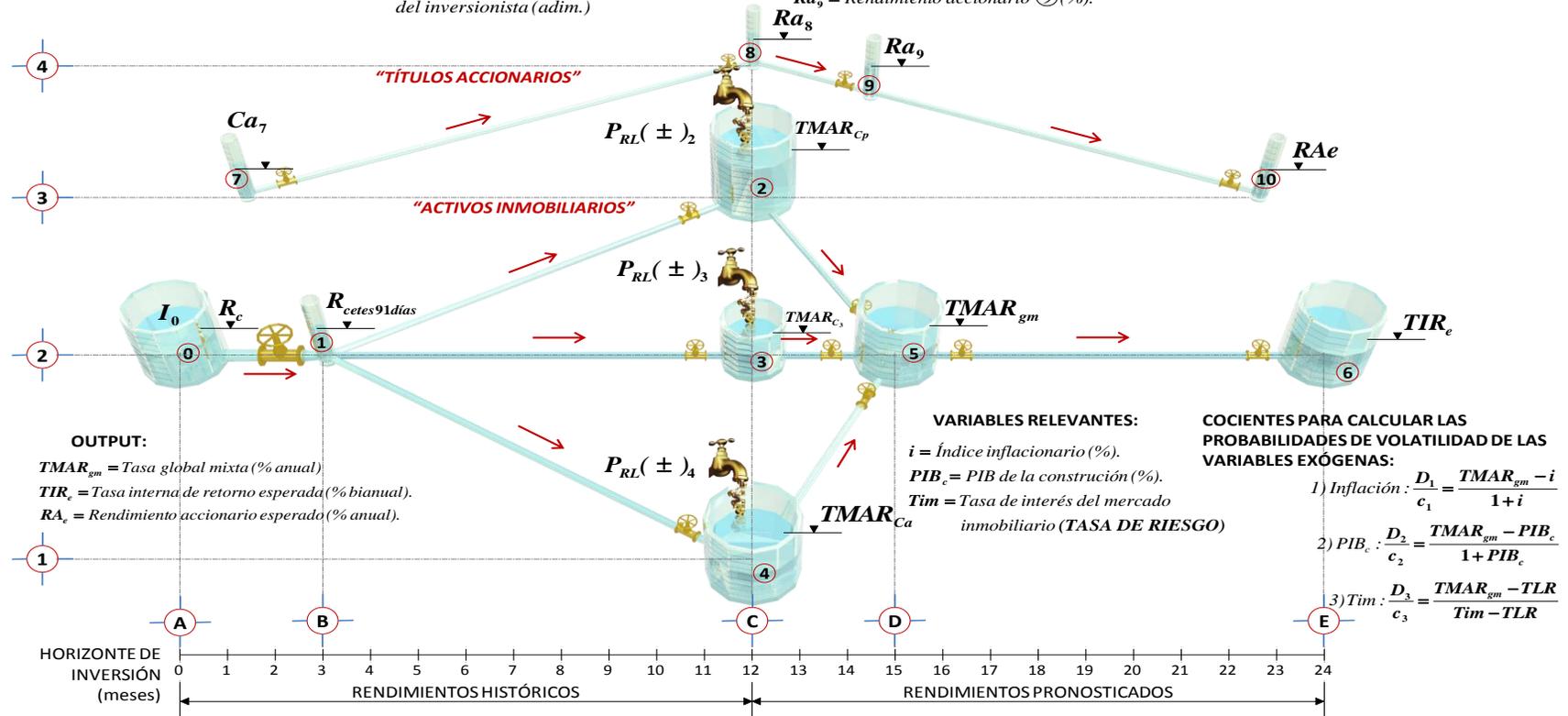


Figura 6.1 Esquema de analogía del sistema hidráulico-financiero.

VI.3 MOVIMIENTO BROWNIANO GEOMÉTRICO Y PROCESOS ESTOCÁSTICOS MARKOVIANOS.

En los campos de las finanzas e hidrología superficial, se presentan a menudo procesos aleatorios que conllevan a la solución de ecuaciones estocásticas.

En 1828 el botánico inglés Robert Brown (1773 – 1858) observó que en una solución de agua el polen de cierta hierba (*Clarkia pulchela*) realizaba un movimiento continuo, muy accidentado, en zigzag (Braun, 1986).

Las ecuaciones del movimiento errático del polen en el agua, descrito por Robert Brown representan, de facto, las fluctuaciones bursátiles del mercado de valores.

De hecho, Einstein obtuvo su famosa ley para el movimiento browniano, expresando el desplazamiento cuadrático medio en el intervalo de tiempo “ t ” en función de magnitudes medibles como la temperatura; radio de la partícula; viscosidad del líquido y del número de Avogadro “ N ” (Navarro, 1990).

Partiendo de dicha premisa, el autor mantiene la tesis de que un rango de valores confiables para la *TMAR* (*tasa mínima aceptable de rendimiento exigida por el inversionista*) puede estimarse mediante una función de densidad de Markoviana, a través de la cual es factible calcular la probabilidad de que una partícula diminuta suspendida en la atmósfera se encuentre a una altura “ z ” (rendimiento esperado; $TMAR_e$) en el instante “ t ”, conocida su posición inicial “ z_0 ” en “ t_0 ”; en donde z_0 fue correlacionada con la tasa libre de riesgo (CETES; certificados de la Tesorería de la Federación emitidos por el Gobierno Mexicano), por ser un rendimiento seguro de referencia.

Dicha función depende de dos coeficientes; (D_i/c_i) , el coeficiente de difusión “ D ” y el coeficiente de caída libre “ c ”, de dicha partícula que flota libremente en la atmósfera, gobernada por oscilaciones puramente brownianas.

La siguiente ecuación gobierna el comportamiento aleatorio de dichas fluctuaciones, llamadas también procesos estocásticos Markovianos (Aleksandrov, *et. al*, 1994), cuyos sucesos durante un tiempo “ t ” habrán de considerarse como fenómenos independientes de los sucesos ocurridos en el intervalo de tiempo precedente “ $t - 1$ ”. (Navarro, 1990).

$$p(t_0, z_0; t, z) = \frac{1}{\sqrt{\pi D(t-t_0)}} \times \left[e^{\frac{(z-z_0)^2}{4D(t-t_0)}} + e^{-\frac{(z-z_0)^2}{4D(t-t_0)}} \right] e^{\frac{(cz-z_0) - c^2(t-t_0)}{2D}} + \frac{c}{D\sqrt{5}} e^{-cz/D} \int e^{-z^2} dz \quad (6.6)$$

VI.4 INTERNALIZACIÓN DE LAS VARIABLES EXÓGENAS.

El autor partió de la hipótesis de que las variables exógenas: índice inflacionario (i); PIB construcción (PIB_c) y tasa de interés del mercado inmobiliario (Tim), tienen el mayor peso específico en el crecimiento de la industria de la construcción. Dichas variables relevantes fueron internalizadas dentro de la función de densidad de probabilidad (FDP) de Markov, a través de las siguientes expresiones:

$$\text{ÍNDICE INFLACIONARIO } (D_1/c_1): \frac{D_1}{c_1} = \frac{TMARgm-i}{1+i} \quad (6.7a)$$

$$\text{PIB CONSTRUCCIÓN } (D_2/c_2): \frac{D_2}{c_2} = \frac{TMARgm-PIBc}{1+PIBc} \quad (6.7b)$$

TASA DE INTERÉS DEL MERCADO INMOBILIARIO (D_3/c_3):

$$\frac{D_3}{c_3} = \frac{TMARgm-TLR}{Tim-TLR} \quad (6.7c)$$

$$Tim = (10 * \frac{B}{C}) - \frac{1}{\beta} (1 - \beta) \times TLR + \frac{1}{\beta} TMARgm \times t + \beta sen \left(\frac{2\pi t}{12} \right) \quad (6.7d)$$

En donde:

i = Índices inflacionarios mensuales (2013), pronosticados por el Banco de México.

PIB_c = Valores PIB de la construcción (2013), pronosticados por el Banco de México.

$TMAR_{gm}$ = Tasa global mixta mínima aceptable, calculada trimestralmente.

TLR = Tasa efectiva de rendimiento de CETES a 91 días.

β = Coeficiente de volatilidad del mercado inmobiliario.

B/C = Relación BENEFICIO-COSTO mensual del proyecto inmobiliario.

Una vez calculadas las probabilidades de los tres eventos independientes arriba citados, con la ecuación (6.6), se determinaron los valores esperados de la $TMAR$ en periodos mensuales, tal como se demostrará más adelante.

Posteriormente, se procedió a establecer una relación de equivalencia entre los valores de las variables reales y las simuladas a través de las siguientes ecuaciones. (Roca, 2002).

$$x' = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (6.8a)$$

$$u' = \frac{u - u_{min}}{u_{max} - u_{min}} \quad (6.8b)$$

En las ecuaciones anteriores, “ x ” es la variable del proceso real y “ u ” es la variable del proceso simulado. Los valores máximo y mínimo representan los límites superior e inferior respectivamente; x' es la fracción de la variable x dentro de $x_{max} - x_{min}$ y u' es la fracción de la variable u dentro del intervalo $u_{max} - u_{min}$.

Además, se deberá cumplir $u' = x'$; luego entonces, se puede deducir una relación de equivalencia entre las variables reales y las simuladas mediante las ecuaciones:

$$u = x'(u_{max} - u_{min}) + u_{min} \quad (6.9a)$$

$$x = u'(x_{max} - x_{min}) + x_{min} \quad (6.9b)$$

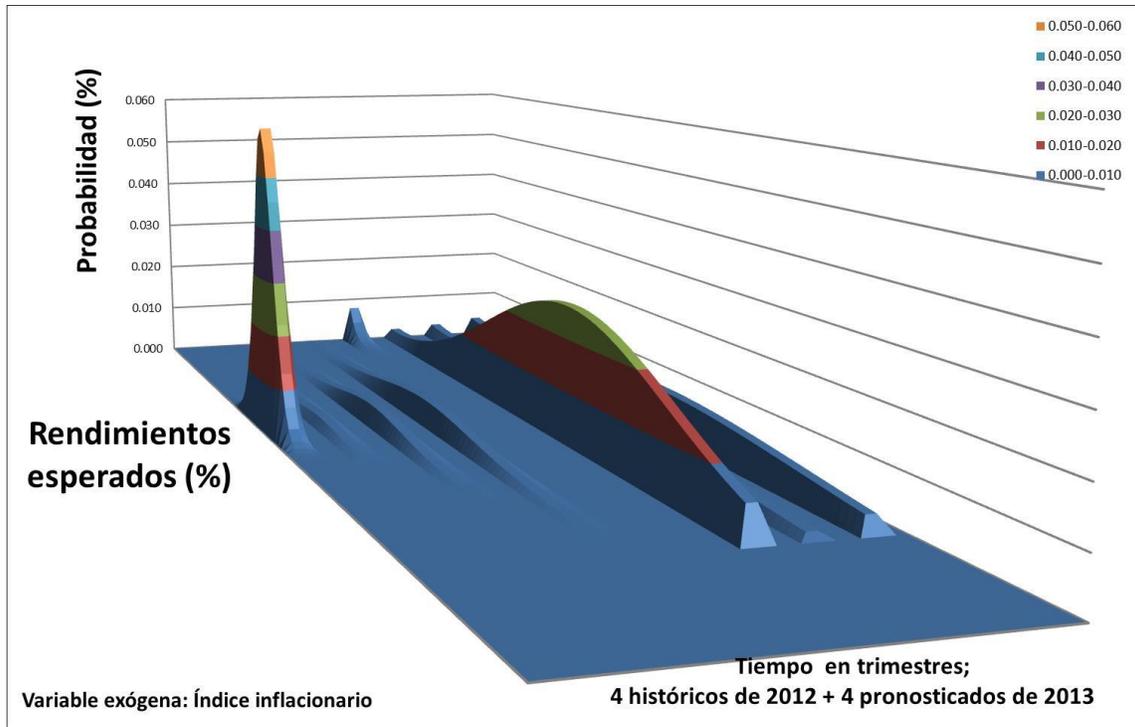


Figura 6.2 FDP del riesgo de volatilidad inflacionaria.

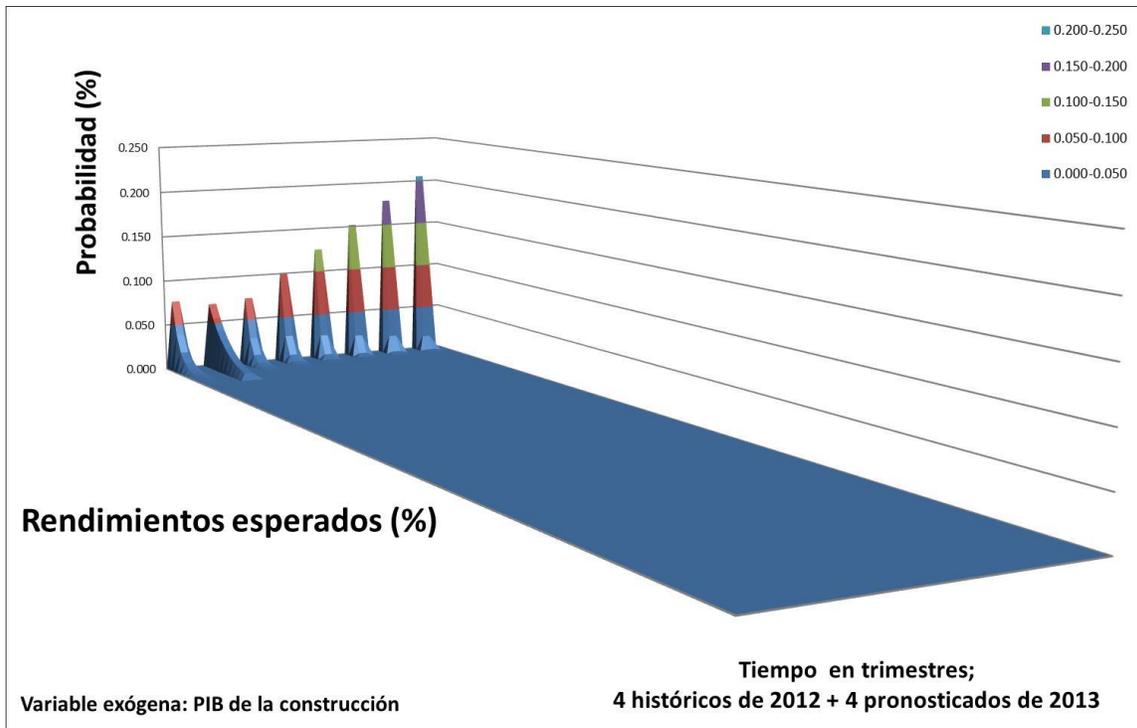


Figura 6.3 FDP del riesgo de volatilidad del PIB construcción.

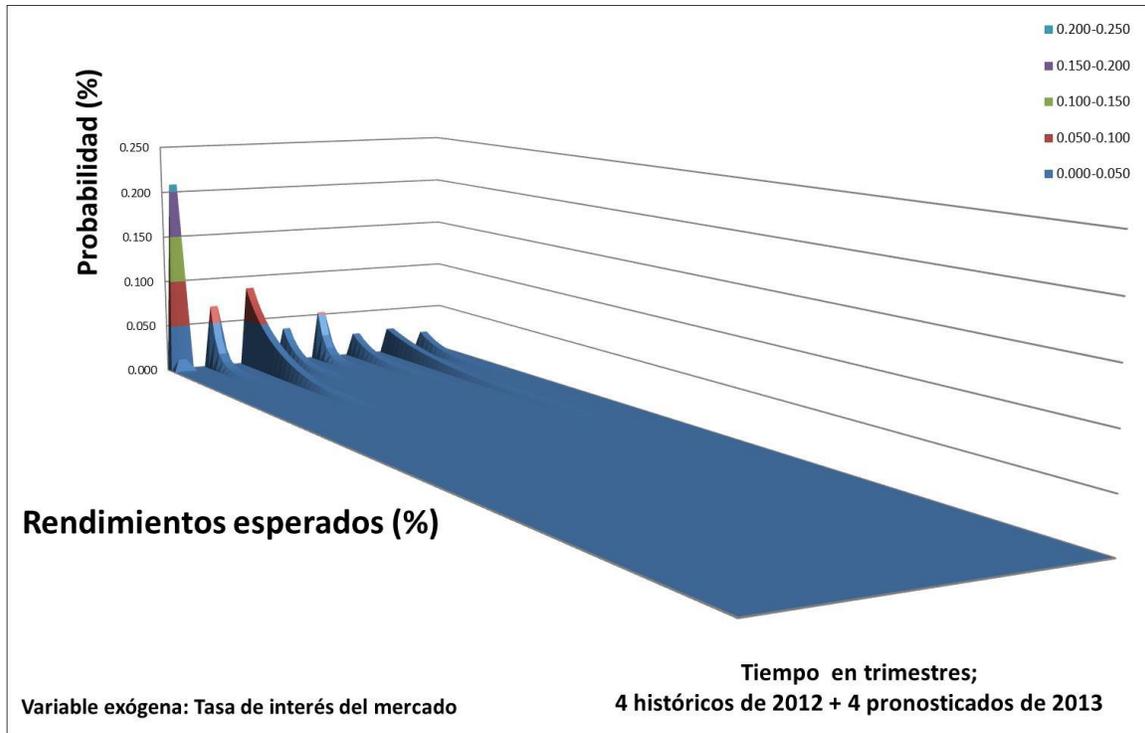


Figura 6.4 FDP del riesgo de volatilidad del mercado (inmobiliario).

VI.5 CÁLCULO DE LA *TMAR* GLOBAL MIXTA O TASA DE RIESGO ESPERADA POR EL PROYECTO. PREMIO Y/O CASTIGO POR RIESGO DE LIQUIDEZ.

El principio de las finanzas establece: “En la medida que una inversión es más riesgosa, debe exigírsele un mayor rendimiento”. El *premio o prima de riesgo* se define como la rentabilidad extra obtenida por haber invertido en un activo con riesgo (Brun, *et. al*, 2008). Asimismo, el *castigo* puede concebirse como la pérdida de valor de un activo como consecuencia de una deficiente dirección financiera.

El balance monetario se halla en constante estado de fluidez (Tucker, 1968); es un informe sobre la estructura del capital de la compañía y sobre los resultados de su dirección financiera que para el presente proyecto se puede sintetizar con la siguiente ecuación (Báez, 2006):

$$P_{RL}(t) = \left(I_0 + \frac{n(It-Et)}{TMARobj} \right) \left(1 + \frac{TMARobj}{n} \right)^t - \frac{n(It-Et)}{TMARobj} \tag{6.10}$$

La ecuación 6.5 se obtuvo derivando la ecuación anterior e introduciéndola dentro del modelo hidráulico como un “influjo” (premio o inyección de liquidez) y “eflujo” (castigo o pérdida neta del poder adquisitivo), respectivamente, en los depósitos 2, 3 y 4. En la presente evaluación financiera se obtuvo un premio por riesgo de liquidez equivalente a 5.17% en el mes 15.

Por otra parte, la *TMAR* (tasa mínima aceptable de rendimiento) de una empresa no posee un valor fijo establecido, sino que varía con el tiempo y entre otras cosas depende de la mezcla de deuda y de capital patrimonial, así como del costo de oportunidad del proyecto de inversión (Báez, 2006).

En hidráulica, las oscilaciones piezométricas (Jaeger, 1955) están gobernadas por la ecuación:

$$y = y_0 + \frac{a_2 z_*}{a_1^2 + \omega^2} (a_1 \text{sen} \omega t - \omega \text{cos} \omega t + \omega e^{-a_1 t}) \quad (6.11)$$

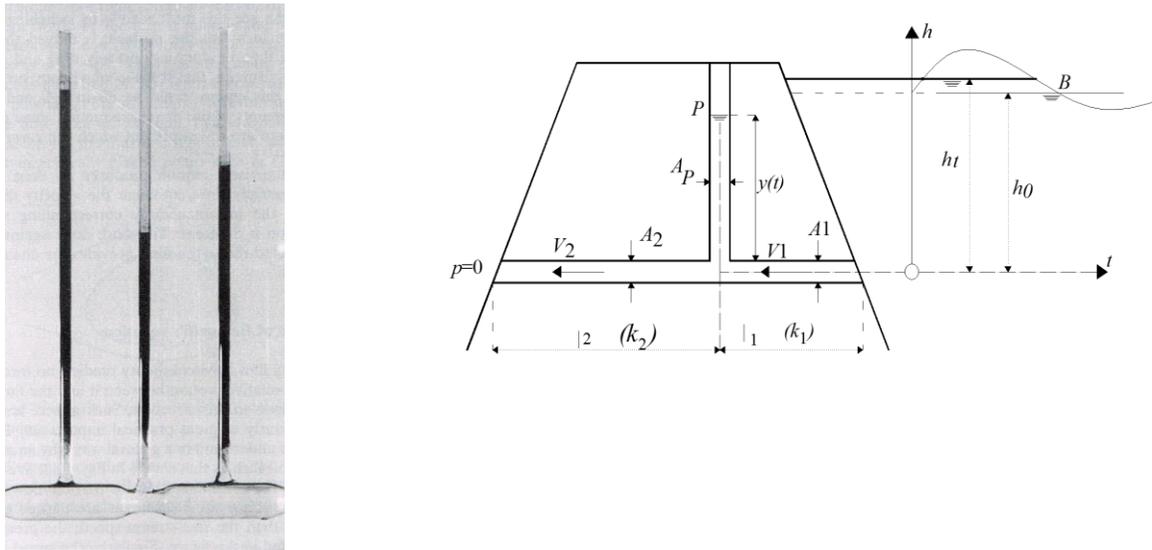


Figura 6.5 A mayor velocidad de flujo menor carga de presión y viceversa, hecho que descubrió Daniel Bernoulli (1700-1782).

En el presente trabajo se dedujo una ecuación análoga en finanzas, con la que se propone modelar la variación de los valores esperados de la *TMAR*, introduciendo un coeficiente de variación, C_v , en el cual se agrupan tres factores de riesgo a saber, riesgo inflacionario; riesgo de movimiento adverso del PIB

construcción y riesgo de mercado. Dado que se trata de tres eventos independientes A, B, y C, sus probabilidades se multiplican de acuerdo con: $P(A \text{ y } B \text{ y } C) = P(A) \cdot P(B) \cdot P(C)$ (Lind, *et.al*, 2001), quedando: $C_v = P_1 * P_2 * P_3$.

$$TMAR = TLR + C_v(a_1 \text{sen} \omega t - \omega \text{cos} \omega t + \omega e^{-a_1 t}) \quad (6.12)$$

$$a_1 = \frac{C_p \times TMAR_{C_p} + C_a \times TMAR_{C_a} + C_3 \times TMAR_{C_3}}{C_p + C_a + C_3} \quad (6.13)$$

Donde ω es el parámetro de eficiencia de la dirección financiera; a_1 es el coeficiente de ponderación de las tres fuentes de capital, a saber, C_p , capital propio; C_a , capital ajeno y C_3 , tercera fuente de capital; t es el periodo considerado.

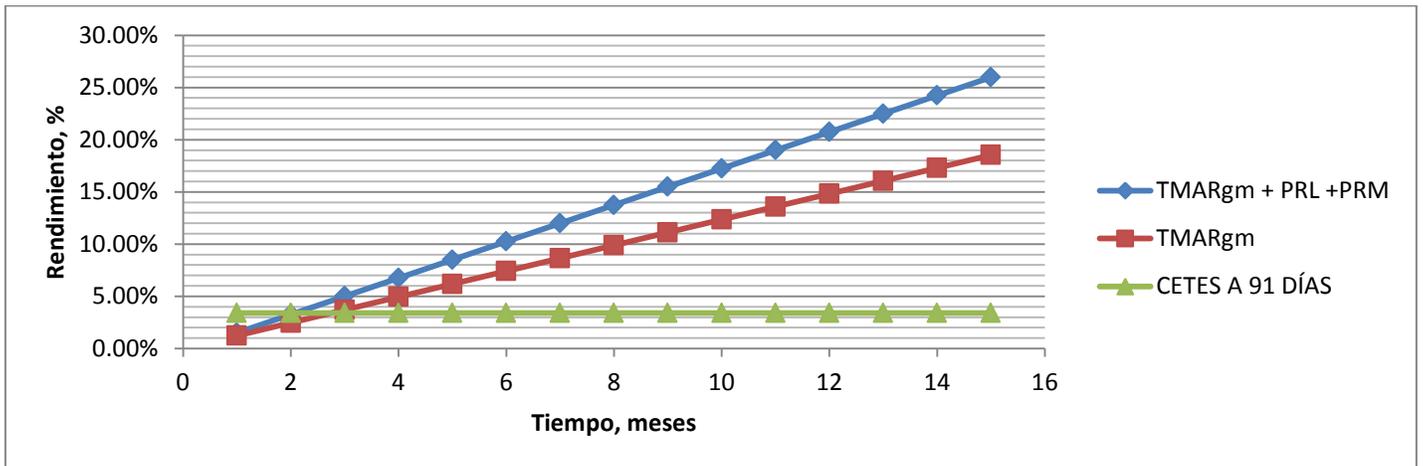


Figura 6.6 Comportamiento de los tres rendimientos.

Cabe destacar que el presente enfoque de actualización de la $TMAR$ es dinámico, en virtud de que cambia con el tiempo una vez que se introducen las variables exógenas pronosticadas a un año, tal como se explicó en la sección VI.4.

VI. 6 OBTENCIÓN DEL PREMIO POR RIESGO DE MERCADO.

Este tipo de riesgo consiste en que la demanda potencial insatisfecha calculada no sea de cierta magnitud esperada o cuando los productos

inmobiliarios sean difíciles de penetrar en el mercado, a pesar de las estrategias adoptadas. (Baca, 2013).

Por otra parte, a pesar de que existe una demanda sostenida de vivienda en el Estado de Querétaro, también existe un RIESGO DE MERCADO, que podrá mitigarse ofertando viviendas dignas de calidad superior, construidas en terrenos con ubicaciones privilegiadas.

Utilizando la teoría de flujos en campos vectoriales, si FNE es (+) matemáticamente significa que hay “fuentes”; hidráulicamente existe un influjo (inyección de liquidez). Dicho estado se consideró como un premio. Si por el contrario, FNE es (-) implica que hay “sumideros” o eflujos (pérdida neta del poder adquisitivo). Dicho estado se asoció con un castigo. La ecuación que gobierna dicho comportamiento es la siguiente: (Borisenko & Taparov, 1979).

$$P_{RM} = \frac{1}{4000 * \pi} * \sum_{k=1}^n FNE * \frac{B_k - C_k}{Tim^3} \quad (6.14)$$

En donde:

P_{RM} = Premio por riesgo de mercado.

n = Número de periodos mensuales.

FNE = Flujos netos de efectivo.

$B_k - C_k$ = Beneficios menos costos generados por el proyecto.

Tim = Tasa de interés de mercado (inmobiliario).

Aquí, se obtuvo un premio por riesgo de mercado en el mes 15 igual a 3.5%, mismo que se adicionó a la *TMAR* esperada en el mismo mes.

VI.7 MEDICIÓN DEL RIESGO DE INSOLVENCIA EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DE UN FRACCIONAMIENTO.

El autor mantiene la tesis de que la variación de los *FNE* (flujos netos de efectivo) puede modelarse mediante una cadena de Markov a tiempo continuo con probabilidades de transición $P_{ij}(t)$, integradas en la siguiente matriz (Rincón, 2012):

$$P = \begin{bmatrix} P_{00}(t) & P_{01}(t) \\ P_{10}(t) & P_{11}(t) \end{bmatrix} \quad (6.15)$$

En donde:

$$P_{00}(t) = C_c(e^{-(\lambda+\mu)t}) + [1 - e^{-(\lambda+\mu)t}] \cdot \frac{\mu}{\lambda+\mu} \quad (6.15a)$$

$$P_{11}(t) = C_c(e^{-(\lambda+\mu)t}) + [1 - e^{-(\lambda+\mu)t}] \cdot \frac{\lambda}{\lambda+\mu} \quad (6.15b)$$

$$P_{01}(t) = 1 - P_{00}(t) \quad (6.15c)$$

$$P_{10}(t) = 1 - P_{11}(t) \quad (6.15d)$$

Dichas ecuaciones gobiernan algunos procesos biológicos en donde existe inyección y eliminación de sustancias en el torrente sanguíneo, por ejemplo, que fluyen en concentraciones cambiantes. El autor estableció una analogía entre dichas concentraciones y las probabilidades de transición arriba expresadas, cuyas formas exponenciales son similares a los flujos monetarios con capitalización continua.

Aquí, “ μ ” representa los beneficios del proyecto en el tiempo “ t ” y “ λ ” los costos incurridos por el proyecto en el tiempo “ t ”.

Por otra parte, el dejar de pronosticar la demanda de vivienda en forma exacta dará como resultado una sobreinversión (derrama de líquido) o subinversión (sequía de liquidez), en activos fijos.

Si definimos el “estado 0” como un estado de subinversión, en donde la empresa permanece un tiempo “ e^{λ} ” y el “estado 1” como un estado de

sobreinversión con estancia “ e^{μ} ”, donde los tiempos de estancia en cada estado son variable aleatorias, es razonable afirmar que durante el horizonte de planeación del proyecto, los flujos del proyecto cambian continuamente de (+) a (-) y viceversa, a una tasa de flujo, cuyos valores serán las probabilidades de transición en un intervalo de 0 a 1. A dicha matriz se le conoce como matriz estocástica (la suma de sus renglones es igual a la unidad) y obedece la siguiente regla de adición, para eventos mutuamente excluyentes:

$$P(A \text{ ó } B) = P(A) + P(B) \quad (6.16)$$

Una vez obtenidas las probabilidades estacionarias que desembocan en cada depósito, procedemos a calcular las probabilidades límite de los eventos resolviendo para “ Φ ” (nodos de incertidumbre) el siguiente sistema de ecuaciones, donde “ Π ” y “ Φ ” representan las probabilidades estacionarias y límite respectivamente (MacMahon, 1982):

$$\Phi_0 = 0 \quad (6.17a)$$

$$\Phi_1 = 1 \text{ (Rendimiento libre de riesgo, CETES A 91 días)} \quad (6.17b)$$

$$\Phi_2 = \Phi_1 \Pi_2 \quad (6.17c)$$

$$\Phi_3 = \Phi_1 \Pi_3 \quad (6.17d)$$

$$\Phi_4 = \Phi_1 \Pi_4 \quad (6.17e)$$

$$\Phi_5 = 1 - (1 - \Phi_2 \Pi_5)(1 - \Phi_3 \Pi_6)(1 - \Phi_4 \Pi_7) \quad (6.17f)$$

$$\Phi_6 = \Phi_5 \Pi_8 \quad (6.17g)$$

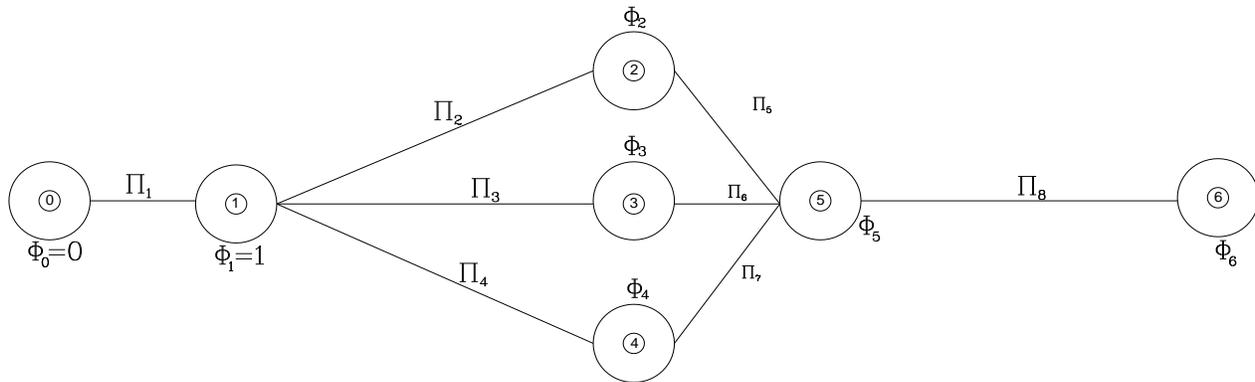


Figura 6.7. Diagrama de probabilidades de transición en los conductos y probabilidades límite en los embalses que contienen los activos líquidos.

Posteriormente, las probabilidades calculadas en los *odos de incertidumbre* nos servirán para tasar el **RIESGO DE INSOLVENCIA**, de acuerdo con la siguiente escala:

- Si “ ϕ ” es cercano a 1, la inversión se considera de “bajo riesgo”.
- Si “ ϕ ” es cercano a 0.5, la inversión presenta “riesgo medio”.
- Si “ ϕ ” se aproxima a 0, la inversión estará expuesta a “alto riesgo”.

En el presente ejemplo de aplicación obtuvimos los siguientes valores:

- Para el embalse 5 (mes 15) se obtuvo un $\phi = 0.71$, lo que significa que existe un riesgo bajo.
- De igual forma, para el embalse 6 (mes 24; tiempo final de realización del proyecto) se tiene un $\phi = 0.62$, que denota un riesgo de insolvencia bajo.

VI.8 TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.

El tiempo de recuperación de la inversión se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$t = \frac{2*VP_B*VP_C}{VP_B+VP_C} * \frac{\sqrt{TIR}-\sqrt{TMARgm}}{a} \tag{6.18}$$

Donde “ VP_B ” es el valor presente de los beneficios del proyecto y “ VP_C ” es el valor presente de los costos del proyecto al final del periodo “ t ”.

En nuestro fraccionamiento en estudio, obtuvimos el siguiente resultado:

$t = 2.89$ años, para un inversionista con un perfil decididamente agresivo;
 $a = 30$.

VI.9 ¿QUÉ ES PRIMERO, LA BOLSA O EL PIB?

Los bienes raíces son un sector “seguidor” de la economía; es decir, los efectos positivos o negativos del comportamiento económico nacional se sienten en él durante los dos o tres años siguientes (Towle, 1994).

La evolución del precio de las acciones a través del Índice de Precios y Cotizaciones (IPyC) puede ser considerada como un indicador anticipado de lo que está ocurriendo con el PIB, que usualmente se conoce tres meses después, dado que su publicación es trimestral (Gutiérrez, 2010). Referir a la siguiente gráfica:

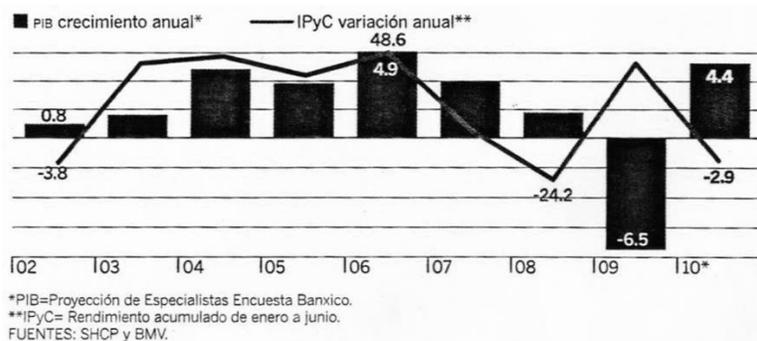


Figura 6.8 Relación estadística entre el IPyC y el PIB. Fuente: (Gutiérrez, Agosto 2010).

VI.10 ESTRUCTURA DE CAPITAL ÓPTIMA Y VALOR DE LA EMPRESA.

Se calculó el CCPP (Costo de capital promedio ponderado) de CONSORCIO “A”, desarrolladora de vivienda que cotiza en la BMV, arrojando el siguiente resultado:

Tabla 6.2 Obtención de CCPP para Consorcio “A” en el año 2011.

ACTIVO TOTAL	\$16,132,950,000	pasivos con costo	\$28,714,000
PASIVO TOTAL	\$6,891,550,000	capital contable	\$9,241,400,000
		Capital total	\$9,270,114,000

Se satisface: **ACTIVO = PASIVO + CAPITAL CONTABLE**

CONCEPTO	ABREVIATURA	Año: 2011
WACC (WEIGHTED AVERAGE COST OF CAPITAL) =((CD*(1-T)*D/K)+(CE*E/K)	WACC	12.65%
Costo de la Deuda(tasa de interés anual*(1-tasa de impuestos))	CD	13.44%
Tasa de Impuestos	T	30%
Costo del Capital (Equity)	CE	12.65%
Pasivos con Costo (D)/Capital Total (K)	D/K	0.31%
Capital Contable (E) /Capital Total (K)	E/K	99.69%
SUMA PASIVO Y CAPITAL		100.00%
Capital Total (Pasivo c/Costo + Capital Contable)	K	\$9,270,114,000
CE=Tasa Libre de Riesgo + B*Premio al Riesgo de Mercado (Rf+B*PRM)		12.65%
Tasa Libre de Riesgo = Bono de LP + Riesgo País	Rf	5.40%
Bono de Largo Plazo (CETES 364 días)**		3.63%
*Riesgo País		1.77%
Coficiente Beta		0.50
Premio al Riesgo de Mercado (TMARgm-CETES 91 días)	PRM(%)	14.50%
Tasa de interés mensual		1.60%

Posteriormente, se determinó el valor de la empresa con ayuda de la siguiente ecuación (Gitman, 2007):

$$V = \frac{EBIT*(1-T)}{CCPP} \tag{6.19}$$

En donde:

V = Valor de la empresa.

$EBIT$ = Ganancias antes de intereses e impuestos (2011) = 1227.5 millones de pesos.

T = Tasa fiscal (ISR) = 30%.

$CCPP$ = Costo de capital promedio ponderado = 12.65 %.

El valor real de la empresa resultó ser de: **6,792.49 millones de pesos.**

Según S&P Capital IQ (2013), el valor estimado de la empresa “Consortio A” en noviembre de 2013 es de: **8,400 millones de pesos.**

A continuación se muestran las gráficas de volatilidad dinámica de las acciones de cuatro empresas desarrolladoras de vivienda (emisoras) que cotizan en la BMV. Se obtuvieron utilizando un método de volatilidad recursiva, por medio de la siguiente ecuación recursiva (de Lara, 2008):

$$\sigma_{t+1}^2 = (1 - \lambda)r_t^2 + \lambda * \sigma_t^2 \quad (6.20)$$

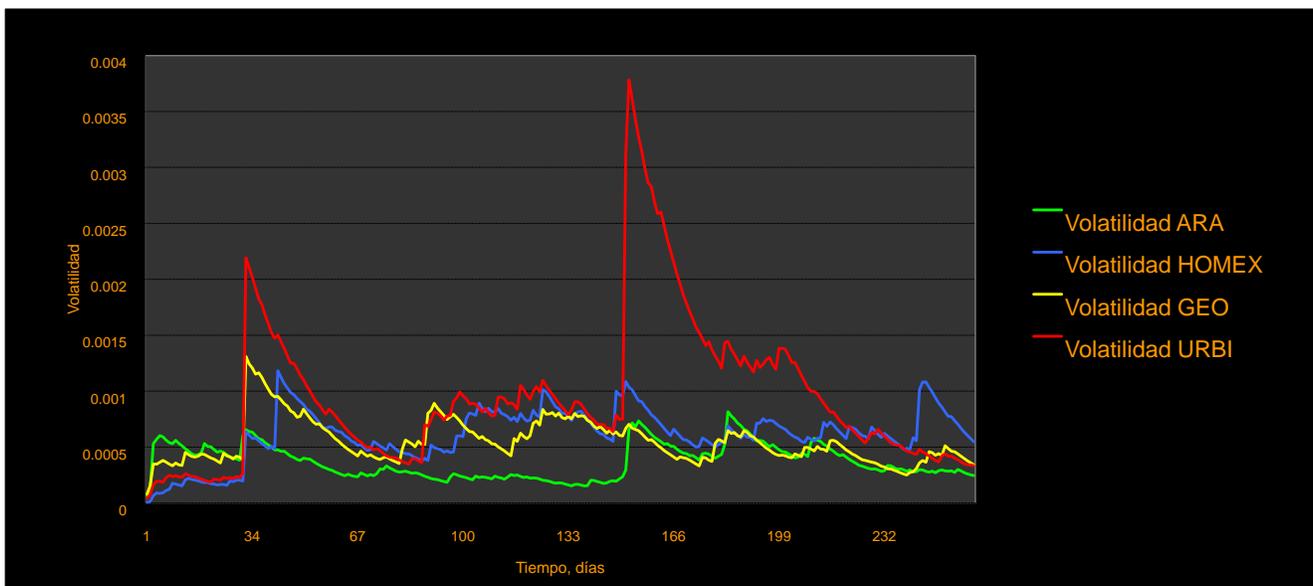


Figura 6.9 Volatilidad de los títulos accionarios durante 2012.

En el caso de que las empresas no coticen en la Bolsa Mexicana de Valores, el valor de sus acciones comunes se calcula utilizando el modelo de crecimiento variable (Gitman, 2007):

Tabla 6.3 Valuación de acciones comunes.

Trimestre (n=4)	Tasa de crecimiento (g)	Dividendo esperado (D _t)	Dividendo por acción (apertura) (D _{t=1})	TMAR obj. (k _s)	1+ks	Valor pronosticado de acciones comunes (P ₀)
1	0.13%	1.294	1.29	18%	1.18	\$ 7.12
2	0.25%	1.298	Así, el valor de acciones de Consorcio "A" (Diciembre 2012) es de:			
3	-0.51%	1.291				
4	-0.23%	1.288				

El valor real de acciones de consorcio "A" el 1° de enero de 2013 fue de: \$ 4.13.

$$P_0 = \sum_{t=1}^n \frac{D_t}{(1+k_s)^t} + \left(\frac{D_{n+1}}{k_s - g} \right) * \left(\frac{1}{(1+k_s)^n} \right) \quad (6.21)$$

Dividendo por acción (apertura) =

$$\text{Precio de acción (cierre)} * \text{Rentabilidad por dividendo} \quad (6.21')$$

En donde:

P₀= Valor pronosticado de acciones comunes.

D_t= Dividendo esperado por acción al final del periodo "t".

n= Periodos de crecimiento cambiante.

D_{n+1}= Primer dividendo del periodo de crecimiento constante.

k_s= TMAR objetivo de acciones comunes.

g = Tasa de crecimiento cambiante.

Los rendimientos reales de las empresas que cotizan y para aquellas que no cotizan en la BMV, fueron obtenidas con la siguiente fórmula:

$$\text{Rentabilidad por dividendo} = \left(\frac{1 + \text{rendimiento accionario} (\%)}{1 + \text{inflación} (\%)} \right) - 1 \quad (6.21'')$$

$$\text{Rendimiento accionario} = \frac{\text{Precio cierre} - \text{Precio apertura}}{\text{Precio apertura}} \quad (6.21''')$$

*Este precio fue extraído de: <http://mx.finanzas.yahoo.com/q?s=ARA.MX>.

**Se utilizó un índice inflacionario de 0.09% (promedio del III trimestre de 2012).

VI.11.- EJEMPLO DE APLICACIÓN (CORRIDA FINANCIERA DE UN FRACCIONAMIENTO CON MEDICIÓN DE RIESGOS).

En este subcapítulo se hará una descripción detallada de los pasos por seguir para poder utilizar el *modelo hidráulico-financiero Uehara*. A continuación se propone una metodología estándar para la introducción de datos, manejo del software e interpretación de los diferentes bloques que componen el programa de cómputo.

DATOS DE ENTRADA:

Prefactibilidad financiera. Como se ha mencionado antes, este proyecto parte de un estudio de prefactibilidad financiera, por lo que se debe diseñar una estrategia óptima que maximice la rentabilidad financiera y minimice los riesgos (Método de Markowitz). El presupuesto de capital se deberá elaborar durante la etapa de calendarización de las actividades de construcción, por lo que el análisis de egresos, ingresos, riesgos y rendimientos esperados es fundamental durante el proceso de toma de decisiones (Bazant, 2006).

Como primer paso se elaboró un calendario de flujos de caja que representan los costos y beneficios del proyecto (Anexo 2). Asimismo, se muestran diferentes relaciones beneficio-costos; flujos netos de efectivo y valor presente, obtenida a partir del programa de flujos:

Tabla 6.4 Obtención VPN, FNE, ingresos y egresos.

PERIODO (meses)	INVERSIÓN	INGRESOS (MDP)	EGRESOS (MDP)	UTILIDAD ANTES DEL ISR	BALANCE AL FINAL DESPUÉS DE n PERIODOS	ISR (30%)	DEPRECIACIÓN (2% del ISR)	FLUJOS NETOS DE EFECTIVO MENSUALES
0	15.00							-15.00
1		0.00	15.00	-15.00	-15.00	-4.50	-0.09	-10.59
2		0.00	15.00	-15.00	-30.00	-4.50	-0.09	-10.59
3		0.00	16.00	-16.00	-46.00	-4.80	-0.10	-11.30
4		0.00	15.00	-15.00	-61.00	-4.50	-0.09	-10.59
5		0.00	16.00	-16.00	-77.00	-4.80	-0.10	-11.30
6		0.00	15.00	-15.00	-92.00	-4.50	-0.09	-10.59
7		0.00	11.00	-11.00	-103.00	-3.30	-0.07	-7.77
8		0.00	12.00	-12.00	-115.00	-3.60	-0.07	-8.47
9		7.00	11.00	-4.00	-119.00	-1.20	-0.02	-2.82
10		7.00	4.00	3.00	-116.00	0.90	0.02	2.12
11		15.50	5.00	10.50	-105.50	3.15	0.06	7.41
12		27.00	3.00	24.00	-81.50	7.20	0.14	16.94
13		28.00	7.00	21.00	-60.50	6.30	0.13	14.83
14		28.50	7.00	21.50	-39.00	6.45	0.13	15.18
15		20.00	4.00	16.00	-23.00	4.80	0.10	11.30
16		13.50	0.00	13.50	-9.50	4.05	0.08	9.53
17		15.50	0.00	15.50	6.00	4.65	0.09	10.94
18		15.50	0.00	15.50	21.50	4.65	0.09	10.94
19		15.50	0.00	15.50	37.00	4.65	0.09	10.94
20		8.00	0.00	8.00	45.00	2.40	0.05	5.65
21		8.00	0.00	8.00	53.00	2.40	0.05	5.65
22		8.00	0.00	8.00	61.00	2.40	0.05	5.65
23		7.50	0.00	7.50	68.50	2.25	0.05	5.30
24		8.00	0.00	8.00	76.50	2.40	0.05	5.65

Posteriormente se procede a verificar si el proyecto es rentable, para lo cual se calcula su relación beneficio-costo con la siguiente ecuación:

$$\frac{B}{C} = \frac{VPN \text{ Beneficios}}{VPN \text{ Costos}} \tag{6.22}$$

En el presente análisis se obtuvo una relación **B/C=1.63**, por lo que al ser mayor que **1**, se considera un proyecto rentable. A continuación se determinaron los costos de capital y la *TMARgm* ponderada:

Tabla 6.5 Costos de capital y *TMARgm* ponderada.

	En mdp % aportación			COSTOS DE CAPITAL	PONDERACIÓN
INVERSIÓN INICIAL	171.00	100%	Anual	Anual	Mensual
CAPITAL PROPIO Cp	76.95	45%	0.15	6.75%	0.56%
CAPITAL AJENO Ca	59.85	35%	0.12	4.20%	0.35%
3RA FUENTE DE CAPITAL Cf	34.20	20%	0.10	2.00%	0.17%
CAPITAL ACCIONARIO	19.00	10%	<i>TMARgm</i> =	12.95%	1.02%

Como siguiente paso, se obtiene la tasa interna de retorno (*TIR*) haciendo iteraciones hasta que el valor presente neto (*VPN*) sea cero, como se muestra en la siguiente ecuación (Banobras, 2000):

$$VPN = -I_0 + \sum_{t=1}^{t=n} \frac{B_t - C_t}{(1+TIR)^t} = 0 \tag{6.23}$$

En donde:

I_0 =Inversión inicial.

$B_t - C_t$ = Beneficios menos costos del proyecto en el periodo t .

Para el presente caso de estudio, se obtuvo:

$TIR = 29.00\% > TMARgm$. ∴ el proyecto es rentable.

Otros datos importantes de entrada están constituidos por las probabilidades de volatilidad de las variables exógenas, expresadas por la ecuación de densidad de Markov (Aleksandrov, *et. al*, 1994). A continuación se resumen los valores obtenidos:

Tabla 6.6 Probabilidades calculadas a partir de la ecuación de procesos estocásticos Markovianos.

trimestre	p1 (inflación)	p2 (PIBc)	p3 (Tim)	p1*p2*p3
1	0.44299	0.16058	0.22153	0.015759034
2	0.01957	0.28774	0.14469	0.000814901
3	0.07435	0.12200	0.58931	0.005345768
4	0.12598	0.13918	0.12668	0.002221229
5	0.01844	0.15783	0.10840	0.000315578
6	1.16812	0.17790	0.10860	0.022568252
7	0.28463	0.19926	0.26738	0.01516507
8	0.45012	0.22197	0.09267	0.009258846

Una vez conocidos los parámetros anteriores, se procedió a utilizar la metodología desarrollada en el presente trabajo. A continuación se muestran los resultados obtenidos para este ejemplo en particular.

DATOS DE SALIDA:

Se calculó el premio por riesgo de liquidez en el mes 15, el cual dio como resultado **5.17%**. El premio por riesgo de mercado en el mismo mes, arrojó un valor de **3.5%**.

La *TMAR_{gm}* mensual calculada con la ecuación de oscilaciones piezométricas para un perfil de inversionista = 2 (moderado), queda como sigue:

Tabla 6.8 TMARgm bianual esperada.

t (meses)	TMARgm mensual	TMARgm bianual
1	1.2268%	23.09%
2	1.2172%	
3	1.2279%	
4	1.2177%	
5	1.2234%	
6	1.2175%	
7	1.2285%	
8	1.2214%	
9	1.2277%	
10	1.2162%	
11	1.2160%	
12	1.2255%	
13	1.2244%	
14	1.2193%	
15	1.2177%	
16	1.2195%	
17	1.2239%	
18	1.2185%	
19	1.2167%	
20	1.2230%	
21	1.2227%	
22	1.2228%	
23	1.2293%	
24	1.2284%	

Las probabilidades límite que desembocan en los embalses o nodos de incertidumbre fueron determinadas según lo explicado en la sección VI.7. A continuación se resumen sus valores:

Tabla 6.9 Probabilidades límite.

PROBABILIDADES LÍMITE EN EMBALSES (Φ)			
$\Pi 1 =$	0.03	$\Phi 0 =$	0
$\Pi 2 =$	0.62	$\Phi 1 =$	1.00
$\Pi 3 =$	0.62	$\Phi 2 =$	0.62
$\Pi 4 =$	0.61	$\Phi 3 =$	0.62
$\Pi 5 =$	0.55	$\Phi 4 =$	0.61
$\Pi 6 =$	0.55	$\Phi 5 =$	0.71
$\Pi 7 =$	0.54	$\Phi 6 =$	0.62
$\Pi 8 =$	0.87		

VII. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En el flujo hidráulico de canales abiertos podemos graficar la curva de energía específica en la cual tenemos un **tirante crítico** producido con la **energía específica mínima**, valor que se encuentra ubicado en una parábola que es asintótica a una recta de pendiente unitaria, tal como se muestra en la siguiente figura.

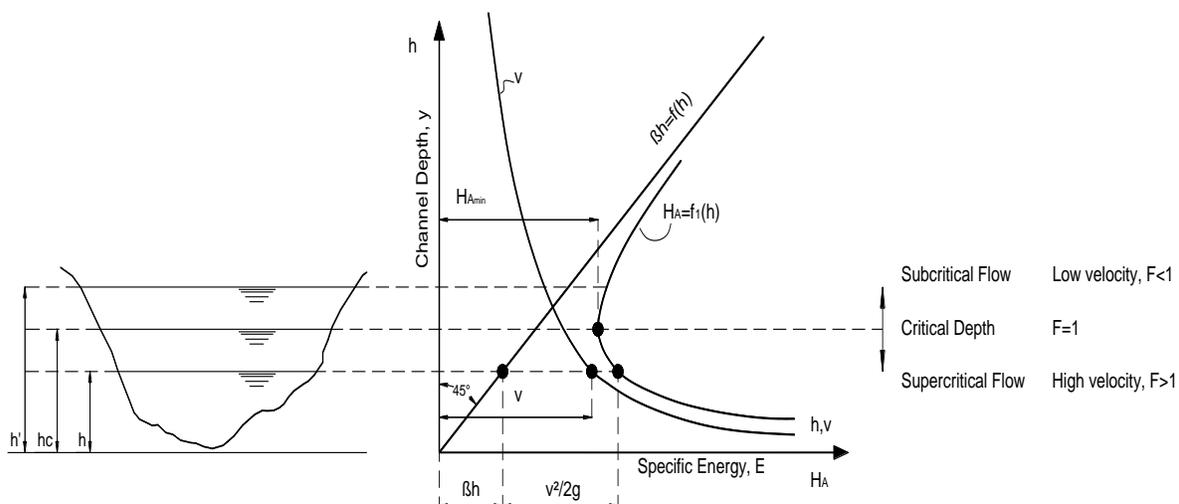


Figura 7.1 Tirante crítico producido con la mínima energía específica.

El objetivo de los proyectos de inversión es lograr la máxima rentabilidad con el mínimo riesgo. Similarmente, dichas relaciones están representadas por una recta (línea del mercado de valores) y una parábola, cuyo punto de intersección representa la combinación óptima de los activos riesgosos, tal como se muestra en las gráficas que aparecen al final del siguiente capítulo.

Existe un axioma del filósofo griego Platón, seguidor de Sócrates y maestro de Aristóteles, que reza: “Es imposible combinar bien dos cosas sin una tercera, hace falta una relación entre ellas que las ensamble”.

Con dicha máxima en mente, el autor combinó *dos activos riesgosos* con *un activo libre de riesgo* (CETES a 91 días), utilizando la teoría de la cartera desarrollada por Harry Markowitz, ganador del Premio Nobel de Economía -en

1990- por su estudio científico sobre cómo compensar riesgo y rendimiento en inversiones riesgosas (Merton, 2003).

Mediante la implementación de dicha técnica, fue posible encontrar la combinación óptima de dos activos riesgosos **(inversión inmobiliaria + colocación de títulos accionarios en el mercado de valores) y uno libre de riesgo (CETES a 91 días).**

La siguiente fórmula nos permite encontrar las proporciones óptimas (w_1 y w_2) de cada activo riesgoso del portafolio que minimizan la varianza (RIESGO) (Merton, 2003):

$$w_1 = \frac{[TMARgme-TLR]\sigma_2^2 - [R_a-TLR]\rho\sigma_1\sigma_2}{[TMARgme-TLR]\sigma_2^2 + [R_a-TLR]\sigma_1^2 - [TMARgme-TLR+R_a]\rho\sigma_1\sigma_2} \quad (7.1)$$

$$w_2 = 1 - w_1 \quad (7.2)$$

En donde:

TMARgme = TMAR global mixta esperada calculada con ayuda del modelo hidráulico probabilístico.

σ_i^2 ($i=1,2$)= Varianza de los activos 1 y 2.

σ_i ($i =1,2$) = Covarianza de los activos 1 y 2.

R_a = Rendimiento esperado del activo accionario.

ρ = Coeficiente de correlación entre los dos activos riesgosos. Se supuso un $\rho=0$, en virtud de que los dos activos carecen de toda asociación.

La línea de compensación eficiente se puede obtener mediante:

$$E(r) = TLR + w_i[E(r_s) - TLR] \quad (7.3)$$

En donde:

$E(r)$ = Tasa de rendimiento esperada de la cartera.

$E(r_s)$ = Tasa de rendimiento esperada de los activos riesgosos.

w_i = Peso de los activos riesgosos en la cartera.

TLR = Tasa libre de riesgo (CETES a 91 días).

La línea recta que une el activo sin riesgo y el punto de tangencia “T” que representa la combinación óptima de activos riesgosos, es la **mejor línea de compensación riesgo-rendimiento alcanzable**. La pendiente (m) de la línea de compensación mide el *rendimiento esperado extra que el mercado ofrece por cada unidad de riesgo extra que el inversionista está dispuesto a soportar*.

$$m = \frac{E(r_s) - TLR}{\sigma_s} \quad (7.4)$$

Las relaciones riesgo-rendimiento obtenidas en las corridas financieras dependen en gran medida de la actitud hacia el riesgo del inversionista (conservador=1; moderado=2 y agresivo=3). Asimismo, para la definición de los tres escenarios, se utilizó el criterio de Hurwicz, representado por las siguientes ecuaciones (Taha, 2012):

$$\text{máx}\{\alpha * \text{máx}v(a_i, s_j) + (1 - \alpha) * \text{mín}v(a_i, s_j)\}, \text{ si } v \text{ es ganancia} \quad (7.5)$$

$$\text{mín}\{\alpha * \text{mín}v(a_i, s_i) + (1 - \alpha) * \text{máx}v(a_i, s_j)\}, \text{ si } v \text{ es una pérdida} \quad (7.6)$$

En donde α es el índice de optimismo del inversionista y v es el rendimiento accionario del proyecto de inversión.

Resulta evidente que entre más periodos pasen, la carga de la tasa de descuento se acumula, lo que provoca que un proyecto de viviendas de interés social tenga poca viabilidad económica en el largo plazo; por lo tanto, para ser redituables deben construirse y venderse a muy corto plazo (Bazant, 2006).

Tabla 7.1 Combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.
(Escenario intermedio con perfil del inversionista= 1).

Activo	Porcentaje a invertir	$E(r)$	σ
Activo Inmobiliario	80%	23.26%	0.15
Activo Accionario	10%	-2.08%	0.150
Activo sin riesgo	10%	3.87%	0.000
Correlación	--	0	--

Nota: $E(r)$ equivale a $TMAR_{gme}$.

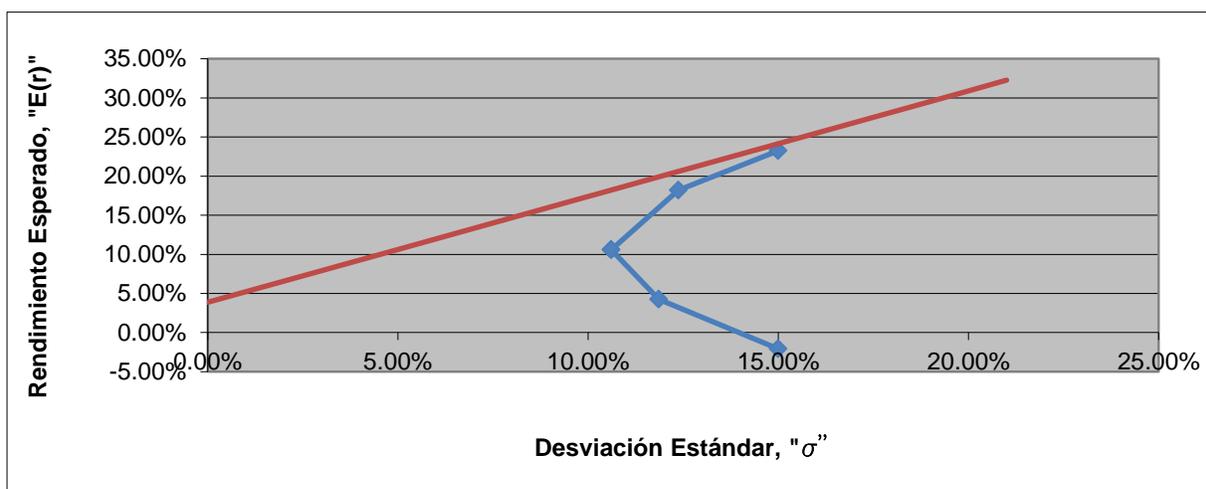


Figura 7.2 Combinación óptima de activos riesgosos. (Escenario intermedio con perfil del inversionista = 1).

Tabla 7.2 Resultados de la combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.
(Escenario intermedio con perfil del inversionista =1).

Pendiente (m)	Intersección	Porcentaje óptimo a invertir en cartera riesgosa	Porcentaje óptimo a invertir en activo sin riesgo
1.35	x=20 ; y=30.91	39.63%	60.37%

Tabla 7.3 Combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.
(Escenario intermedio con perfil del inversionista = 2).

Activo	Porcentaje a invertir	$E(r)$	σ
Activo Inmobiliario	80%	23.41%	0.15
Activo Accionario	10%	-2.08%	0.150
Activo sin riesgo	10%	3.87%	0.000
Correlación	--	0	--

Nota: $E(r)$ equivale a $TMAR_{gme}$.

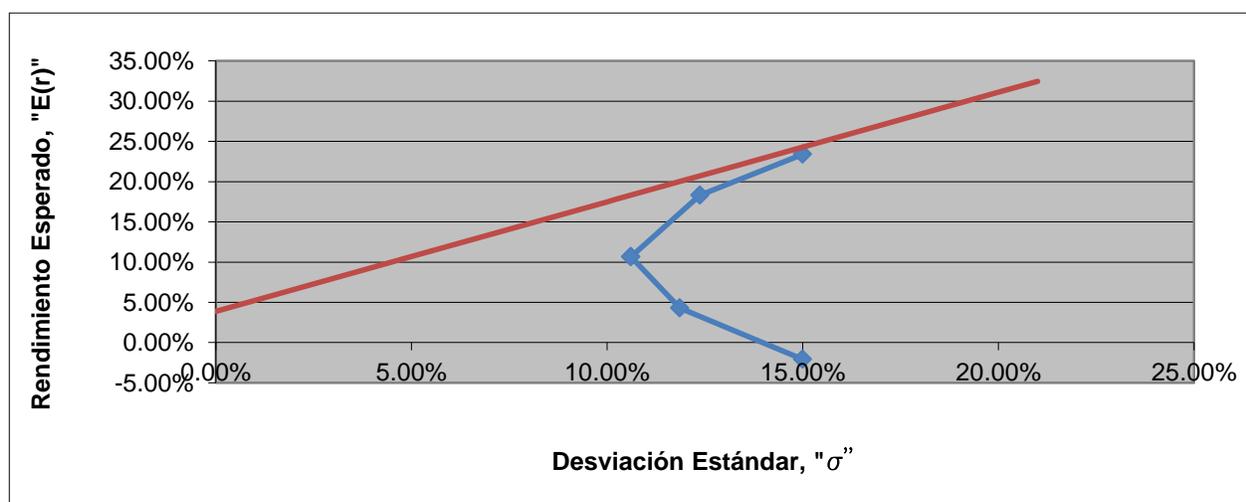


Figura 7.3 Combinación óptima de activos riesgosos. (Escenario intermedio con perfil del inversionista =2).

Tabla 7.4 Resultados de la combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.
(Escenario intermedio con perfil del inversionista =2).

Pendiente (m)	Intersección	Porcentaje óptimo a invertir en cartera riesgosa	Porcentaje óptimo a invertir en activo sin riesgo
1.36	x=20 ; y=31.1	39.51%	60.49%

Tabla 7.5 Combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.
(Escenario intermedio con perfil del inversionista =3).

Activo	Porcentaje a invertir	$E(r)$	σ
Activo Inmobiliario	80%	23.53%	0.15
Activo Accionario	10%	-2.085	0.150
Activo sin riesgo	10%	3.87%	0.000
Correlación	--	0	--

Nota: $E(r)$ equivale a $TMAR_{gme}$.

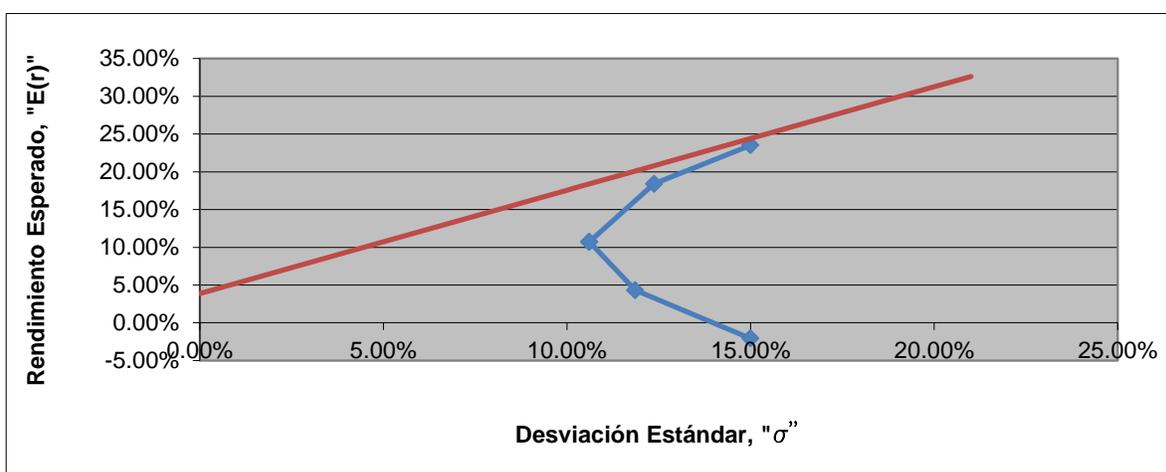


Figura 7.4 Combinación óptima de activos riesgosos. (Escenario intermedio con perfil del inversionista= 3).

Tabla 7.6 Resultados de la combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.
(Escenario intermedio con perfil del inversionista =3).

Pendiente (m)	Intersección	Porcentaje óptimo a invertir en cartera riesgosa	Porcentaje óptimo a invertir en activo sin riesgo
1.36	x=20 ; y=31.26	39.42%	60.58%

Tabla 7.7 Combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.
(Escenario optimista con perfil del inversionista= 1).

Activo	Porcentaje a invertir	E (r)	σ
Activo Inmobiliario	80%	23.34%	0.15
Activo Accionario	10%	8.06%	0.150
Activo sin riesgo	10%	3.87%	0.000
Correlación	--	0	--

Nota: $E(r)$ equivale a $TMAR_{gme}$.

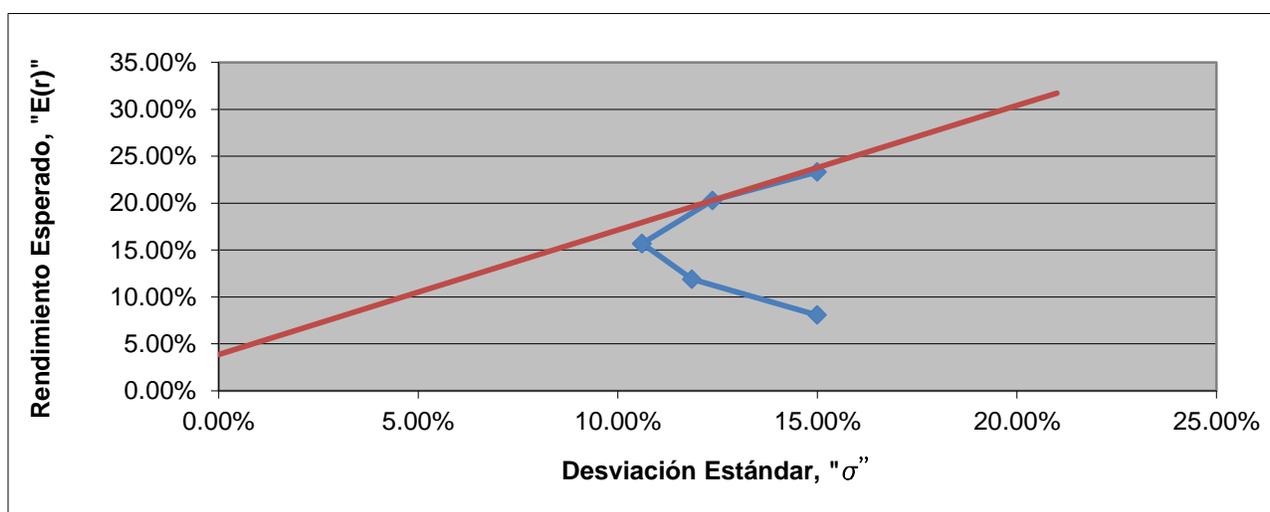


Figura 7.5 Combinación óptima de activos riesgosos. (Escenario optimista con perfil del inversionista= 1).

Tabla 7.8 Resultados de la combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.
(Escenario optimista con perfil del inversionista= 1).

Pendiente (m)	Intersección	Porcentaje óptimo a invertir en cartera riesgosa	Porcentaje óptimo a invertir en activo sin riesgo
1.32	x=13.00 ; y=21.13	72.36%	27.64%

Tabla 7.9 Combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.
(Escenario optimista con perfil del inversionista= 2).

Activo	Porcentaje a invertir	$E(r)$	σ
Activo Inmobiliario	80%	23.49%	0.15
Activo Accionario	10%	8.06%	0.150
Activo sin riesgo	10%	3.87%	0.000
Correlación	--	0	--

Nota: $E(r)$ equivale a $TMAR_{gme}$.

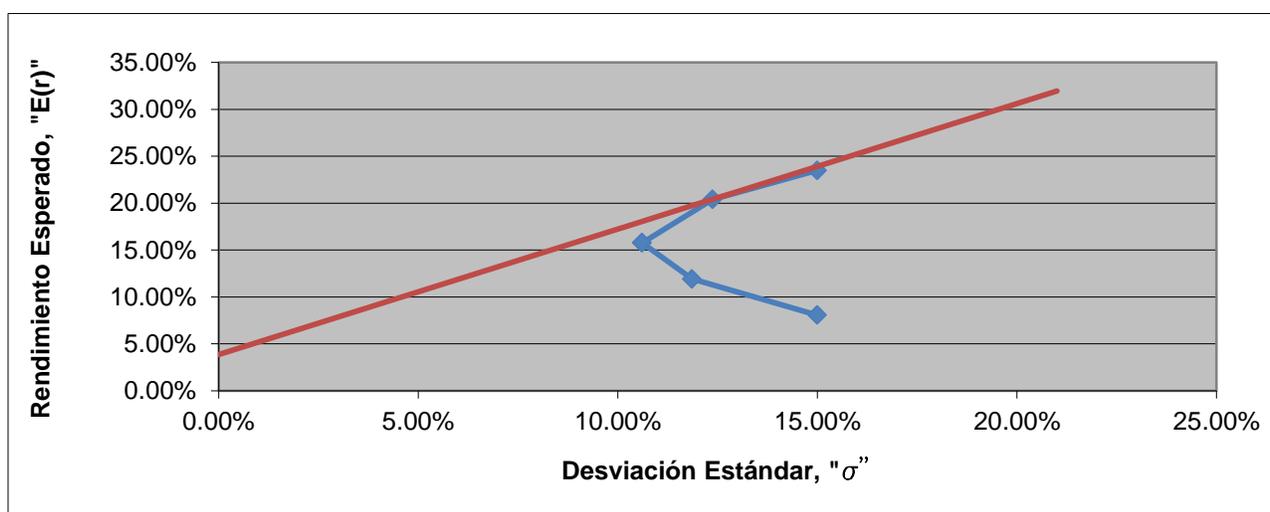


Figura 7.6 Combinación óptima de activos riesgosos. (Escenario optimista con perfil del inversionista= 2).

Tabla 7.10 Resultados de la combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.
(Escenario optimista con perfil del inversionista= 2).

Pendiente (m)	Intersección	Porcentaje óptimo a invertir en cartera riesgosa	Porcentaje óptimo a invertir en activo sin riesgo
1.33	x=13 ; y=21.26	71.76%	28.24%

Tabla 7.11 Combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.
(Escenario optimista con perfil del inversionista= 3).

Activo	Porcentaje a invertir	E (r)	σ
Activo Inmobiliario	80%	23.58%	0.15
Activo Accionario	10%	8.06%	0.150
Activo sin riesgo	10%	3.87%	0.000
Correlación	--	0	--

Nota: $E(r)$ equivale a $TMAR_{gme}$.

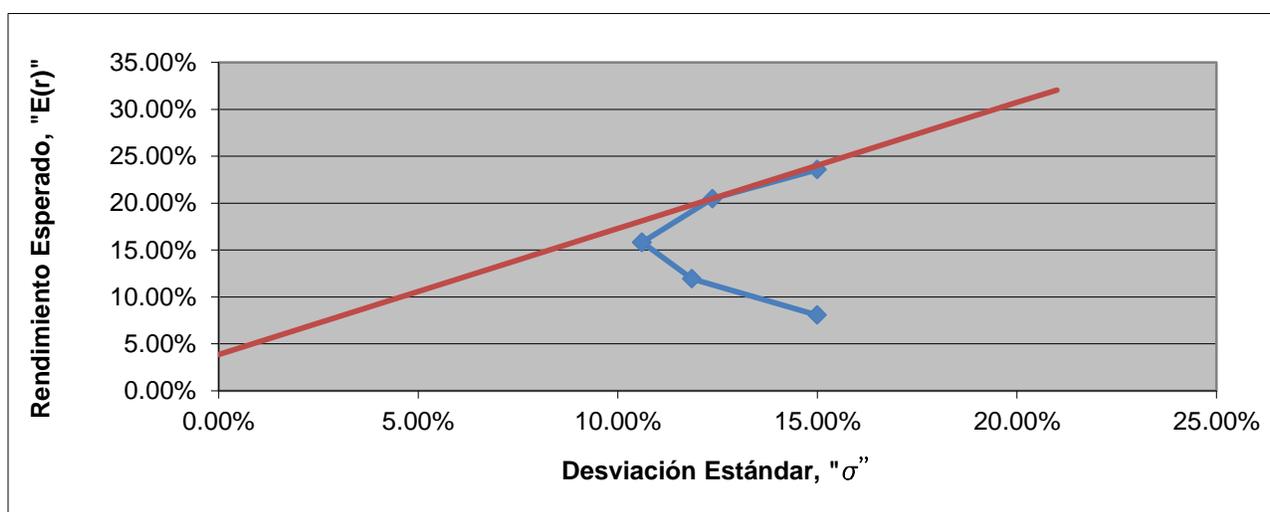


Figura 7.7 Combinación óptima de activos riesgosos. (Escenario optimista con perfil del inversionista= 3).

Tabla 7.12 Resultados de la combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.
(Escenario optimista con perfil del inversionista= 3).

Pendiente (m)	Intersección	Porcentaje óptimo a invertir en cartera riesgosa	Porcentaje óptimo a invertir en activo sin riesgo
1.34	x=12 ; y=19.99	71.4%	28.6%

Tabla 7.13 Combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.
(Escenario pesimista con perfil del inversionista= 1)..

Activo	Porcentaje a invertir	$E(r)$	Σ
Activo Inmobiliario	80%	23.19%	0.15
Activo Accionario	10%	-12.21%	0.150
Activo sin riesgo	10%	3.87%	0.000
Correlación	--	0	--

Nota: $E(r)$ equivale a $TMAR_{gme}$.

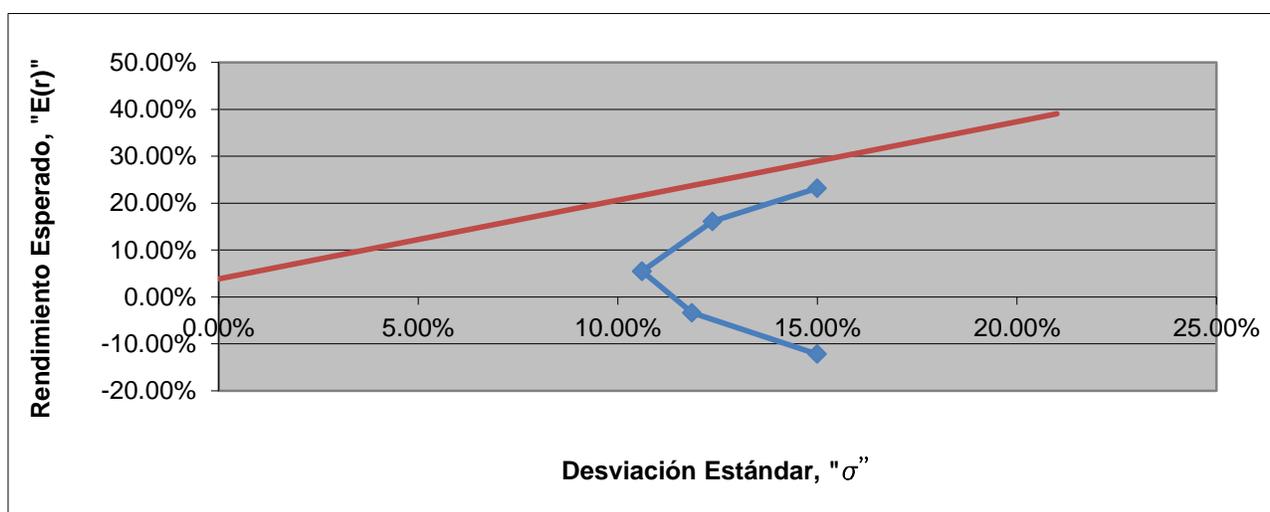


Figura 7.8 Combinación óptima de activos riesgosos. (Escenario pesimista con perfil del inversionista= 1).

Tabla 7.14 Resultados de la combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.
(Escenario pesimista con perfil del inversionista= 1).

Pendiente (m)	Intersección	Porcentaje óptimo a invertir en cartera riesgosa	Porcentaje óptimo a invertir en activo sin riesgo
1.67	----	93.78%	6.22%

Tabla 7.15 Combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.
(Escenario pesimista con perfil del inversionista= 2).

Activo	Porcentaje a invertir	$E(r)$	Σ
Activo Inmobiliario	80%	23.39%	0.15
Activo Accionario	10%	-12.21%	0.150
Activo sin riesgo	10%	3.87%	0.000
Correlación	--	0	--

Nota: $E(r)$ equivale a $TMAR_{gme}$.

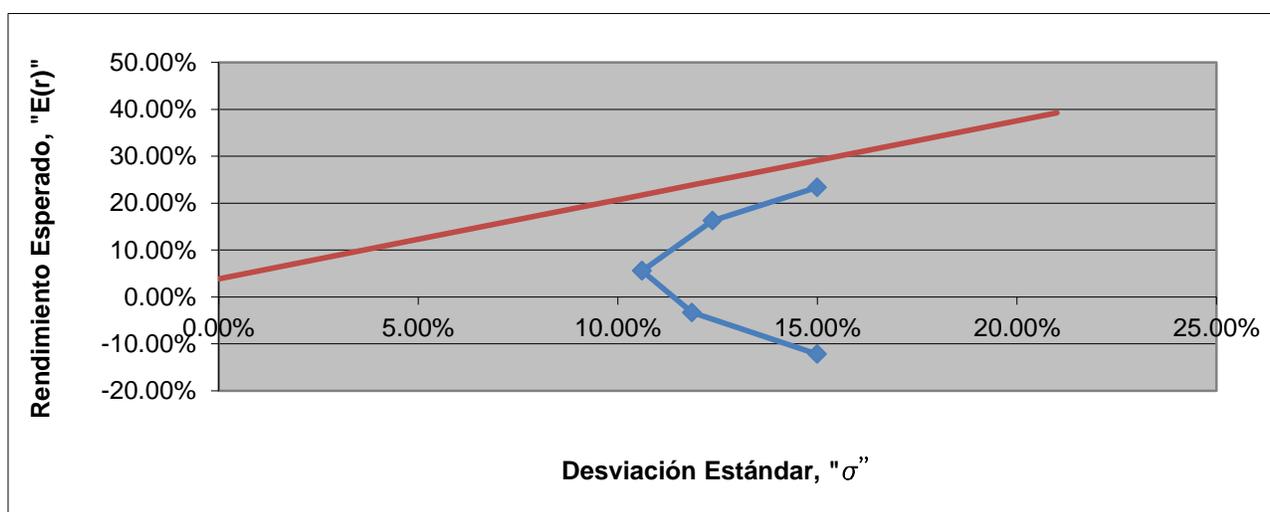


Figura 7.9 Combinación óptima de activos riesgosos. (Escenario pesimista con perfil del inversionista= 2).

Tabla 7.16 Resultados de la combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.
(Escenario pesimista con perfil del inversionista= 2).

Pendiente (m)	Intersección	Porcentaje óptimo a invertir en cartera riesgosa	Porcentaje óptimo a invertir en activo sin riesgo
1.68	----	93.48%	6.52%

Tabla 7.17 Combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.
(Escenario pesimista con perfil del inversionista= 3).

Activo	Porcentaje a invertir	$E(r)$	Σ
Activo Inmobiliario	80%	23.49%	0.15
Activo Accionario	10%	-12.21%	0.150
Activo sin riesgo	10%	3.87%	0.000
Correlación	--	0	--

Nota: $E(r)$ equivale a $TMAR_{gme}$.

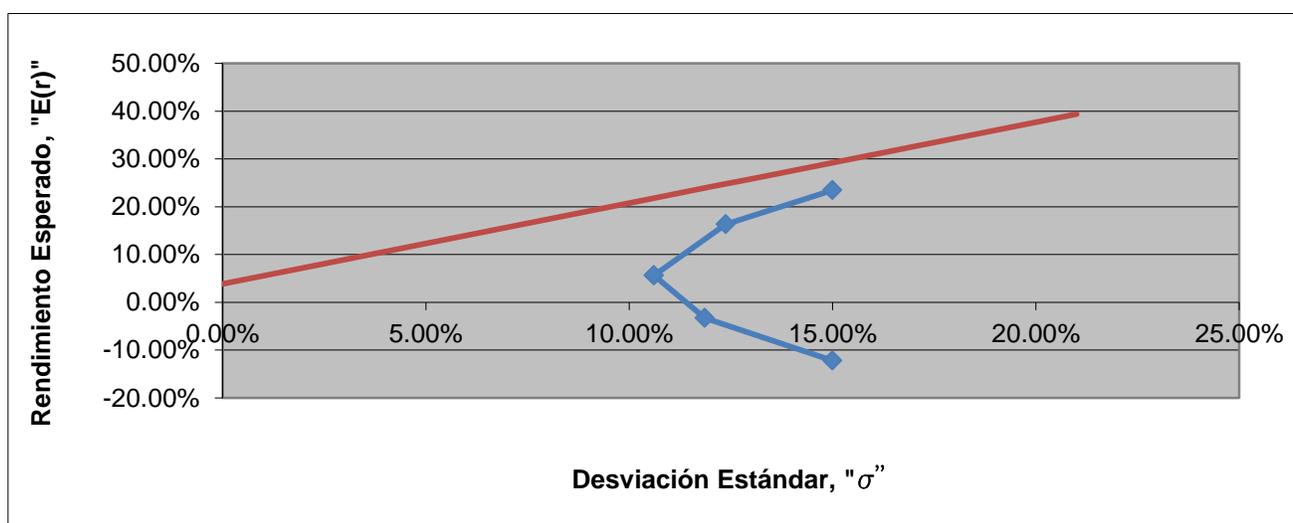


Figura 7.10 Combinación óptima de activos riesgosos. (Escenario pesimista con perfil del inversionista= 3).

Tabla 7.18 Resultados de la combinación de dos activos riesgosos y uno libre de riesgo.
(Escenario pesimista con perfil del inversionista= 3).

Pendiente (m)	Intersección	Porcentaje óptimo a invertir en cartera riesgosa	Porcentaje óptimo a invertir en activo sin riesgo
1.69	----	93.33%	6.67%

De los resultados obtenidos en el presente análisis podemos concluir que se cumple el principio de las finanzas que reza: **“En la medida que una inversión es más riesgosa, debe exigírsele un mayor rendimiento”**.

Asimismo, se cumple la máxima de Platón que dice: **“Es imposible combinar bien dos cosas sin una tercera, hace falta una relación entre ellas que las ensamble”**. Al combinar dos activos riesgosos con uno libre de riesgo, estamos garantizando que los rendimientos inmobiliarios y accionarios serán combinados óptimamente; utilizando como pivote un rendimiento seguro, libre de riesgo (CETES a 91 días), calculado durante los primeros tres meses que dura la planeación de trabajos preliminares y trámites previos a la construcción del fraccionamiento en estudio.

Por otra parte, el modelo hidráulico ayudó a visualizar el movimiento del capital invertido. De hecho, las fórmulas para calcular los riesgos inherentes al proyecto, a saber, riesgo de liquidez; riesgo de mercado y riesgo de insolvencia; así como el tiempo de recuperación de la inversión, fueron deducidas a partir de establecer diferentes analogías entre la hidráulica y las finanzas. Otra de las aportaciones científicas en el presente proyecto de investigación financiera consiste en que cada variable fue tratada como un proceso continuo; conceptualizado como un fenómeno que cambia continuamente con el tiempo. Las variables exógenas (índice inflacionario; PIB construcción y tasa de interés de mercado) fueron modeladas como un proceso estocástico continuo independiente, es decir, como una sucesión de variables aleatorias que varían continuamente de ciertos parámetros, entre ellos el tiempo.

Finalmente, el enfoque probabilístico aquí propuesto no supone probabilidades subjetivas a priori como lo plantean las técnicas contenidas en muchos libros de texto. Por el contrario, se establece una **nueva filosofía**. En lugar de suponer las probabilidades y a partir de ellas determinar las acciones por seguir; el presente enfoque analiza las acciones y a partir de ellas, calcula sus respectivas probabilidades, haciendo uso de funciones de densidad de probabilidad racionales...

REFERENCIAS:

- Aleksandrov, A.D; Kolmogorov, A.N y Laurentiev, M.A. 1994. La matemática: su contenido, métodos y significado. Alianza. Madrid.
- Aparicio Mijares, Javier. 2011. Fundamentos de hidrología de superficie. Editorial Limusa, México D.F.
- Baca Urbina, G. 2013. Evaluación de Proyectos. 7ma. Ed. Mc Graw Hill. México D. F.
- Báez López, D. 2006. MATLAB con aplicaciones a la Ingeniería, Física y Finanzas. Alfaomega. México, D. F.
- Banobras. 2000. Federalismo y Desarrollo. No. 70. Edición Octubre- Noviembre-Diciembre de 2000. Pág. 94.
- Bazant Jan. 2006. Fraccionamientos: Diseño y Evaluación Financiera. 1ra. Edición. Editorial LIMUSA S. A. de C. V.
- Borisenko A. I. and Tarapov I. E. 1979. Vector and Tensor Analysis With Applications. 1ra Edición. Dover Publications, Inc. EUA.
- Braun Eliezer.1986. Un Movimiento de Zigzag. 1ra edición. Fondo de Cultura Económica S. A. de C. V. México D.F.
- Brun, Xavier; Elvira, Oscar; Puig, Xavier. 2008. Matemática financiera y estadística básica. Bresca Editorial, S. L., Barcelona, España.
- Bunge M. 2009. La investigación científica. 4ta. Reimpresión. Siglo veintiuno editors. D.F., México.
- De Lara Haro, Alfonso. 2008. Medición y Control de riesgos financieros. 3ra. Edición. Editorial LIMUSA S. A. de C. V. México D. F.
- De Régules, Sergio. 2012. Tycho: Excéntrico hasta la muerte. Revista: ¿Cómo ves?.

- Flores, Matiana. 2013. Artículo: Calificación positiva. Revista Inversionista, México, D. F.
- Freedman, David H. 2011. A formula for economic calamity. Revista Scientific American; November. Pág. 60-61.
- Gitman, Lawrence. 2007. Principios de Administración Financiera. 11a. Edición. Editorial Pearson. México.
- Gordon, José. 2012. Artículo: Mentes brillantes y supercuerdas. Revista Muy Interesante. Pág. 32.
- Gutiérrez, Francisco J. 2010. ¿Qué es primero la Bolsa o el PIB?. Revista Expansión, AGOSTO. Págs. 116-117.
- Hastings K. 2001. Introduction to Probability with Mathematica. 1ra. Edición. Chapman & Hall/CRC. U.S.A.
- Hayes, Brian. 2009. Everything is under control. American Scientist.
- Hernández Ruíz, Enrique A. 2013. Evaluación de proyectos y valuación de empresas. Trillas, México D. F.
- Jaeger, Charles. 1955. Engineering fluid mechanics. Blackie & Son limited. Toronto.
- Jorion Philippe. 2000. Valor en Riesgo (El nuevo paradigma para el control de riesgos con derivados). 1ra. Edición. Editorial LIMUSA S. A. de C. V. México D. F.
- Kansas D. 2013. Guía completa para invertir mejor su dinero. 1ª. Edición. Editorial Profit. España.
- Kottegoda N. & Rosso R. 2008. Applied Statistics for Civil and Environmental Engineers. 2da. Edición. Editorial Blackwell. Oxford, United Kingdom.
- Lind, D:A; Mason, R. D; Marchal, W. G. 2001. Estadística para administración y economía. 3ra. Edición. Mc Graw Hill. México, D. F.

- Litvinoff N. 2010. ¡Es tu dinero!, Finanzas personales sin asesores. 1ra. Edición. Ediciones Granica. Buenos Aires, Argentina.
- Luna, Carmen. 2013. Comercio supera su crisis y regresa al IPC. El Economista, 23 de agosto de 2013. Pág. 18.
- MacMahon, P. A. 1892. The combination of resistences. The Electrician 1892, 28, 601-602.
- Marichal Carlos. 2010. Las Grandes Crisis Financieras (Una perspectiva global, 1973-2008).1era. Edición. Sudamericana, S. A. México D. F.
- Martínez Viramontes, S. 2003. Capitalización de Rentas. 2da. Edición. FECISVAL. Tijuana, México.
- Morales A. & Morales J.A. 2009. Proyectos de inversión: evaluación y formulación. 1ra. Edición. McGraw Hill. D.F., México.
- Navarro Castaño, Diego. 1990. Fundamentos de Matemáticas Financieras. Universidad Nacional de Colombia.
- Núñez Zuñiga, R. 2007. Introducción a la econometría. Trillas. México D. F.
- Rebonato Renato. 2011. Plight of the Fortune Tellers (Why We Need to Manage Financial Risk Differently). 1ra. Edition. Princeton University Press, New Jersey, EUA.
- Roca Cusidó, A. 2002. Control de Procesos. 2da. Ed. Alfaomega. México, D. F.
- S&P Capital IQ. 2013. S&P Capital IQ, McGraw Hill Financial. Extraído de: <https://www.capitaliq.com/home.aspx>.
- Salmon, Félix. 2009. A formula for disaster. Revista: Wired. Página 112. San Francisco, Estados Unidos.

- Sotelo G. 1997. Hidráulica general, Vol.1 Fundamentos. 14^a. Edición. Limusa Editores. D.F., México.
- Stix, Gary. 1998. Un cálculo del riesgo. Investigación y ciencia. Rev. 24-30.
- Taha, Hamdy A. 2012. Investigación de Operaciones. 9a. Edición. Editorial Pearson. México.
- Towle, Gene. 2013. Artículo: Altibajos Inmobiliarios. Revista. Época. Pág. 35.
- Viniegra Heberlein, Fermín. 1986. Una Mecánica sin Talachas. 2da. Edición. Fondo de Cultura Económica. México, D. F.

ANEXOS

ANEXO 1: Cuestionario del Inversorista.

TOLERANCIA AL RIESGO.

- 1) Dos semanas después de haber comprado 100 acciones de una empresa en la Bolsa, estas suben de \$20 a \$30. Usted decide:
 - a) Comprar más acciones de la empresa;
 - b) Venderlas y tomar ganancias;
 - c) Vender la mitad para asegurarse una ganancia y mantener el resto;
 - d) Esperar a que suba más y después ver.

- 2) Los días en que la Bolsa sube de valor, usted:
 - a) Se lamenta por no haber comprado más acciones;
 - b) Llama a su asesor financiero y le pide recomendaciones;
 - c) Se siente contento de no operar en un mercado tan volátil;
 - d) No le da importancia.

- 3) Gana \$1000 en una apuesta y:
 - a) Se los gasta enseguida en cosas sin importancia;
 - b) Se los gasta en billetes de lotería;
 - c) Pone el dinero en una cuenta a la vista;
 - d) Compra acciones en la bolsa.

- 4) Luego de trabajar años en una pequeña empresa de rápido crecimiento, le surge la posibilidad de comprar el 2% de la compañía. Aunque la firma no cotiza en bolsa, sabe que sus dueños mayoritarios han logrado atractivas ganancias creando y vendiendo empresas en oportunidades anteriores y ahora intentan repetir la estrategia. Usted decide:
 - a) Comprar todas las acciones que le ofrecen e informarles a los dueños que estaría dispuesto a comprar más si se lo permitieran;
 - b) Comprar todas las acciones que le ofrecen;
 - c) Adquirir la mitad de las acciones que le ofrecen;
 - d) Adquirir menos de la mitad de las acciones que le ofrecen.

- 5) El dueño de la casa donde usted vive como inquilino le informa que la tirará para construir un moderno edificio. A cambio, le ofrece gratis una opción de compra sobre uno de los departamentos, opción que tiene un precio de mercado de 15,000 dólares y que podrá ejercer al momento de terminarse la construcción del edificio a un valor 10% inferior al que dicte entonces el mercado. Si no desea recibir la opción, puede pagar 75,000 dólares por el

- departamento, que promete valer 100,000 a más una vez terminado, siempre y cuando los precios de los inmuebles continúen subiendo. Para financiar la compra, debería pedir un préstamo para realizar el depósito inicial y abonar luego las cuotas del préstamo. Estas, sumadas a las expensas del departamento, representarían gastos mensuales superiores a los que en la actualidad tiene. Usted decide:
- Pedir el préstamo por 75,000 dólares y comprar el departamento;
 - Buscar financiación con la idea de comprar dos departamentos;
 - Vender la opción que le obsequia el dueño y buscar más adelante un departamento para alquilar en la misma zona;
 - Vender la opción y mudarse a una zona más económica esperando que las propiedades bajen de precio.
- 6) ¿Cuál de las siguientes expresiones definen mejor su estilo de vida?
- “Sin sufrimiento no hay gloria.”
 - “Simplemente, hazlo ahora.”
 - “Siempre mira antes de saltar.”
 - “Todas las cosas buenas llegan para quien sabe esperarlas.”
- 7) Está planeando sus vacaciones y puede optar entre un alojamiento de \$150 por día con todos los servicios incluidos y otro que podrá definir una vez que arribe al lugar de destino y que implicaría pagar entre \$100 y \$300 por día por un servicio similar, dependiendo de las vacantes que encuentre. Usted:
- Contrata directamente el servicio *all inclusive*;
 - Pide recomendaciones a personas que ya estuvieron en el lugar;
 - Elige la segunda opción pero contrata un seguro de viajes para cubrirse de pagar los montos más altos;
 - Contrata directamente la segunda opción.
- 8) ¿Cuál de las siguientes expresiones describe mejor su postura con respecto al dinero?
- “Un dólar ahorrado es un dólar ganado.”
 - “Hay que gastar dinero para ganar dinero.”
 - “Todo lo que entra, sale.”
 - “Siempre que sea posible, conviene usar el dinero de los demás.”
- 9) Quiere invitar a cenar a alguien especial en una ciudad que no conoce demasiado. Para elegir el restaurante:
- Busca críticas de los restaurantes en una revista especializada;
 - Pregunta a sus conocidos si saben de alguno para recomendar;
 - Llama a un conocido que vivió en esa ciudad años atrás;

d) Recorre la ciudad antes de la cena para buscar algún restaurante que le agrade.

- 10) Va al casino por primera vez y juega a:
- a) El tragamonedas con fichas de 25 centavos;
 - b) La ruleta con apuestas mínimas de \$15;
 - c) El traga monedas con fichas de \$1;
 - d) El blackjack con apuestas mínimas de \$25.

Calcular el puntaje final según el valor de cada respuesta:

- 1. $a=4, b=1, c=3, d=2$
- 2. $a=3, b=4, c=2, d=1$
- 3. $a=1, b=4, c=2, d=3$
- 4. $a=4, b=3, c=2, d=1$
- 5. $a=3, b=4, c=2, d=1$
- 6. $a=4, b=3, c=2, d=1$
- 7. $a=2, b=3, c=1, d=4$
- 8. $a=2, b=3, c=1, d=4$
- 9. $a=4, b=3, c=2, d=1$
- 10. $a=1, b=3, c=2, d=4$

DIAGNÓSTICO:

De 10 a 17 puntos: cuando se trata de dinero, usted no está dispuesto a enfrentar riesgos. Se opone aun cuando el rendimiento esperado de la apuesta sea alto. Su tolerancia al riesgo es muy baja.

De 18 a 25 puntos: usted es un inversionista medianamente conservador y su tolerancia al riesgo va de mediana a baja. Sólo toma decisiones cuando cuenta con toda la información existente y esta lo satisface.

De 26 a 32 puntos: usted es un inversionista bastante agresivo y su tolerancia al riesgo va de mediana a alta. Está dispuesto a tomar riesgos en sus decisiones siempre y cuando el rendimiento esperado lo justifique.

De 33 a 40 puntos: su tolerancia al riesgo es muy alta. Usted es un inversionista decididamente agresivo, para quien cualquier operación puede justificarse si el rendimiento esperado es alto. Ve al dinero como una herramienta para hacer más dinero.

TMAR objetivo definida según la tolerancia al riesgo (Litvinoff, 2010).

Factor de T.R. Promedio	Perfil del Inversionista	TMAR obj.
a = 15	Inversionista que no está dispuesto a enfrentar riesgos.	13%
a = 20	Inversionista medianamente conservador. Su tolerancia al riesgo va de mediana a baja.	16.5%
a = 25	Inversionista bastante agresivo. Su tolerancia al riesgo va de mediana a alta.	20%
a = 30	Inversionista decididamente agresivo. Su tolerancia al riesgo es muy alta.	23.5%

ANEXO 2: Calendario de ingresos y egresos del proyecto (cantidades en millones de pesos, 2012-2013).

	Total	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
I. Erogaciones (79.10%)																										
1.1 Inversión inicial (16.8%)	15.00	15.00																								
1.2 Urbanización (16%)	10.00		3.00		3.00		1.00	3.00																		
1.3 Equipamiento (3%)	4.00		1.00	5.00	1.00	5.00																				
1.4 Edificación (43.3%)	10.00		3.00	3.00	3.00	1.00																				
100 viviendas \$25.00			3.00	1.00	1.00	1.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00															
100 viviendas \$25.00			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00															
100 viviendas \$25.00			1.00	2.00	4.00	1.00	4.00	1.00		4.00	1.00	1.00	4.00													
100 viviendas \$25.00			1.00	1.00	1.00	4.00	4.00	4.00	4.00	1.00	3.00	3.00	1.00	3.00	4.00	4.00										
100 viviendas \$25.00															3.00	3.00	4.00									
subtotal	39.00	15.00	15.00	15.00	16.00	15.00	16.00	15.00	11.00	12.00	11.00	4.00	5.00	3.00	7.00	7.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acumulado		15.00	30.00	45.00	61.00	76.00	92.00	107.0	118.0	130.0	141.0	145.0	150.0	153.0	160.0	167.0	171.0	171.0	171.0	171.0	171.0	171.0	171.0	171.0	171.0	171.0

II. Ingresos (20.9%)	312.50																										
100 viviendas \$40.50																											
100 viviendas \$40.50										7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00												
100 viviendas \$40.50												1.50	7.00	7.00	7.00	5.00											
100 viviendas \$40.50												7.00	7.00	7.00	7.50	7.50	6.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	7.50	8.00	
100 viviendas \$40.50													6.00	7.00	7.00	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50							
subtotal	312.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	7.00	15.50	27.00	28.00	28.50	20.00	13.50	15.50	15.50	15.50	8.00	8.00	88.00	7.50	8.00	
Acumulado		0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	7.00	14.00	29.50	56.50	84.50	113.00	133.00	146.50	162.00	177.50	193.00	201.00	209.00	297.00	304.50	312.50	

APÉNDICE MATEMÁTICO.

Ecuación 6.3:

$$\omega = \frac{k_i}{2a\sigma^2} \tag{6.3}$$

En teoría óptima de portafolios la tasa de retorno “R” que un inversionista espera de una cartera de inversión está dada por (Hastings, 2001):

$$R = (1 - q)r_1 + qR_2 \tag{6.3'}$$

Donde “q” es la proporción a invertir en acciones y 1-q en bonos. Asimismo, “r₁” es la tasa de retorno de la inversión en bonos y “R₂” es la tasa de retorno esperada de un activo riesgoso (acciones).

A partir de la ecuación anterior e introduciendo conceptos probabilísticos, la tasa de retorno media como función de “q” es:

$$\mu_p = E[(1 - q)r_1 + qR_2] = (1 - q)r_1 + q\mu_2 \tag{6.3''}$$

Y la varianza de R es:

$$\sigma_p^2 = Var((1 - q)r_1 + qR_2) = q^2Var(R_2) = q^2\sigma_2^2 \tag{6.3'''}$$

Modelando el comportamiento de aversión al riesgo del inversionista como la diferencia $\mu_p - a\sigma_p^2$, en donde “a” representa la constante de aversión y combinando las ecuaciones anteriores se llega a la siguiente expresión:

$$f(q) = r_1 + (\mu_2 - r_1)q - a\sigma_2^2q^2 \tag{6.3''''}$$

Con ayuda del cálculo diferencial es posible determinar el valor óptimo de dicha función objetivo, en donde se obtiene:

$$q^* = \frac{\mu_2 - r_1}{2a\sigma_2} \tag{6.3'''''}$$

Utilizando el principio de similitud, se estableció que dicha función sea equivalente a un parámetro de eficiencia de la dirección financiera definida por la ecuación (6.3).....LQQD.

Ecuación 6.5:

$$Premio/Castigo = \left(-I_0 + \frac{n * (B_t - C_t)}{TMAR_{obj}} \right) \left(1 + \frac{TMAR_{obj}}{n} \right)^t * \ln \left(1 + \frac{TMAR_{obj}}{n} \right)$$

El origen de esta ecuación es la fórmula financiera del balance final de un depósito bancario después de n periodos expresada por (Báez, 2008):

$$P(t) = \left(P_0 + \frac{qd}{r} \right) \left(1 + \frac{r}{q} \right)^n - \frac{qd}{r} \tag{6.5'}$$

En donde:

$P(t)$ =Balance al final del tiempo “t”.

P_0 =Depósito inicial.

q = Número de periodos de capitalización durante un año.

d = Depósito anual.

r = Tasa de interés anual.

n = Tiempo en el que se desea conocer el saldo.

Recordemos que si el capital que tiene una empresa en el momento t es $P(t)$, $P'(t)$ se llama flujo neto de inversión,

$$\frac{dP(t)}{dt} = \left(P_0 + \frac{qd}{r} \right) \left(1 + \frac{r}{q} \right)^t \ln \left(1 + \frac{r}{q} \right) \tag{6.5''}$$

Introduciendo las variables financieras aptas para el proyecto inmobiliario, podemos establecer un premio o castigo por riesgo de liquidez, a través de la ecuación (6.5).....LQQD.

Ecuaciones 6.7a, 6.7b y 6.7c:

$$\frac{D_1}{C_1} = \frac{TMAR_{gm-i}}{1+i} \tag{6.7a}$$

$$\frac{D_2}{C_2} = \frac{TMAR_{gm-PIB_c}}{1+PIB_c} \tag{6.7b}$$

$$\frac{D_3}{C_3} = \frac{TMAR_{gm-TLR}}{T_{im}-TLR} \tag{6.7c}$$

El profesor Baca Urbina propone la siguiente ecuación para calcular el valor de la TMAR (Baca, 2013):

$$TMAR = i + f + if ; i = \text{premio al riesgo}; f = \text{inflación}.$$

Despejando el premio al riesgo, se tiene:

$$i = \frac{TMAR-f}{1+f}$$

El autor hizo un cambio de notación, de manera que el índice inflacionario sea identificado con la vocal “i”, en la ecuación 6.7a.

La ecuación 6.7b fue tratada en la misma forma que la 6.7a excepto que la variable “i” fue reemplazada por PIB construcción.

La ecuación 6.7c proviene de despejar el coeficiente β del modelo de precios de activos de capital de William F. Sharpe, mencionado más adelante.

Los tres cocientes arriba indicados representan el índice de volatilidad relativa de un sistema vapor-líquido, gobernado por oscilaciones puramente brownianas. Dicho artificio matemático sirvió para internalizar las tres variables exógenas ($i; PIB_c$ y T_{im}) dentro de la ecuación de densidad de probabilidad de Markov, (6.6).....LQQD.

Ecuación 6.7d:

$$Tim = \left(10 * \frac{B}{C}\right) - \frac{1}{\beta}(1 - \beta) \times TLR + \frac{1}{\beta}TMARgm \times t + \beta sen\left(\frac{2\pi t}{12}\right)$$

Para deducir esta ecuación, el autor partió de la base del modelo de precios de activos de capital de William F. Sharpe ("Capital Asset Prices Model", por sus siglas en inglés), definido por la siguiente expresión (Gitman, 2007):

$$R_i = TLR + [\beta * (R_m - TLR)] \quad (6.7d')$$

En donde:

R_i = Rendimiento requerido del activo "i".

TLR = Tasa efectiva de rendimiento de CETES a 91 días.

β = Coeficiente beta o riesgo sistemático del activo "i". $0.5 \leq \beta \leq 2$.

R_m = Rendimiento de mercado.

Introduciendo una notación congruente con nuestro proyecto de inversión inmobiliaria (fraccionamiento), se tiene:

$$TMARgm = TLR + [\beta * (Tim - TLR)] \quad (6.7d'')$$

Despejando la tasa de interés de mercado Tim (**tasa de riesgo**), conduce a:

$$Tim = \frac{1}{\beta} [TMARgm - (1 - \beta) * TLR] \quad (6.7d''')$$

Además, se tomaron en cuenta las fluctuaciones estacionales de las ventas de viviendas con la introducción del término $\beta sen\left(\frac{2\pi}{12}\right)t$, cuya fracción $\frac{1}{12}$ considera una variación mensual correspondiente a un ciclo anual (Kottegoda & Rosso, 2008).

Calibrando con ayuda del factor $10 * \frac{B}{C}$ y ordenando cada uno de los términos, se llegó a la ecuación 6.7d; cuya gráfica se muestra a continuación:

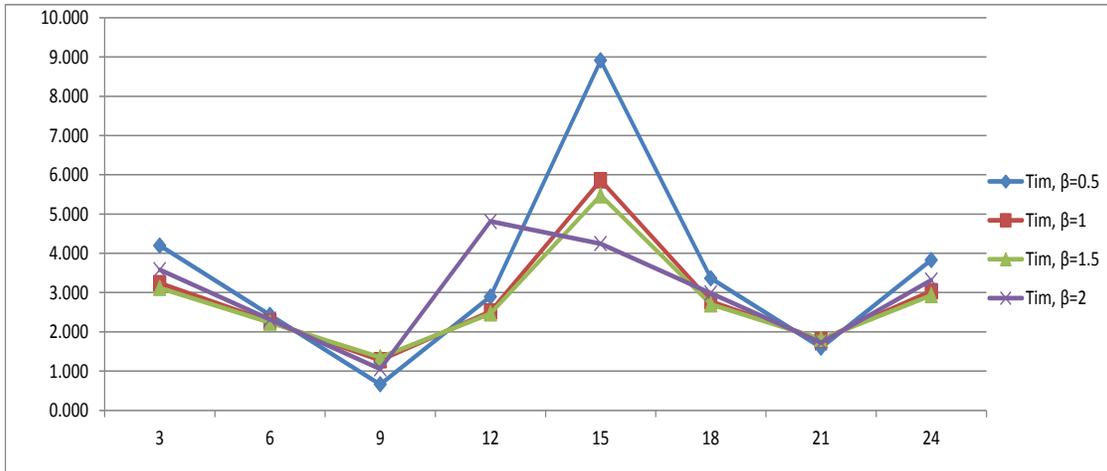


Figura A. Tasa de interés de mercado para diversas volatilidades y perfil de inversionista moderado (2).

Ecuación 6.14:

$$P_{RM} = \frac{1}{4000 * \pi} * \sum_{k=1}^n FNE * \frac{B_k - C_k}{Tim^3}$$

En teoría de campos vectoriales se puede demostrar que el campo de una fuente puntual está dado por la ecuación (Borisenko & Taparov, 1979):

$$A = \frac{Q}{4\pi} * \frac{r}{r^3} \tag{6.14'}$$

Donde Q se conoce como la resistencia de la fuente, que equivale al flujo de “A” a través de una superficie cerrada que envuelve la fuente:

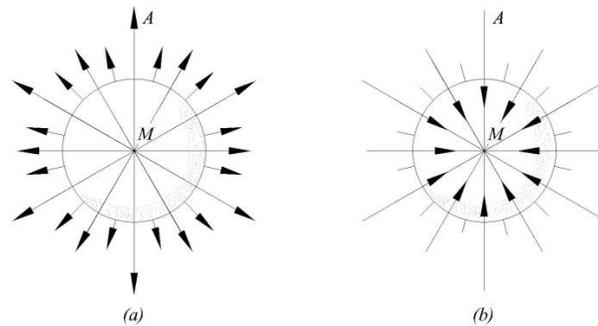


Figura B. Una fuente (a) y un sumidero (b).

La analogía aquí propuesta defiende la hipótesis de que el mercado inmobiliario pasa cíclicamente por fases de expansión y contracción, respectivamente.

Así, la resistencia de una fuente es equivalente al volumen de fluido emitido por unidad de tiempo (eflujo).

Si Q es negativo, tenemos un sumidero de resistencia $|Q|$, donde esta variable es ahora el volumen de fluido absorbido por el sumidero, por unidad de tiempo.

Por inferencia, se puede demostrar que el campo debido a “ n ” fuentes puntuales de resistencias Q_1, Q_2, \dots, Q_n en los puntos con radios vectores r_1, r_2, \dots, r_n equivale a:

$$A = \frac{1}{4\pi} \left(Q_1 \frac{r-r_1}{|r-r_1|^3} + Q_2 \frac{r-r_2}{|r-r_2|^3} + \dots + Q_n \frac{r-r_n}{|r-r_n|^3} \right) \quad (6.14'')$$

$$A = \frac{1}{4\pi} \sum_{k=1}^n Q_k \frac{r-r_k}{|r-r_k|^3} \quad (6.14''')$$

Finalmente, aplicando el principio de analogía estructural (Bunge, 2009) con un factor de escalado de 1000, se llega a la ecuación (6.14).....LQQD.

Ecuación 6.18:

$$t = \frac{2 * VP_B * VP_C}{VP_B + VP_C} * \frac{\sqrt{TIR} - \sqrt{TMARgm}}{a}$$

En hidráulica, cuando hay un vaciado de líquido entre dos esclusas como las existentes en el Canal de Panamá, el descenso "x" en el nivel de la esclusa 1 significa un descenso "y" en el nivel de la esclusa 2, de tal modo que en cualquier instante "t" se satisface que:

$$x + y + z = H \quad (6.18')$$

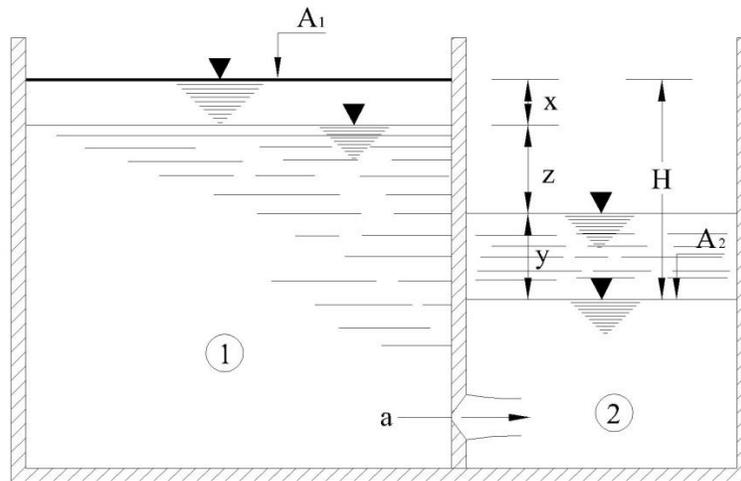


Figura C. Vaciado entre dos esclusas.

Matemáticamente se puede demostrar que el tiempo necesario para pasar de la diferencia de niveles H a H', es (Sotelo, 1997):

$$t = \frac{2 * A_1 * A_2 (\sqrt{H} - \sqrt{H'})}{C_d * a * \sqrt{2g} (A_1 + A_2)} = \frac{2 * A_1 * A_2 (\sqrt{H} - \sqrt{H'})}{k * (A_1 + A_2)} \quad (6.18'')$$

En el modelo hidráulico, las áreas de sección transversal de los depósitos representan los valores presentes de los beneficios y costos del proyecto,

respectivamente. Así, los niveles de agua en las esclusas 1 y 2 fueron analogados a las variables de interés $TMAR_{gm}$ y TIR ; respectivamente el coeficiente “ k ” se asoció con el factor de tolerancia al riesgo del inversionista, indicado en la tabla 6.1.

Por similitud de las variables hidráulicas y financieras, se llegó a la ecuación 6.18.....LQQD.

Cabe destacar que la ecuación 6.18 arrojó resultados mucho más razonables que las fórmulas tradicionales que aparecen en los libros de texto (Morales & Morales, 2009); (Martínez, 2003):

$$Tiempo\ de\ recuperación = \frac{Inversión}{Flujo\ neto\ de\ efectivo} \quad (6.18''')$$

INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE LA CARTERA EFICIENTE

Para encontrar la combinación óptima de dos activos riesgosos se utiliza la fórmula que permite encontrar las proporciones óptimas (ω_1 y $\omega_2 = 1 - \omega_1$) de tales activos, que minimicen la varianza (Merton, 2003).

$$\omega_1 = \frac{[E(r_1) - r_f] \sigma_2^2 - [E(r_2) - r_f] \rho \sigma_1 \sigma_2}{[E(r_1) - r_f] \sigma_2^2 + [E(r_1) - r_f] \sigma_1^2 - [E(r_1) - r_f + E(r_2) - r_f] \rho \sigma_1 \sigma_2}, \quad (7.1)$$

$$\omega_2 = 1 - \omega_1. \quad (7.2)$$

Lo que se debe considerar al hacer uso de estas fórmulas es que a cada activo riesgoso le corresponda una desviación estándar (riesgo) y un valor esperado, además debe existir una constante de correlación entre estos activos (la cual puede ser cero).

Al hacer la analogía con la cartera compuesta por: inversión inmobiliaria (activo riesgoso 1), colocación de títulos accionarios en el mercado de valores (activo riesgoso 2) y CETES a 91 días (activo libre de riesgo); se observa que cada tipo de activo tendrá un valor esperado, desviación estándar -para los CETES es cero- y habrá un coeficiente de correlación entre los activos riesgosos. Por consiguiente, se puede obtener la combinación óptima de estos activos y la formulación para encontrar las proporciones óptimas (w_1 y $w_2 = 1 - w_1$) es de la siguiente manera:

$$w_1 = \frac{[TMARg_{m_e} - TLR] \sigma_2^2 - [R_a - TLR] \rho \sigma_1 \sigma_2}{[TMARg_{m_e} - TLR] \sigma_2^2 + [R_a - TLR] \sigma_1^2 - [TMARg_{m_e} - TLR + R_a - TLR] \rho \sigma_1 \sigma_2} \quad (7.1')$$

$$w_2 = 1 - w_1. \quad (7.2')$$

En donde:

$TMAR_{gm_e}$ = TMAR global mixta esperada.

σ_i^2 (i = 1,2) = Varianza de los activos riesgosos 1 y 2.

σ_i (i = 1,2) = Desviación estándar de los activos riesgosos 1 y 2.

R_a = Rendimiento esperado del activo accionario.

TLR = Tasa libre de riesgo (CETES a 91 días).

ρ = Coeficiente de correlación entre los activos riesgosos.

Si una cartera se conforma por dos activos riesgosos, entonces se puede obtener una curva de frontera eficiente, también conocida como “**curva de compensación entre riesgo y rendimiento**”. Dicha curva se obtiene variando los porcentajes a invertir en los activos riesgosos de manera que se van obteniendo los rendimientos esperados y sus desviaciones estándar respectivas. La curva de compensación exhibe el siguiente comportamiento:

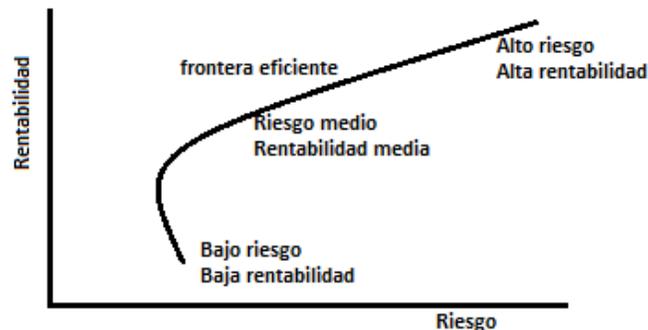


Figura D. Curva de combinaciones Riesgo-Rendimiento.

En esta curva, el punto inicial corresponde a la desviación estándar y al rendimiento esperado del activo menos riesgoso; el punto final corresponde a la desviación estándar y al rendimiento esperado del activo más riesgoso. Por consiguiente, se cumple el principio de las finanzas que establece “**a mayor riesgo mayor rendimiento esperado**”.

APLICACIÓN DEL PRESENTE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN A LA VALUACIÓN INMOBILIARIA.

El autor espera que el presente proyecto de investigación sea de utilidad a profesionales que se dedican tanto a la valuación de bienes inmuebles, como a la evaluación económico-financiera de proyectos de inversión.

Como sabemos, el enfoque de ingresos también conocido como *método de capitalización*, considera los datos de ingresos y egresos relativos a la propiedad que se está valuando para hacer una estimación de su valor.

La mayoría de los inversores divide el NOI (Net Operating Income) entre una cifra llamada “tasa de capitalización” para obtener el valor aproximado de un inmueble.

La tasa de capitalización se refiere a la tasa de rendimiento anual esperado del inmueble. La mayoría de los compradores de inmuebles productivos en los Estados Unidos de América aconsejan utilizar una tasa de capitalización del 9% o 10% para la evaluación de un inmueble. Esto significa que un inmueble con ingresos netos de operación al año (NOI), de 100,000 dólares y una tasa de capitalización del 9%, tendría un valor aproximado de 1.1 millones de dólares (Kansas, 2013).

Cabe mencionar que las tasas de capitalización cambian en función de todo tipo de variantes de tipo local, como proximidad de buenas escuelas; seguridad y crecimiento económico de la zona (Kansas,2013).

El marco económico que sustenta el enfoque de capitalización de ingresos es el denominado principio de anticipación, el cual señala...”el **valor actual** de un inmueble es una medida de los beneficios futuros que produce o sea susceptible de producir”.

Finalmente, el presente proyecto de investigación incluye la medición de *riesgos de mercado, de liquidez e insolvencia* del proyecto inmobiliario que deben considerarse en el método de capitalización de ingresos.