



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA EN SISTEMAS – OPTIMACIÓN FINANCIERA

Modelos de Riesgo de Liquidez

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA
(SISTEMAS- OPTIMACIÓN FINANCIERA)

PRESENTA

JESSICA VICTORIA PARADA MARTÍNEZ

TUTOR PRINCIPAL

DOCTOR FRANCISCO JAVIER REYES ZÁRATE
FACULTAD DE ECONOMIA

MÉXICO D.F.

MAYO

2015

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Jesús Hugo Meza Puesto

Secretario: Dr. Benito Sánchez Lara

Vocal: Dr. Francisco Javier Reyes Zárate

1er. Suplente: M.C Jorge Eliecer Sánchez Cerón

2do. Suplente: Dr. Edgar Ortiz Calisto

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

Facultad de Ingeniería

TUTOR DE TESIS:

Dr. Francisco Javier Reyes Zárate

FIRMA

Agradecimientos

Agradezco infinitamente a mi Madre y a la Universidad Nacional Autónoma de México por darme todo lo que tengo hoy. A mi Madre, que con su ejemplo me ha enseñado a ser valiente para enfrentar las situaciones adversas en mi vida y a la Universidad por darme la preparación y conocimientos para valerme por mí misma.

Agradezco a mi asesor, el Dr. Francisco Reyes Zárate por ayudarme con su guía y apoyo a concluir con este trabajo de investigación. También agradezco al Dr. Benito Sánchez Lara, Dr. Edgar Ortiz Calisto, M.C Jorge Eliecer Sánchez, y el Dr. Hugo Meza por sus valiosas aportaciones y comentarios para desarrollar el presente trabajo.

Finalmente también agradezco, con especial cariño, a Eliú Rojas y a Jason Alford por darme su apoyo incondicional, tiempo y empeño ayudándome a finalizar con el proceso de titulación en el tiempo que llevo fuera del país.

Índice

	Págs.
Introducción.....	1
Resumen Capitular.....	2
Capítulo I. Panorama Introductorio al Riesgo de Liquidez	
1.1. Antecedentes.....	3
1.1.1. Crisis Subprime	3
1.2. Problemática.....	5
1.3. Objetivos.....	6
1.4. Justificación y Alcance.....	7
Capítulo II. Riesgos financieros y la evolución de la Administración de Riesgos	
2.1 Riesgo	8
2.2 Origen de la Administración de Riesgos.....	10
2.2.1 El Comité de Basilea.....	10
2.3 Administración de Riesgos.....	11
2.4 La Administración de Riesgos en México	12
2.5 Desastres Financieros.....	14
Capítulo III. Riesgo de Liquidez y antecedentes de los Modelos de Riesgo de Liquidez	
3.1 Riesgo de Liquidez	18
3.1.1 Riesgo de Liquidez de Mercado (Corto plazo).....	18
3.1.2 Riesgo de Liquidez Estructural (Largo plazo).....	19
3.2 Acuerdo de Basilea III.....	21
3.3 Marco Regulatorio en México.....	23
3.3.1 La liquidez en el Sistema Bancario	24
3.4 Antecedentes de los Modelos de Riesgo de Liquidez	26
3.4.1 Revisión del modelo de VaR.....	26

3.4.2 Revisión de Modelos de Riesgo de Liquidez Estructural.....	27
--	----

Capítulo IV. Modelos de Riesgo de Liquidez

4.1 El VaR aplicado al Riesgo de Liquidez de Mercado.....	31
4.2 Modelo de Horizonte Óptimo.....	33
4.3 Modelo en base a los diferenciales de los precios de mercado.....	34
4.4 Modelo de Ho y Saunders.....	40
4.6 Nuevo enfoque para el Modelo de Ho y Saunders.....	43

Capítulo V. Conclusiones

5.1 Resultados generales.....	46
4.1 Conclusiones	46
4.2 Extensión de la investigación.....	48

Bibliografía	49
--------------------	----

Anexos.....	51
-------------	----

Índice de figuras

<i>Fig 1. Representación gráfica del VaR.....</i>	<i>52</i>
<i>Fig 2. Tabla de resultados ejercicio de Simulación Histórica.....</i>	<i>58</i>
<i>Fig 3. Gráfica de datos normalizados con Box Mueller.....</i>	<i>58</i>
<i>Fig 4. Tabla de resultados ejercicio de Simulación Montecarlo.....</i>	<i>59</i>

Introducción

El sistema financiero internacional ha experimentado crisis recurrentes. Desde hace varias décadas se cuenta con alguna administración de riesgos financieros, como los acuerdos de Basilea I, II y recientemente Basilea III. Estos mecanismos han contribuido significativamente a evitar que las pérdidas sean aún mayores a lo que fueron en los tiempos de crisis. Aun así hay varias técnicas y modelos que pueden ser mejorados para cuantificar las pérdidas potenciales provenientes del riesgo de liquidez.

En los últimos años se ha observado que el sistema financiero internacional es afectado fácilmente si uno de sus participantes enfrenta problemas por falta de liquidez en el corto o largo plazo. Tal fue el caso de la reciente Crisis Subprime, en la cual muchos participantes del mercado financiero global en Estados Unidos, Europa y Asia se vieron obligados a vender sus activos a un precio menor del invertido inicialmente; asumiendo pérdidas que afectarían directamente el capital de sus propios accionistas.

Sin lugar a dudas el tema de la liquidez en los mercados financieros ha cobrado importancia para todas las instituciones financieras. En los últimos años se hace presente la necesidad de crear nuevos modelos o mejorar los ya existentes para cuantificar, monitorear y controlar el riesgo de liquidez. De este modo será posible prevenir las pérdidas que pueden ocurrir durante una crisis financiera. El presente trabajo dos objetivos principales. El primero es profundizar en los modelos de riesgos de liquidez de mercado (corto plazo) y riesgo de liquidez estructurales (largo plazo) para cubrir esta necesidad. El segundo es proponer un nuevo enfoque para el modelo de Ho y Saunders con la finalidad de tener supuestos apegados a la práctica para la estimación de la liquidez estructural dentro de un banco. El nuevo enfoque del modelo, a diferencia del original, propone que no necesariamente los depósitos y préstamos son iguales y se llega a un Gap óptimo de liquidez; el cual depende fundamentalmente de tres cosas: de las comisiones, del coeficiente de aversión al riesgo y del diferencial entre depósitos y préstamos.

Es importante señalar que la administración de riesgos se ha enfocado a los riesgos de mercado y de crédito principalmente, dejando a un lado el riesgo de liquidez. Por esta razón este trabajo de investigación también busca ser una revisión importante sobre los aspectos teóricos y prácticos de los riesgos financieros en general, y con más valor de los riesgos de liquidez para el cual las fuentes de información son escasas por tratarse de un tema nuevo.

Resumen Capítular

En el primer Capítulo de esta investigación se contextualiza el riesgo de liquidez en el panorama actual y su importancia en la administración de riesgos. También se hace énfasis sobre la falta de liquidez que han enfrentado las instituciones financieras durante la Crisis *Subprime*. Esto ha dejado ver una problemática descrita como la falta de modelos y mecanismos que ayuden a prevenir las pérdidas por el riesgo de liquidez de mercado y liquidez estructural durante una crisis. Finalmente se establecen los objetivos principales y secundarios para resolver la problemática así como la justificación y alcance del trabajo de investigación.

En el segundo Capítulo se parte de lo general a lo particular con la definición de riesgo primero y profundizando en las definiciones para los riesgos financieros después. También se describe el origen y la evolución de la administración de riesgos citando la creación del Comité de Basilea. Adicionalmente se hace una revisión de la administración de riesgos en México, así como de los desastres financieros ocurridos en el pasado que han contribuido a la mejora de la administración de riesgos.

En el tercer Capítulo se hace una revisión teórica y práctica del riesgo de liquidez. Se parte estableciendo los conceptos para riesgo de liquidez de mercado y riesgo de liquidez estructural, continuando con una revisión de la regulación existente con el Acuerdo de Basilea III y el Marco regulatorio en México. Finalmente se hace una revisión bibliográfica de los modelos de riesgo que sirven de antecedentes para desarrollar los modelos de riesgo de liquidez del siguiente capítulo.

En el Capítulo IV se profundiza en los modelos de riesgo de liquidez de mercado (a corto plazo) y estructural (a largo plazo) para prevenir y cuantificar el riesgo de liquidez durante las crisis financieras. Para los modelos de riesgo de liquidez de mercado se exponen dos modelos; el primero se refiere al horizonte óptimo del cálculo del VaR y el segundo a la incorporación del riesgo exógeno como un ajuste al cálculo del VaR en base a los diferenciales (*spreads*) de los precios de compra-venta de mercado. En cuanto al riesgo de liquidez estructural se describe el modelo de Ho y Saunders. Además como aportación se propone una mejora al modelo de Ho y Saunders al cambiar el supuesto original sobre el tamaño de depósitos y préstamos que una institución bancaria recibe y otorga respectivamente.

En el quinto Capítulo se presentan los resultados generales, conclusiones y la extensión del trabajo de investigación.

CAPITULO I. Panorama Introdutorio al Riesgo de Liquidez

1.1 Antecedentes

La liquidez juega un papel muy importante en las instituciones financieras. La falta de liquidez tiene efectos perjudiciales en las instituciones financieras, que incluso pueden llevarlas a la quiebra. En casos extremos las instituciones deben tomar recursos del capital de la empresa para afrontar sus deudas. La falta de liquidez se puede definir como no contar con los recursos suficientes para hacer frente a las obligaciones de corto o largo plazo.

Cuando no existe liquidez a corto plazo las instituciones financieras se ven obligadas a vender posiciones o activos a un precio de descuento; es decir vender baratos los activos existentes para pagar las deudas de corto plazo, sin embargo esta solución crea pérdidas mayores. Esto es conocido como riesgo de liquidez a corto plazo, o de mercado, como es establecido en la presente investigación.

Por otra parte la falta de liquidez también se puede presentar en el largo plazo cuando las posiciones de activos y pasivos del Balance Financiero son afectadas. La falta de liquidez a largo plazo es asociada con el término de solvencia en las instituciones financieras. El tipo de riesgo que conlleva la falta de solvencia en una institución financiera es comúnmente conocido como riesgo de liquidez estructural, como se cita más adelante. Este riesgo se refiere a la incapacidad de hacer frente al pago de obligaciones a largo plazo.

La administración de riesgos financieros se encarga de monitorear, estimar y controlar las posibles pérdidas monetarias causadas por los riesgos financieros. A pesar que desde hace varias décadas se cuenta con la administración de riesgos, ésta se ha enfocado a los riesgos de mercado y de crédito principalmente, dejando a un lado el riesgo de liquidez.

El Comité de Basilea a través de los Acuerdos I y II estableció un marco regulatorio a nivel global para los riesgos de mercado y riesgos de crédito. Dichos riesgos se creía que eran los más importantes porque podían generar pérdidas monetarias grandes a las instituciones financieras sin embargo con la Crisis Subprime iniciada en 2007 se observa que el riesgo de liquidez también puede ocasionar grandes pérdidas.

En el año 2007 durante la Crisis Subprime todos los participantes en el mercado, reguladores y Gobiernos observaron que el riesgo de liquidez fue protagonista en los mercados financieros al agudizar la situación de crisis incrementando las pérdidas. Uno de los errores que las instituciones financieras y reguladores tuvieron fue una mala administración del riesgo de liquidez, es decir no existían las herramientas adecuadas para la cuantificación de las pérdidas por este concepto. No existían modelos para su estimación y tampoco un marco regulatorio al respecto que ayudara a minimizar los efectos.

Como respuesta a la Crisis Subprime de 2007, el Comité de Basilea publicó un nuevo Acuerdo en materia de regulación: el Acuerdo de Basilea III. Este Acuerdo busca establecer las bases para la cuantificación y monitoreo del riesgo de liquidez. De tal forma que las instituciones financieras estarán obligadas a crear y reforzar sus controles, mecanismos y modelos para evitar pérdidas incuantificables durante una crisis.

A continuación se describen los principales acontecimientos de la Crisis Subprime. Se incluyen los principales hechos y se citan las instituciones financieras más afectadas y la relación estrecha con la liquidez.

1.1.1 Crisis Subprime

Durante la Crisis Subprime de 2007 destaca el hecho de que el Banco Central Europeo y la Reserva Federal Estadounidense tuvieron que inyectar más de 100.000 millones de euros en el mercado para garantizar la liquidez en los mercados financieros y no agudizar las pérdidas.

La crisis inició con el colapso de Ovnit y fue creciendo hasta el punto de provocar una contracción del crédito en las economías desarrolladas convirtiéndose en la mayor crisis financiera que sufre Occidente desde la Gran Depresión (1929).

Uno de los antecedentes principales que desencadenó la crisis fue la aceleración de la economía en E.U.A, lo que provocó que las tasas de interés bajaran y el incentivo para otorgar préstamos fuera mayor. Por esta razón, en E.U.A se otorgaron créditos hipotecarios a personas de bajo nivel económico que en el futuro no podrían pagar las tasas de interés altas que el gobierno impondría cuando trató de desacelerar la economía. Sin embargo ya se habían creado productos financieros que tenían como garantía a las hipotecas de estos créditos denominados "subprime". De lo anterior las calificadoras más importantes en los mercados financieros: Standard & Poors y Moody's se percataron del alto riesgo crediticio presente en estos instrumentos financieros, y consecuentemente bajaron las calificaciones de éstos, así como de las instituciones financieras e hipotecarias que los emitieron.

De esta forma el valor de dichos instrumentos cayó. Es preciso mencionar que estos instrumentos financieros comprometen al tenedor a pagar en el futuro a la contraparte cierta cantidad fijada al inicio. Como consecuencia el pasivo (las obligaciones futuras) de instituciones financieras (en un principio estadounidenses) aumentó hasta que dichas instituciones se declararon en quiebra, por lo que pidieron rescate al gobierno de E.U.A. Tal fue el caso del tercer banco más grande de E.U.A: Lehman Brothers y AIG, una de las aseguradoras más grandes del mundo. Lehman no fue rescatado lo que generó que se movieran las tasas de interés, los precios de las acciones y que todas las contrapartes que tenían alguna inversión con Lehman aumentarían su pasivo. Mientras tanto Merrill

Lynch, al verse mal en sus finanzas, prefirió unirse a Bank of America. Por otra parte, AIG sí fue rescatado por el gobierno estadounidense mediante una inyección enorme de dólares.

Estos eventos originaron que Europa primero empezará a resentir los cambios en el mercado, por lo que las calificadoras, al cuantificar los riesgos y ver que algunas otras instituciones podían caer en default por incumplimiento de pago a corto plazo (es decir la falta de liquidez), siguieron bajando la calificación crediticia de las instituciones financieras. Es así como el continente europeo a través de los gobiernos de los países más afectados se vio obligado a inyectar capital para el rescate de algunos bancos o a nacionalizar otros. Dos ejemplos fueron FORTIS, que fue rescatado, y el banco Branford and Bingley, que fue nacionalizado por el gobierno de Reino Unido. Sin embargo, no todos los bancos fueron rescatados, por ejemplo Hypo Real de Alemania, que fue a la quiebra.

Los problemas financieros que provocó esta crisis sistémica se extendieron a la economía real afectando el bolsillo y ahorros de los ciudadanos. En contradicción los países más afectados fueron, precisamente, los que hasta hace unos años se citaban como máximos ejemplos de crecimiento y de apertura económica: España, Estados Unidos, Reino Unido, Irlanda y Nueva Zelanda, esas economías entrarían en recesión, junto con Japón, Canadá, Italia y acaso Alemania y Francia. En otras palabras: una crisis del mundo industrializado en países denominados de primer mundo.

Bajo estas condiciones de crisis destacaron los problemas de liquidez que las entidades financieras enfrentaron a nivel global. Las entidades financieras dejaron de prestarse dinero unas a otras, y suspendieron el otorgamiento de créditos a los consumidores, se dijo que los mercados financieros estaban "secos", que no había liquidez a corto plazo, es decir no había compradores. Otro problema que agudizó las condiciones de incertidumbre en los mercados financieros fue que no se contaba con información sobre la solvencia de las instituciones financieras. Ni las instituciones ni los reguladores tenían cifras confiables sobre la solvencia, lo cual desataría problemas de liquidez a largo plazo también.

Una de las consecuencias inesperadas de esta crisis fue el final de la era de liberalización de los mercados financieros, iniciada con la desaparición del patrón oro, en 1971, y reforzada tras la llegada al poder de Ronald Reagan en E.U.A y Margaret Thatcher en el Reino Unido. El estallido de la crisis ha puesto de manifiesto que, como dicen algunos cínicos, en el sistema financiero "se privatizan los beneficios y se nacionalizan las pérdidas".

1.2 Problemática

La crisis *subprime* dejó al descubierto el vacío que existía en materia de la administración de riesgos para el riesgo de liquidez. El riesgo de liquidez estuvo presente durante la crisis y sin una forma adecuada de medirlo ocasionó efectos adversos en las economías mundiales. Sin lugar a dudas la falta de modelos que pudieran cuantificarlo fue una de las problemáticas principales que vivieron las instituciones financieras durante la crisis.

También se pudo observar que no se había desarrollado una teoría propia del riesgo de liquidez de mercado y estructural, en contraste con las teorías desarrolladas para el riesgo de mercado y de crédito. En cuanto a riesgo de liquidez pocos han sido los avances sobre las adaptaciones y mejoras de modelos ya establecidos para poder realizar una aplicación en la estimación de pérdidas por este concepto.

Por otra parte la escasez de fuentes de información que dieran una guía para la definición de conceptos básicos relacionados a la liquidez fue otra problemática que enfrentaron las instituciones financieras, al no tener una misma terminología del tema, por tratarse de un tema nuevo en el mercado. Es decir, no se tenía un marco conceptual claro sobre lo que el riesgo de liquidez significaba, y tampoco una regulación al respecto.

1.3 Objetivos

Son dos los objetivos principales de este trabajo de investigación. El primero es exponer y revisar detalladamente los modelos de riesgo de liquidez de mercado y de liquidez estructural para la cuantificación de cada tipo de riesgo, respectivamente y de esta forma ayudar a las instituciones financieras a evitar pérdidas durante tiempos de crisis. El segundo objetivo es proponer un nuevo enfoque para mejorar el modelo teórico de Ho y Saunders que ayuda en la medición del riesgo de liquidez estructural.

Como objetivos secundarios se pueden enlistar los siguientes:

- 1) Aportar al área de conocimiento de la administración de riesgos la recopilación de información teórica y práctica del riesgo de liquidez.
- 2) Aportar una revisión teórica y práctica de los riesgos financieros en las instituciones financieras.

1.4 Justificación y Alcance

Desarrollando los objetivos principales del presente trabajo de investigación se puede cubrir la necesidad que tienen las instituciones financieras, en particular las instituciones financieras bancarias, de contar con modelos de riesgo de liquidez de mercado y de liquidez estructural que les ayuden a cuantificar el riesgo de liquidez total a la que están expuestas.

A través de modelos de riesgo de liquidez las instituciones financieras pueden contar con un mecanismo que les ayuden primero a estimar las pérdidas, segundo a prevenirlas durante tiempos de crisis y tercero, y muy importante, a cumplir con los nuevos requerimientos en materia de regulación establecidos con el Acuerdo de Basilea III por el Comité de Basilea en 2008.

Como alcance de la presente investigación es la categorización del riesgo de liquidez, al dividirlos en dos y asignarles un nombre de acuerdo a sus características: riesgo de liquidez de mercado y riesgo de liquidez estructural. Los cuáles por definición son distintos. Mientras que el riesgo de liquidez de mercado se refiere a las ventas forzadas de instrumentos financieros hechas a descuento en el corto plazo; el otro mide la solvencia que existe en el Balance tomando en cuenta los flujos de efectivo generados por las cuentas del Balance como son depósitos, préstamos y comisiones provenientes de la actividad de la institución financiera. De la misma forma también se propone la misma separación en la revisión de los modelos para la cuantificación del riesgo de liquidez de mercado primero y después al riesgo de liquidez estructural.

Es importante mencionar que otro alcance del presente trabajo es proveer de una mejora para el Modelo de Ho Y Saunders. Se busca realizar un cambio en uno de los supuestos del modelo original, y de esta forma contribuir con un nuevo enfoque del modelo al considerar la práctica de las instituciones financieras bancarias. Este trabajo está delimitado a proveer las bases e ideas para desarrollar esta mejora sin embargo su validación necesita de la implementación del modelo.

Se deja abierta la implementación de los modelos en las instituciones financieras utilizando datos reales. Cabe señalar que la implementación de un nuevo modelo en una institución financiera es un reto por la complejidad que existe en su planeación, infraestructura en sistemas y su impacto que en la organización implica.

CAPITULO II. Riesgo y la evolución de la Administración de Riesgos

En este capítulo se revisan conceptos básicos de lo general a lo particular; partiendo de la definición de riesgo y profundizando en los tipos de riesgos, riesgos financieros, riesgos de mercado, crédito y liquidez. También se revisan los antecedentes que originaron la administración de riesgos, continuando con su definición formal y con su aplicación en México. Finalmente y debido a que la administración de riesgos ha evolucionado gracias a los errores cometidos en el pasado por algunas instituciones financieras se incluye una sección llamada Desastres Financieros donde se documentan los casos más relevantes.

2.1 Riesgo

La palabra riesgo tiene diversas connotaciones con un significado negativo relacionado con el peligro, daño o incertidumbre. El riesgo en el ámbito financiero está relacionado con el grado de desconocimiento o incertidumbre de los rendimientos esperados futuros.

El riesgo se define como la volatilidad de los flujos financieros no esperados, generalmente derivado del valor de los activos o los pasivos según Jorion (2001)¹. Sin embargo esta definición sería muy particular al referirse solo a activos y pasivos, es así como el concepto de riesgo se podría redefinir como un evento fortuito que resulta económicamente desfavorable de acuerdo a Luenberger (1998)².

Para tener más claro este concepto se presentan a continuación algunas características principales del riesgo:

- a) Incierto. Es aleatorio, es decir existe una cierta incertidumbre sobre él.
- b) Fortuito. El riesgo debe provenir de un acto o evento ajeno a la voluntad humana.
- c) Posible. El evento sobre el cual se desea proteger o mitigar el riesgo puede suceder.
- d) Concreto. El riesgo es tangible porque se cuantifica con la probabilidad de ocurrencia y con severidad del daño causado.

¹Jorion, Philippe . Value at Risk, McGraw-Hill, 2001.

²Luenberger , David G. Investment Science. Oxford University Press, Primer edición, 1998

Cabe mencionar que en los desastres financieros el riesgo al que estuvieron las instituciones financieras fue fortuito debido a que la intención (voluntad) de los ejecutores de las pérdidas no era llevar a la banca rota a las compañías donde trabajaban.

Tipos de Riesgo

Existen diferentes tipos de riesgo con los que las instituciones financieras interactúan, algunos de estos riesgos van implícitos en la operación o negocio de la empresa. Existen riesgos de negocios, estratégicos y financieros.

Los riesgos de negocios son aquéllos que la empresa está dispuesta a asumir para crear ventajas competitivas y agregar valor para los accionistas. Los riesgos de negocios también tienen que ver con el mercado del producto en el cual opera la empresa.

Los riesgos estratégicos son los que resultan de cambios económicos o cambios en el entorno político.

Finalmente los riesgos financieros son los relacionados con las posibles pérdidas en los mercados financieros. Es decir se ocupa del riesgo que existe ante posibles movimientos en variables financieras tales como tipo de cambio, tasas de interés y precios de instrumentos financieros. Dentro de los riesgos financieros existe a su vez una clasificación en la que se encuentran: riesgo de mercado, riesgo de crédito, riesgo de liquidez, riesgo operacional y riesgo legal.

- Riesgo de mercado³. Es la posible pérdida que existe debido a la volatilidad en las variables financieras que intervienen en el precio o valor de mercado de algún instrumento financiero ligado a dichas variables.
- Riesgo de crédito. Es la cuantificación del posible incumplimiento de un emisor de cierto instrumento financiero operado en el mercado o el incumplimiento de un acreditado respecto a sus obligaciones contractuales con la institución financiera. En el primer caso, se le conoce como riesgo emisor y el segundo caso como el riesgo de contraparte proveniente de la incapacidad de pago.
- Riesgo operativo. Es la pérdida por fallas o deficiencias en los controles internos de las instituciones, puede originarse por errores en los procesos. Este riesgo incluye el riesgo legal, y riesgo tecnológico.

³Jorion, Philippe . Value at Risk, McGraw-Hill, 2001.

- Riesgo de Liquidez⁴: Es la pérdida potencial que enfrentaría una institución financiera debido a:
 1. Venta anticipada y forzosa de activos a descuentos inusuales para hacer frente a las obligaciones inmediatas.
 2. Imposibilidad de renovar pasivos o de contratar nuevos a precios normales de mercado.
 3. Imposibilidad de adquirir o cubrir oportunamente una posición mediante el establecimiento de una posición contraria.

2.2 Origen de la Administración de Riesgos

Existe una amplia lista de instituciones financieras alrededor del mundo que en ausencia de una efectiva administración del riesgo, su exposición ante la creciente volatilidad de los factores de riesgo significó pérdidas estrepitosas, comprometiendo así su liquidez o su capacidad de pago y que por lo tanto resultaron en su quiebra. De modo que, ante el incremento en la volatilidad en los principales factores de riesgo, las herramientas de administración del riesgo en el ámbito internacional han ido en aumento a partir del inicio de la década de los setenta con el Comité de Basilea.

2.2.1 El Comité de Basilea

En diciembre de 1974, se creó otro organismo regulador que dictaría las reglas a nivel global: el Comité de Basilea, compuesto por los gobernadores de los bancos centrales del G-10⁵. Dicho Comité publicó el primero de los Acuerdos de Basilea, un conjunto de recomendaciones con una visión de supervisión bancaria que destaca la relación del capital con el riesgo de sus activos, de donde se deduce que a mayor monto de activos riesgosos, mayor debe ser el monto de capital de la entidad, porque esto permitiría cubrir los riesgos eventuales por malas inversiones y una mala administración de riesgo.

El acuerdo establece como recomendación que el capital mínimo para una entidad bancaria debe ser el 8% del total de los activos de riesgo (incluyendo riesgo de crédito y de mercado). Cabe señalar que este acuerdo es solo una recomendación, cada uno de los países signatarios, así como cualquier otro país, queda libre de incorporarlo en su ordenamiento regulatorio con las modificaciones que considere oportunas.

Posteriormente, en 2004, el Comité publicó el segundo de los Acuerdos de Basilea. La modificación de Basilea II en relación con Basilea I se refiere a los mecanismos de determinación del

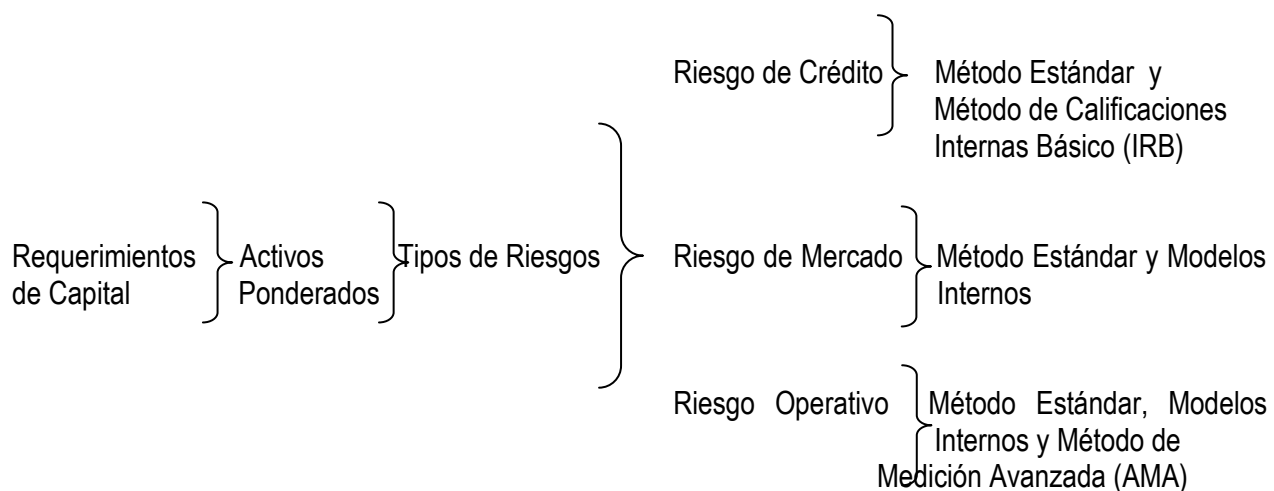
⁴ Luenberger , David G. Investment Science. Oxford University Press, Primer edición, 1998

⁵Bélgica, Canadá; Estados Unidos, Francia, Holanda, Italia, Japón, Reino Unido, Alemania, Suecia, Suiza y España. Luxemburgo es miembro observador.

riesgo crediticio y a la incorporación del riesgo operativo en la medición del capital mínimo como se puede observar en el Coeficiente de Capital que se muestra a continuación, el cual se usa para verificar el cumplimiento de las exigencias mínimas en términos de capital y que no puede ser inferior a 8%.

$$8\% \leq \frac{\text{Capital_del_Banco}}{\text{Riesgo_Crédito} + 12.5 * (\text{Riesgo_Mercado} + \text{Riesgo_Operativo})} = \text{Coeficiente de Capital}$$

A su vez, se presenta el esquema básico de Basilea II para medir riesgos:



En el año de 2008 el Comité de Basilea ha publicado el Acuerdo de Basilea III para la medición de riesgos de liquidez. En este Acuerdo se establece el marco regulatorio para el monitoreo y cuantificación del riesgo de liquidez de las instituciones financieras.

2.3 Administración de Riesgos

La administración de riesgos es el proceso mediante el cual se identifica, se mide y se controla la exposición al riesgo de acuerdo con Jorion (1995)⁶. En los últimos años, el desarrollo de tecnología de control y administración de riesgos ha adquirido un importante auge.

El riesgo puede ser definido como la volatilidad de los flujos financieros no esperados que enfrenta alguna empresa y cuando dichos riesgos están relacionados con posibles pérdidas en los

⁶ Jorion, Philippe , Value at Risk, McGraw-Hill, 2001.

mercados financieros, entonces se trata de riesgos financieros. La administración de los riesgos financieros comenzó a desarrollarse a partir de la creciente sofisticación de los mercados financieros internacionales, en particular provocada por la revolución de los mercados de productos derivados.

Los movimientos en las variables financieras o factores de riesgo, como las tasas de interés o en el tipo de cambio constituyen una importante fuente de riesgos para la mayoría de las instituciones. A su vez, estos factores son cada vez más reactivos ante cambios en los mercados internacionales debido al avance en el proceso de globalización. Ante este escenario global, las fuentes de riesgo se intensifican y se aceleran para las instituciones financieras, por lo que la administración del riesgo financiero es una herramienta fundamental para su sobrevivencia.

La exposición a riesgos financieros puede ser optimizada, de tal manera que las instituciones financieras puedan concentrarse en su actividad del sector económico. Así, los bancos toman riesgos, los transforman y ahí que, aquel banco que administra adecuada y eficazmente sus riesgos, tiene una ventaja competitiva en el sector.

2.4 Administración de Riesgos en México

Actualmente, las instituciones financieras en México piensan de manera formal en el concepto de administración de riesgos, principalmente por las siguientes razones:

- Debido al crecimiento y apertura de los mercados financieros, las autoridades han tenido que crear una regulación más eficiente. La Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) emite en su Circular Única para Bancos de diciembre de 2005 normas en cuanto a las administración de riesgos en México, así como otros acuerdos de Basilea, y reciente incorporación del riesgo de mercado en 1996, su revisión de 2001-2006 a través de Basilea II y la reciente incorporación de Basilea III en 2008.
- El impacto de la crisis económica iniciada a mediados del 2007 sobre los mercados financieros, debido a la alta volatilidad en los principales mercados, así como el desplome de importantes instituciones financieras: privadas, nacionales y extranjeras.
- Crecimiento en la competencia entre las instituciones financieras como consecuencia de las políticas de desregulación y apertura en los mercados globalizados.
- El surgimiento de nuevos productos como instrumentos financieros derivados y el creciente grado de complejidad que se requiere para su valuación y cuantificación de riesgo.
- En México la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) emitió algunas normativas en cuestión de administración de riesgos. Donde se sugiere que las instituciones financieras incluyan los siguientes puntos:

- Identificación y valoración de los distintos tipos de riesgos.
- Establecimiento de políticas, procedimientos y límites de riesgo.
- Monitoreo y reporte para revisar que se cumplan de los límites establecidos.
- La cuantificación de los riesgos de mercado, liquidez y crédito y el establecimiento de medidas para riesgos no cuantificables.
- Establecimiento de un Comité de Riesgos.

Por su parte Banco de México (Banxico) ha sugerido el cumplimiento de 31 puntos para poder operar coberturas cambiarias, futuros y opciones. Dentro de estos puntos, los siguientes destacan los más relevantes para el tema de estudio:

- La creación de un área de administración de riesgos independiente de las áreas de *front office*.
- Sistemas adecuados para la estimación y valuación de riesgos.
- La supervisión de los modelos de valuación por parte de entidades externas.
- Establecimiento de límites de riesgo.
- Procedimientos y planes de acción en caso de alguna eventualidad o contingencia.
- Se deben tener sistemas que permitan un eficiente monitoreo, registro, valoración y control de las operaciones.
- Definición de actividades y responsabilidades de cada integrante del área de riesgos.

Actualmente, los principios básicos de supervisión bancaria establecidos por el Comité, así como los relativos a la adecuación de capital, son considerados por diversas regulaciones no solo para instituciones de crédito. En México, otros intermediarios como las casas de bolsa, son también objeto de regulación prudencial en materia de capital, administración de riesgos y controles internos.

Pruebas del *Backtesting*

El Comité de Basilea recomienda la prueba de respaldo del modelo llamada "*backtesting*" como un medio para verificar la precisión del valor obtenido a través del modelo de medición. El *backtesting* representa la comparación de las pérdidas y ganancias diarias con los pronósticos del modelo de riesgos para calibrar la calidad y exactitud de medición de los sistemas de medición del riesgo en las

instituciones bancarias. El *backtesting* debe ser aplicado para comprobar que el porcentaje observado de resultados cubiertos por la medida de riesgo es consistente con el nivel de confianza (99%).

El Comité insta a los bancos a desarrollar la capacidad para realizar *backtest* usando resultados hipotéticos contra los resultados reales. De acuerdo a esta comparación y tomando una muestra de n observaciones existen tres zonas para clasificar los resultados:

1. Zona sin problemas. Los resultados del *backtesting* no sugieren ningún problema con la calidad o exactitud del modelo del banco.
2. Zona de alerta. Los resultados del *backtesting* plantean dudas, pero no existe una conclusión definitiva.

Zona de peligro. Los resultados del *backtesting* indican un problema con el modelo para medir el riesgo.

2.5 Desastres Financieros

- ❖ Banco Barings- Pérdida de 1.3 mil millones de dólares. (1995).

El Barings Bank (Banco Barings) fue fundado en 1762 y a pesar de tener 233 años de antigüedad, el 26 de febrero de 1995 estaba en la quiebra. Aparentemente el desplome del banco se debió a un solo operador: Nick Leeson, quién al operar sin supervisión del banco; es decir un área encargada de monitorear el riesgo, perdió en derivados 1.3 mil millones de dólares. Específicamente, Leeson alteró la cuenta de errores de la sucursal, que luego sería conocida por su número de cuenta 88888 como la "cuenta de los cinco ochos", para evitar que la oficina de Londres recibiera los reportes diarios estándar sobre comercio, precio y estado. Usando la "cuenta de los cinco ochos" oculta, Leeson comenzó a comerciar agresivamente en futuros y opciones en el SIMEX, en particular había acumulado posiciones en futuros sobre índices accionarios (Nikkei 225). La posición de Barings sumaba siete mil millones de dólares solo entre las bolsas de Singapur y Osaka, por lo que ante una caída de estas bolsas, las pérdidas para Barings se acumularon de tal forma que el banco fue a la quiebra y tiempo después comprado por el banco y compañía de seguros holandés ING por el valor de una libra esterlina, haciéndose cargo de todos los pasivos de Barings.

Debido a que Barings era visto como un banco conservador, su quiebra fue una llamada de atención para todas las instituciones financieras en el mundo. Al estudiar el caso se pudo determinar que la falta de controles y monitoreo de los riesgos de mercado por áreas independientes fueron las causas de la pérdida. Lesson manejaba tanto la mesa de dinero de

la Oficina Delantera (*front office*⁷ para operar como el registro de las operaciones generalment monitoreado por la Oficina Trasera del Banco (*back office*⁸).

❖ Condado de Orange- Pérdida 1.64 mil millones de dólares. (1994)

Este caso al igual que el de Barings corrió a cargo de un solo operador: Bob Citrón tesorero del Condado, quién había tenido ganancias espectaculares para el Condado de Orange años antes de la quiebra. A Citrón le fue confiado un portafolio por 7.5 mil millones de dólares. Citrón por obtener más ganancias le adhirió préstamos por 12.5 mil millones a dicho portafolio más a través de diferentes intermediarios para llegar a un total de 20 mil millones de dólares que fueron invertidos en bonos corporativos. La estrategia altamente apalancada tuvo éxito mientras las tasas de interés eran bajas pero desafortunadamente, el incremento de las tasas de interés en febrero de 1994 hicieron que la estrategia quedará al descubierto ante los ojos de los inversionistas y éstos trataron de retirar su dinero lo antes posible ante las llamadas de margen de los intermediarios de Wall Street. Sin embargo ante el incumplimiento del pago de colaterales, los intermediarios liquidaron su colateral, es decir dejaron sin garantía la estrategia que había planteado el Condado de Orange y tiempo después se declaró en quiebra. Por tal motivo durante el siguiente mes al salir al mercado a liquidar las posiciones restantes, las pérdidas ascendieron a 1.64 mil millones de dólares.

Los inversionistas declararon no conocer el nivel de apalancamiento del portafolio ni el riesgo de mercado que corrían en el portafolio, posiblemente si Citrón hubiera reportado el Valor en Riesgo (VaR) del portafolio los inversionistas hubieran tomado las precauciones necesarias.

❖ Banco Daiwa- Pérdida 1.1 mil millones de dólares (1995)

Este caso, similar al caso de Barings corre a cargo de un solo operador de 44 años de edad, quién al tener control de las áreas del *front office* y del *back office* ocultó durante 11 años más de 30,000 operaciones con bonos del Tesoro estadounidenses. En septiembre de 1995, el banco Daiwa anunció que un operador en Nueva York, Toshide Igushi había acumulado pérdidas por un monto estimado de 1.1 mil millones de dólares; dichas pérdidas eran similares a las del desastre de Barings, sin embargo Daiwa al ser uno de los bancos más grandes del mundo y el más grande de Japón pudo absorber la pérdida afectando sólo la séptima parte del

⁷La función del *front office* es la de realizar las operaciones en las mesas de dinero de un banco, ya sean compras, ventas o coberturas de posiciones. Es el área que da la cara frente a los otros bancos para realizar las transacciones de acuerdo a ciertos límites y políticas propuestos por la dirección de cada banco y vigilados por las áreas de riesgos.

⁸La función del *back office* es confirmar las operaciones y verificar que todas las actividades operativas se realicen conforme a las políticas del banco. En la actualidad el *back office* y las mesas de operaciones son áreas diferentes en las cuales tienen definidas específicamente sus actividades para evitar un posible conflicto de intereses.

capital de la empresa. En este caso la falta de controles para monitorear el riesgo fue lo que ocasiono esta pérdida.

❖ Long Term Capital Management- Pérdida 19 millones de dólares (1999)⁹

Otro caso muy conocido dentro de los desastres financieros es el de Long Term Capital Management, el cuál fue un fondo en el que los primeros años de funcionamiento se consiguieron resultados espectaculares y los rendimientos, netos de comisiones, fueron un 42,8% en 1995, 40,8% en 1996 y 17,1% en 1997. El 31 de agosto de 1998, el balance del fondo tenía 125.000 millones de dólares en activos. Con un capital de 4.100 millones de dólares las cifras anteriores conducen a un ratio de apalancamiento de 30 a 1. Un ochenta por ciento de los activos del fondo, en el balance, eran bonos de países del G-7, y el resto, acciones. Fuera de balance, destacaban los futuros sobre bonos y sobre índices bursátiles, contratos swap, forward, y contratos de opciones sobre tipos de interés y sobre acciones. El fondo mantenía tanto posiciones largas como cortas dentro de sus estrategias de inversión, y una amplia posición en repos, tanto en posiciones pasivas como activas.

La declaración de la moratoria rusa en agosto de 1998 provocó un incremento generalizado de las primas de riesgo de crédito y liquidez, con un efecto letal sobre las estrategias de inversión en las que el fondo apostaba la caída en las tasas de interés y caída en los diferenciales entre los rendimientos de activos de plazo similar pero de diferente calidad crediticia. El fondo LTCM sufrió pérdidas por un importe de 19 millones de dólares, dejando el capital de la empresa en niveles muy bajos, por tal razón el apalancamiento se situó aproximadamente en 60 veces el capital. Por tal razón los gestores del fondo pidieron capital a sus inversionistas, sin embargo fue el Banco de la Reserva Fedral quien consiguió que cinco bancos tomaran el control del fondo, inyectando 4.02 millones de dólares ya que la valoración a precios de mercado de las posiciones de LTCM obligaba al fondo a reponer garantías en los contratos de derivados, y en los casos de los repos, el cumplimiento de los colaterales también dificultaba la renovación de la liquidez.

Los desastres financieros descritos anteriormente muestran la falta de separación de funciones para monitorear las operaciones relacionadas con instrumentos financieros; así como un débil control y monitoreo del riesgo financiero en las instituciones financieras. Esta fue la causa principal por la que diversos reguladores crearon un nuevo marco legal para la administración de riesgos.

Uno de estos reguladores es *Bank of International Settlements (BIS)*, al sugerir un marco regulatorio donde destacan los siguientes tres pilares:

⁹Vilariño Ángel, *Turbulencias financieras y riesgos de mercado*, Prentice-Hall,2000.

- Los requerimientos de capital, a fin de garantizar un mínimo nivel de solvencia. Es decir garantizar que una institución financiera tiene la capacidad para pagar todas sus obligaciones sin importar su plazo.
- Los requerimientos de revelación de información, a fin de garantizar un marco de transparencia en el mercado financiero. Es decir, el regulador estableció que las instituciones financieras revelaran su información en forma clara y precisa, y de no ser así serían acreedoras a recibir alguna sanción por parte del regulador.
- Las atribuciones y responsabilidades de los organismos reguladores, a fin de asegurar la correcta aplicación de los métodos de determinación del capital, en especial cuando ésta se base en mediciones internas de las instituciones financieras.

CAPITULO III. Riesgo de Liquidez y antecedentes de Modelos de Riesgo de Liquidez

En este capítulo se profundiza en las definiciones formales de riesgo de liquidez de mercado y riesgo de liquidez estructural para tener un marco conceptual que ayude a resolver la problemática planteada. También se expone la recopilación de información relevante en materia de su regulación con el Acuerdo de Basilea III y con el marco regulatorio aplicado a instituciones financieras bancarias en México. Finalmente, se hace una revisión bibliográfica sobre los antecedentes de los modelos de riesgo. Primero se revisa el modelo del VaR que será utilizado como base para uno de los modelos de riesgo de liquidez de mercado expuestos en el capítulo IV; y en segundo lugar se revisan los modelos antecesores al modelo Ho y Saunders para cuantificar el riesgo de liquidez estructural.

3.1 Riesgo de Liquidez

El riesgo de liquidez de mercado o a corto plazo se refiere a la dificultad o imposibilidad de la institución de adquirir o cubrir sus activos oportunamente mediante el establecimiento de una posición contraria equivalente, así como al impacto que pueden presentar los precios al salir a liquidar las posiciones de forma inmediata. Por su parte, el segundo se refiere a la dificultad o imposibilidad de la institución de obtener los recursos necesarios para solventar sus obligaciones, ya sea a través de los ingresos que le otorguen sus activos o la renovación o contratación de nuevos pasivos.

3.1.1 Riesgo de Liquidez de Mercado (Corto plazo)

La liquidez de mercado o a corto plazo está relacionada también con el horizonte de tiempo de las inversiones. Las condiciones del mercado pueden impedir la liquidación inmediata de una inversión por lo que los precios bajarán temporalmente hasta que se recuperen a los precios de mercado teóricos. Sin embargo para un inversionista en apuros la falta de liquidez puede ser fatal.

El riesgo de liquidez de mercado algunos autores lo citan como el riesgo de liquidez sistemático o exógeno; sistemático porque está expuesto a todas las características de la economía y a su vez es expuesto a todos los participantes del mercado financiero¹⁰, exógeno porque es resultado de las características propias del mercado¹¹.

¹⁰ Sánchez Cerón, Carlos. Valor en Riesgo y Otras Aproximaciones, Editorial Valuación, Análisis y Riesgos S.C., Primera Edición.

¹¹Bangia s Donald R. Risk Management in Banking ,_McGraw Hill, 1993.

Otros autores no se atreven a dar un concepto como tal de la liquidez. Según Uyemura “la liquidez es la compra de tiempo para trabajar sin problemas” en resumen lo define como el fundamental síntoma de un problema¹².

3.1.2 Riesgo de Liquidez Estructural (Largo plazo)

Respecto al riesgo de liquidez estructural se puede decir que es mucho más complejo que el riesgo de liquidez de mercado debido a que intervienen variables endógenas del propio banco como comisiones, tasas de interés por depósitos y préstamos. Por otro lado el horizonte de tiempo en el que se trata de medir el riesgo de liquidez suele ser sobre períodos más grandes y por lo tanto puede haber una mayor incertidumbre. Muchos autores asocian el riesgo de liquidez con el riesgo de interés estructural, el cual se refiere básicamente al descalce entre activos y pasivos del balance de un banco y es así como la determinación de una métrica para cuantificar el riesgo de liquidez cobra importancia tratando de estimar la solvencia que tendrá el banco en el futuro debido a una posible pérdida en la captación de recursos monetarios.

En términos de riesgo de liquidez del balance o riesgo de liquidez estructural se desea que la liquidez sea suficiente para solventar las deudas y obligaciones del banco sin tener que fondearse de alguna fuente externa que generalmente cuesta más.

Así como La Tesorería es la figura encargada de administrar el riesgo de liquidez a corto plazo, en el caso del riesgo de liquidez estructural generalmente se crea un Comité de administración de activos y pasivos, el cuál es el responsable de la gestión de los riesgos de liquidez en el balance, a través del establecimiento de estrategias, políticas y objetivos de la gestión. Dicha gestión deberá estar enfocada a garantizar la liquidez suficiente a mediano y largo plazo mediante controles y operaciones relacionadas directamente con los pasivos y activos como la compra de una cartera de inversión o el pago anticipado de algún pasivo determinado.

Administración de Activos y Pasivos en un Banco (Asset and Liability Management)

Sobre el riesgo de liquidez estructural el desarrollo de técnicas, modelos y teorías han sido limitados en los últimos años a pesar de la gran importancia de las brechas o *gaps* de liquidez para la toma de decisiones en las instituciones financieras. La técnica más implementado y conocido para el riesgo de liquidez estructural es el llamado ALM (*Asset and Liability Management*) que trata básicamente del descuadre que puede existir a lo largo del tiempo en las cuentas del balance general, es decir entre activos y pasivos.

¹² Uyemura , Dennis G. Deventer, Donald R. Risk Management in Banking , McGraw Hill, 1993.

Esta técnica sirve en la práctica para manejar adecuadamente las ganancias, asegurar suficiente liquidez, mantener un capital adecuado y operar con límites prudentes.

A través del Balance General se puede obtener información sobre la situación financiera de una institución desglosado por Activos, Pasivos y Capital. En este informe queda reflejada la fórmula básica en materia de contabilidad:

$$\text{Activos} = \text{Pasivos} + \text{Capital Contable}$$

Los activos son los bienes y derechos que son propiedad de una institución y que le sirven para realizar sus transacciones diariamente. Las cuentas más importantes que integran el activo para efectos de riesgo de liquidez son las siguientes:

- Caja y bancos
- Instrumentos financieros
- Cartera de crédito vigente y vencida
- Cuentas por cobrar

De las cuentas anteriores se puede destacar la de créditos o préstamos que para el ámbito de riesgo de liquidez representan un valor negativo en la brecha de liquidez también conocida como “*gap*” porque la institución bancaria deja de percibir el efectivo.

Los pasivos son el conjunto de deudas y obligaciones a las que tiene que hacer frente una institución. Las cuentas más importantes que integran el pasivo para efectos de riesgo de liquidez son las siguientes:

- Depósitos a corto y largo plazo
- Préstamos interbancarios
- Cuentas por pagar

La evolución del ALM ha sido rápida, desde 1960 se ha tenido la idea de calzar activos con los pasivos sin embargo no es hasta 1984 que se reconoce el valor que tiene el ALM por medio primero del análisis de la duración y a la fecha con modelos más complejos.

Algunos banqueros piensan que el ALM es maximizar ganancias y minimizar riesgos, estos conceptos son correctos pero faltan algunos puntos. El ALM se debe entender como más que la relación riesgo rendimiento, ya que es un proceso envolvente en el que intervienen muchos más factores, por ejemplo de realizarse un incremento en el rendimiento esperado, este generalmente traerá un riesgo estructural en el banco mayor.

El objetivo del ALM es obtener el riesgo en base a las entradas netas de capital, con valor económico y manejo de la liquidez para conocer las expectativas y tomar la desviación deseada en la evaluación dado un rango de posibles cambios en las condiciones de mercado. El ALM es el acto de balancear todos los riesgos para lograr la unión de los objetivos que consideran ciertos límites.

Un proceso efectivo de ALM debe contener:

- Administración de las exposiciones por riesgo
- Enfocarse a los objetivos y metas de la hoja del balance
- Equipo sólido para la administración
- Éxito del plan estratégico

3.2 Acuerdo de Basilea III

Debido a la crisis financiera que comienza a mediados de 2007 se ha podido observar que la administración del riesgo de liquidez fue imprecisa y poco efectiva. Muchas instituciones financieras se vieron en problemas primero con la liquidez de corto plazo y después comprometiendo su solvencia o liquidez a largo plazo para hacer frente a sus obligaciones futuras. En consecuencia los bancos reconocieron la necesidad de mejorar su administración de riesgo de liquidez así como sus exposiciones, por tal razón el Comité de Basilea sobre Supervisión Bancaria emitió un documento llamado *“Principles for Sound Liquidity Risk Management and Supervision”*¹³ en septiembre de 2008. Este documento provee los principios básicos para que la supervisión en materia de liquidez sea consistente así como elementos que son clave en un enfoque más robusto en cuestión de administración de riesgo de liquidez. Como principales puntos destacan los siguientes:

- Establecimiento de políticas y tolerancias para el riesgo de liquidez.
- Uso de herramientas para la administración de riesgo de liquidez tal que se puedan obtener flujos futuros, límites y escenarios de stress.
- El desarrollo de un plan de fondeo en caso de contingencia.
- El mantenimiento de un colchón suficiente de activos líquidos de alta calidad

¹³ www.bis.org

Por su parte los reguladores esperan valorar el riesgo de liquidez adecuado para los bancos y su exposición, así como tomar acciones en caso en que la administración de riesgo del banco sea deficiente o exista algún exceso de riesgo de liquidez, esto con el fin de proteger a los depositantes y mejorar la estabilidad del sistema financiero.

Se crearon dos estándares regulatorios sobre el riesgo de liquidez para lograr dos objetivos separados pero complementarios al final. El primer objetivo está relacionado con el riesgo de liquidez a corto plazo de acuerdo al perfil de la institución para asegurar que el banco tenga suficientes recursos líquidos de alta calidad crediticia para sobrevivir por lo menos durante un mes de acuerdo a un escenario de stress determinado. El Comité desarrollo una razón de cobertura de liquidez para lograr este objetivo. El segundo objetivo se refiere a la liquidez de largo plazo creando incentivos adicionales para que los bancos financien sus actividades con recursos más estables de fondeo. La razón de fondeo estable neto se creó con el fin de capturar las opciones de financiamiento relacionadas con cuestiones estructurales. Estos dos estándares están compuestos principalmente por parámetros los cuáles son internacionalmente en armonía usando valores específicos a diferencia de otros parámetros que a veces se deben tomar de una u otra forma de acuerdo a la contabilidad y jurisdicción de cada país.

Razón de cobertura de Liquidez

La razón de cobertura de liquidez está definida de la siguiente forma:

$$\frac{\text{Valor de instrumentos con alta liquidez}}{\text{Salidas de efectivo sobre un periodo de 30 días}} \geq 100\%$$

Este índice pretende que al menos durante un mes los activos líquidos con los que cuenta la institución bancaria sean suficientes para solventar las salidas de efectivo en las que el banco incurra. Cabe destacar que el valor de los instrumentos líquidos es obtenido bajo condiciones de stress y deben ser instrumentos libres de gravamen, por ejemplo: efectivo, deuda soberana emitida en moneda local o bonos corporativos de alta calidad crediticia y por otra parte el denominador se refiere a las salidas de efectivo netas calculadas de acuerdo a escenarios de estrés propuestos por la supervisión. Dichos escenarios se refieren a aplicar ciertos cambios extremos; aumentos o disminuciones en los factores de riesgo (lo cual usualmente sucede en una crisis) para observar como pueden ser afectados los flujos de efectivo de la institución.

Razón de financiamiento neto estable

Para promover el financiamiento de mediano y largo plazo de los activos y para las principales actividades bancarias, el comité desarrollo esta métrica estableciendo un monto mínimo aceptable de financiamiento basado en las características de los activos del banco y actividades financieras durante un horizonte de tiempo de un año. Esta métrica además de complementar la razón de cobertura de

liquidez trata de incentivar los cambios estructurales de las instituciones bancarias de acuerdo a su perfil de riesgo para tener más estabilidad en los activos y negocios bancarios.

Esta Métrica es definida como:

$$\frac{\text{Monto}_{\text{disponible}}_{\text{para}}_{\text{financiamiento}}}{\text{Monto}_{\text{requerido}}_{\text{para}}_{\text{el}}_{\text{financiamiento}}} > 100\%$$

3.3 Marco Regulatorio en México

El riesgo de liquidez de las instituciones financieras implica un factor de riesgo sistémico, esto es por el riesgo de contagio que existe entre las instituciones financieras, si alguna de ellas tiene problemas de liquidez seguramente alguna otra lo tendrá y este efecto se puede propagar. Por tal razón el marco regulatorio ha tenido cambios para mejorar la administración del riesgo de liquidez entre las instituciones.

El marco regulatorio vigente busca delimitar la gestión de la liquidez de las instituciones financieras, tanto en moneda nacional como en moneda extranjera¹⁴. Banco de México tiene especial interés en la administración del riesgo de liquidez, por lo que se han establecido mecanismos por lo que afecta las condiciones bajo las cuales proporciona liquidez a las instituciones participantes en el mercado de dinero.

Como responsable de la política monetaria, Banco de México tiene y entre sus principales funciones las siguientes¹⁵:

1. Regular la emisión y circulación de la moneda, los cambios, la intermediación y los servicios financieros; así como los sistemas de pago¹⁶.
2. Operar con las instituciones de crédito como banco de reserva y acreditante en última instancia. Por esta razón Banco de México proporciona el crédito necesario para hacer frente a la demanda de billetes y monedas.

En lo que respecta a la moneda nacional las instituciones de crédito tienen una cuenta corriente en el Banco de México mejor conocida como cuenta única. Esta cuenta única para las instituciones de crédito en particular para los bancos sirve para hacer frente a la demanda monetaria de billetes y monedas, por ejemplo cuando el banco recibe un retiro o depósito de efectivo y no

¹⁴ Estas reglas están incluidas en la circular 2019/95 del Banco de México.

¹⁵ Ley del Banco de México – Última reforma publicada 25-05-10.

¹⁶ Un Sistema de Pagos es un conjunto de instrumentos, procedimientos bancarios y, por lo general, sistemas interbancarios de transferencia de fondos que aseguran la circulación del dinero.

dispone de monedas suficientes puede hacer uso de la cuenta corriente y obtener el efectivo que le hace falta. A su vez este cargo o abono Banco de México la registrará en la cuenta única del banco, de esta forma se podría decir que los cambios en la demanda de retiros o depósitos se reflejan en cambios en los saldos de las cuentas de las instituciones de crédito.

Se ha establecido que los saldos diarios al manejo de dicha cuenta para las instituciones de crédito tengan el incentivo de procurar que el saldo de su cuenta única en el Banco de México resulte cero al finalizar el día. Sin embargo esto no siempre sucede por lo que a veces es necesaria la intervención de Banco de México en el mercado de dinero. Si los bancos cerrarán el día con un saldo negativo en la cuenta única (sobregiro) entonces estarán obligadas a pagar un interés de dos veces la tasa de fondeo bancario a un día o por el contrario de cerrar con saldo positivo, habrá un costo de oportunidad porque el excedente no generará intereses perdiendo el rendimiento que se pudo haber obtenido.

Es importante destacar que una de las misiones del Banco de México es propiciar el buen funcionamiento de los sistemas de pagos para asegurar la circulación de dinero en el mercado¹⁷. Los sistemas de pagos se clasifican en dos grupos: los de alto valor y los de bajo valor. Los de alto valor se caracterizan por tener una liquidación inmediata en términos generales el mismo día y el monto de los pagos es grande. Respecto a los sistemas de pagos de bajo valor se caracterizan por tener una liquidación diferida ya que se usan para pagos que no son urgentes y en general los pagos son bajos

3.3.1 La liquidez en el Sistema Bancario

En el contexto de la política monetaria de Banco de México el término de liquidez se refiere a los excesos o faltantes en las cuentas de los bancos, mencionadas anteriormente como la cuenta única o cuenta corriente. Diariamente el Banco de México equilibra la oferta con la demanda de los billetes y monedas en circulación a través de su intervención en el mercado de dinero, con el fin de evitar que un faltante o sobrante de liquidez en el sistema financiero afecte las tasas de interés y a la larga se tenga un efecto en la tasa de inflación.

La intervención de Banco de México en el mercado de dinero, básicamente ocurre en dos pasos:

1. Por las mañanas Banco de México interviene con cierto monto determinado en función a todas las operaciones que afectaron los saldos de las cuentas de los bancos y pronostica el cambio que tendrá la demanda de billetes y monedas en el sistema para poderlo incluir en el monto total a compensar.

¹⁷Artículo 2 de la Ley de Banco de México (1993).

2. Por las tardes, la nivelación se refiere a que después de haber aplicado todas las liquidaciones de las cámaras de compensación de los distintos sistemas de pago, el Banco de México interviene para compensar diferencias en la demanda de billetes y monedas estimada y observada.

Con estas dos intervenciones Banco de México asegura que el saldo de las cuentas únicas de los bancos serán cero y por lo tanto no habrá faltante o excedente de liquidez.

Para realizar la nivelación tanto matutina como vespertina y a su vez administrar correctamente la liquidez del sistema financiero, el Banco de México tiene a su disposición instrumentos de corto plazo: operaciones de mercado abierto: facilidades de crédito y depósito, ventanillas de liquidez y a largo plazo: Depósitos de Regulación Monetaria¹⁸, compra- venta de títulos de deuda, ventanilla de liquidez

Las operaciones de mercado abierto son el principal instrumento que Banco de México utiliza para administrar la liquidez de corto plazo ya sea inyectando fondos o retirándolos. El mecanismo para inyectar fondos se hace por medio de subastas de crédito o compra de valores en directo o en reporto y por otra parte la forma para retirar recursos es mediante subastas de depósitos o venta de valores en directo o en reporto. En estas operaciones, el Banco de México fija el monto y el mercado determina libremente las tasas de interés a través de subastas.

Por otra parte los depósitos de regulación monetaria, el Banco los ha utilizado cuando hay excedentes muy grandes de liquidez en el sistema financiero y es necesario retirar liquidez en el mercado.

La Tesorería en las instituciones financieras bancarias

Dentro de la estructura de un banco existe una figura que tiene la responsabilidad de proveer la liquidez necesaria diariamente para todas las áreas del banco, esta figura es mejor conocida como la Tesorería. Se puede decir que la Tesorería es la responsable de administrar la liquidez de corto plazo y de sobreestimar o subestimar las necesidades de liquidez en un día se corre el riesgo de no lograr negociar una tasa aceptable para colocar o captar recursos al final del día, y si otro banco nota que se tiene una desviación de este tipo, éste puede aprovechar e intentar cobrar más o pagar de menos (según sea el caso) por los recursos, lo que a su vez puede poner en riesgo la nivelación de ese día.

¹⁸ Los DRM son depósitos obligatorios de largo plazo que las instituciones nacionales tiene que constituir en el Banco de México. Como estos depósitos no tienen fecha de vencimiento definida, no pueden ser retirados por los bancos.

3.4 Antecedentes de Modelos Riesgo de Liquidez

Antes de presentar los modelos de riesgo de liquidez de mercado y liquidez estructural es necesario revisar los antecedentes y bases que les preceden. En las siguientes secciones primero se revisan los antecedentes del modelo de Valor en Riesgo (VaR) que en la práctica es usado para monitorear el riesgo de mercado pero cuya teoría servirá para desarrollar uno de los modelos de riesgo de liquidez de mercado haciendo una modificación a este modelo. Después para el riesgo de liquidez estructural se hace una revisión de los modelos teóricos para las instituciones financieras bancarias, mencionando a sus autores así como sus principales ideas.

3.4.1 Revisión de Valor en Riesgo (VaR) para modelos de riesgo de liquidez a corto plazo

En la actualidad los bancos e instituciones financieras líderes a nivel mundial están utilizando el Valor en Riesgo para controlar y cuantificar los riesgos financieros principalmente el riesgo de mercado. Este modelo ha ayudado a las entidades financieras a cuantificar pérdidas potenciales ocasionadas por movimientos en factores de riesgo como tasas de interés y tipo de cambio.

Desde la década de los treinta, con el trabajo de Macaulay (1939), se desarrollaron los métodos para cuantificar el riesgo de mercado con base en modelos analíticos. Desde entonces, el concepto de duración ha desempeñado un papel central en la construcción de dichos modelos. No fue sino hasta 1995 cuando se publicó un documento técnico de J. P. Morgan donde se proponía un método novedoso para cuantificar el riesgo de mercado asociado a todas las posiciones de un banco a través del cálculo de un solo número llamado VaR (*Value at Risk*). Dicha medida fue desarrollada por la división *RiskMetrics*¹⁹ de JP Morgan en 1994 como un modelo para medir cuantitativamente los riesgos de mercado en instrumentos financieros o portafolios de inversión. A partir de entonces, el valor en riesgo es una de las métricas comúnmente utilizada por los intermediarios financieros para estimación de pérdidas potenciales en el rendimiento de un portafolio, en un periodo de tiempo y con un nivel de confianza dados.

Para precisar el concepto, el VaR es un método para cuantificar el riesgo, el cuál utiliza técnicas estadísticas estándar. Es decir el VaR mide la peor pérdida esperada en un intervalo de tiempo determinado bajo condiciones normales del mercado ante un nivel de confianza dado²⁰. Una

¹⁹ Importante compañía que ha desarrollado modelos y software para el control y medición de los riesgos de mercado.

²⁰ Jorion Philippe , Value at Risk, McGraw-Hill, 2001.

forma de entender en esencia fácilmente esta medida es la siguiente: “se puede estar α % seguro de que no se perderá más que V pesos en los siguientes N días”²¹. Donde α es el nivel de confianza, V es el valor de la máxima pérdida esperada o VaR y N el horizonte de tiempo. La ventaja del VaR es que se resume en un solo número, lo cual es fácil de entender.

El VaR de un portafolio es una función de dos de parámetros: el horizonte de tiempo (T) y el nivel de confianza α . Este modelo fue adoptado por el Comité de Basilea para determinar los requerimientos de capital por riesgo de mercado por ser un modelo estadístico basado en la teoría de la probabilidad.

El Comité de Basilea²² define un nivel de confianza de $\alpha = 99\%$ sobre T=10 días como modelos interno.

El riesgo de mercado y riesgo de crédito son los riesgos sobre los cuáles se ha desarrollado más teoría para su cuantificación, la teoría más conocida para estimar las máximas pérdidas esperadas por dichos riesgos es el llamado Valor en Riesgo (VaR)

La metodología del VaR es un modelo que se basa en medidas estadísticas tales como media, varianza, correlaciones y funciones de probabilidad de los rendimientos de mercado principalmente. Por medio de la estimación del VaR los bancos han logrado estimar las máxima pérdidas esperadas por riesgo de mercado y riesgo de crédito a horizontes de tiempo determinados para determinar políticas y lineamientos en la operación diaria; sin embargo esta técnica no se puede aplicar puramente al riesgo de liquidez el cuál también juega un papel importante en las instituciones bancarias.

3.4.2 Revisión de modelos de riesgo de liquidez estructural

En la literatura económica, diversos autores han buscado justificar el papel de los bancos sobre la base de las reservas concernientes a las pérdidas por riesgo de liquidez que llevan a cabo. El trabajo seminal en esta línea es el de Diamond y Dybvig (1980)²³ donde los autores formalizan la idea de la liquidez introducida previamente por Bryant (1980)²⁴ y consideran un marco agregado donde el

²¹ Hull, John C. Options, Futures and other Derivatives. Prentice Hall Tercera edición, 1997

²² En búsqueda de la estabilidad financiera, el 15 de julio de 1988 el G10 concretaron un acuerdo financiero en el que se creó un Comité de Basilea para dar las pautas en materia de medición de riesgo de crédito y de mercado principalmente.

²³D. Diamond, P. Dybvig. Bank runs, deposit insurance and liquidity. 1983.

²⁴ Bryant. A model of reserves, bank runs and deposit insurance. 1980.

sistema bancario está representado por un único banco y existen individuos idénticos ex ante, pero expuestos a una perturbación (no observable) en la liquidez. En este contexto, los autores demuestran como el banco (ofreciendo depósitos bancarios) puede asegurar las necesidades de liquidez de los agentes en la economía pero proporcionando una asignación más eficiente de recursos en comparación con el equilibrio sin un intermediario financiero.

Adicionalmente, el modelo de Diamond-Dybvig (1983) es ilustrativo del riesgo de liquidez que incurren las entidades financieras que reciben depósitos, ya que considera tanto el caso en el que los consumidores pacientes (consumen en $t = 2$), tiene confianza en su banco, como el caso en el que los consumidores pacientes prevén que no habrá suficientes fondos en $t = 2$. En el primer caso los consumidores siempre confían en que el banco tiene los recursos suficientes para regresar sus depósitos por lo que lo óptimo para dichos consumidores será retirar sus depósitos en $t = 2$, de esta forma la proporción de retiros en $t = 1$ será π_1 que es la probabilidad de ser un consumidor impaciente, por lo cual el banco tendrá en reservas líquidas exactamente $\pi_1 C_1$ para ser solvente; sin embargo, en referencia al segundo caso, también existe la posibilidad de que por alguna razón los consumidores pacientes no confíen en su banco, por lo que querrán tomar sus depósitos antes, de modo que el banco se vería obligado a liquidar sus inversiones de largo plazo antes de tiempo y obtener $\pi_1 C_1 + (1 - \pi_1) L$, donde el primer término son los depósitos mantenidos como reservas líquidas y el segundo término es el resto de los depósitos que se habían invertido a largo plazo y que al liquidarse previamente, sólo generan un rendimiento L , lo cual es menor que el valor total de los pasivos. Lo anterior resulta interesante ya que en este escenario, el banco entrará en default debido a una corrida bancaria, que se materializa mediante una crisis de liquidez, de modo que para un banco es de suma importancia contar con mecanismos que le permitan satisfacer la demanda de liquidez de sus depositantes y de ese modo evitar que las expectativas de insolvencia que puedan tener dichos depositantes sobre el banco crezcan.

Existe una cantidad importante de literatura económica, que a diferencia de lo propuesto en el modelo Diamond y Dybvig (1983) (donde los pánicos bancarios responden a fenómenos aleatorios), que considera que las retiradas masivas de depósitos son una consecuencia de la información adquirida por algunos depositantes del banco con relación a la solvencia del mismo (retiradas masivas de depósitos fundamentales).

El supuesto común a estos trabajos es que existe un problema de información asimétrica entre banco y depositante. Se puede interpretar que esta información asimétrica es consecuencia de la labor de intermediación que realizan los bancos. En este contexto de asimetría informativa, algunos depositantes pueden obtener información sobre una variable económica relevante, o fuente de riesgo

sistémico, que puede afectar al valor del banco. Los artículos de Gorton (1985)²⁵ , Jacklin y Bhattacharya (1988)²⁶ y Samartín (2002)²⁷ son ejemplos de esta literatura.

Gorton (1985) presenta un modelo en el que la suspensión de la convertibilidad se utiliza como mecanismo de comunicación. Los depositantes tienen menos información que el banco sobre la calidad de los activos bancarios. Dado este problema de información asimétrica, los depositantes pueden desear retirar su dinero cuando de forma equivocada creen que el banco va a quebrar. En estos casos, se puede suspender la convertibilidad como una señal de que el banco es solvente.

En la literatura se analizan principalmente dos medidas tradicionalmente utilizadas para prevenir los pánicos bancarios: la suspensión de la convertibilidad y el seguro de depósitos. La primera medida se refiere a una cláusula en los contratos de depósitos que habilita a los bancos a interrumpir la devolución de los depósitos cuando el monto de los retiros alcanza un punto tal que la solvencia de las entidades es puesta en riesgo. La segunda medida se refiere a un seguro que cubre hasta un monto establecido en favor de una persona física o moral, en cada banco.

Típicamente en un contexto donde no hay incertidumbre a nivel agregado con respecto a las necesidades de liquidez, una política de suspensión de la convertibilidad previene las retiradas masivas de depósitos y alcanza el óptimo social. En otros casos, el seguro de depósitos resulta ser una medida más efectiva. Sin embargo, el seguro de depósitos es el mecanismo más utilizado, ya que el contexto de incertidumbre es más realista. A su vez, en complementariedad a los seguros de depósitos, las entidades financieras que reciben depósitos necesitan prever sus necesidades de liquidez, y conducir análisis de riesgo de liquidez con la finalidad de maximizar la probabilidad de solvencia ante cambios en las percepciones de los depositantes o choques exógenos en sus preferencias intertemporales de consumo.

Del mismo modo, para un banco central es de gran importancia monitorear el riesgo de liquidez en el sistema bancario, ya que conforme a la literatura económica, el principal problema asociado al seguro de depósitos, el del riesgo moral, analizado principalmente por Merton (1977)²⁸, es decir que los bancos tienen incentivos para llevar a cabo inversiones de riesgo a la vez que los depositantes dejan de monitorear el funcionamiento de su banco, ya que sus depósitos están seguros. Este autor demuestra, utilizando el método de valoración por arbitraje, que el seguro de depósitos se puede

²⁵ G. Gorton. Bank suspension of convertibility. 1985.

²⁶ C. Jacklin and S. Bhattacharya. Distinguishing panics and information-based bank runs: Welfare and policy implications. 1988.

²⁷ M. Samartín. Suspension of convertibility versus deposit insurance: a welfare comparison. 2002.

²⁸ R. Merton. An analytical derivation of the cost of deposit insurance loan guarantees. 1977.

equiparar con una opción de venta sobre el valor del activo bancario, y cuyo precio de ejercicio es el valor de la deuda al vencimiento. El valor de esta opción aumenta al incrementar el riesgo del activo y/o disminuir el ratio capital/activo. Con relación al seguro de depósitos y riesgo moral, un trabajo reciente de Gropp y Vesala (2001)²⁹ argumenta que el efecto del seguro de depósitos sobre el riesgo bancario depende por lo menos de tres factores: el poder de mercado del banco, la supervisión que ejerzan los obligacionistas del banco y de la política conocida como *too-big-to-fail*³⁰ que muy frecuentemente se aplica a las instituciones financieras

²⁹ R. Gropp and J. Vesala. Deposit insurance and moral hazard: does the counterfactual matter? 2001.

³⁰ Término utilizado para describir que la quiebra de un banco o institución financiera importante tendría consecuencias desastrosas en el sistema financiero si cayera en quiebra por lo cuál a veces es necesaria la intervención del Gobierno en el sistema.

CAPITULO IV. Modelos de Riesgo de Liquidez

En este capítulo se profundiza y se exponen los modelos de riesgo de liquidez para dar una solución a la problemática que tienen las instituciones financieras por no contar con modelos que ayuden a cuantificar el riesgo de liquidez y con esto evitar las pérdidas monetarias durante tiempos de crisis. La solución puede ser dividida por tipología de riesgo de liquidez. Primero se brinda una solución para cuantificar el riesgo de liquidez de mercado proponiendo se utilicen los modelos del horizonte óptimo y de VaR ajustado con los diferenciales de precios de compra-venta en el mercado. El primer modelo tiene que ver con el horizonte de tiempo adecuado para el cálculo del VaR así como el efecto de la iliquidez en los costos de transacción y costos de capital. El segundo modelo se refiere al ajuste del cálculo del VaR en base a los *spreads* de los instrumentos financieros que se desean liquidar en cierto horizonte de tiempo. La segunda parte de la solución es proponer el modelo teórico de Ho y Saunders para la cuantificación del riesgo de liquidez estructural. Este modelo está basado en las comisiones, tamaño de depósitos y préstamos y el coeficiente de aversión. Este modelo está desarrollado mediante el planteamiento de ecuaciones matemáticas y el desarrollo de derivadas parciales.

Es importante mencionar que dentro de éste capítulo también se propone un nuevo enfoque para el modelo de Ho Y Saunders al variar uno de los supuestos del modelo sobre el tamaño de los depósitos y préstamos que un banco realiza. El modelo original supone que el tamaño de entradas y salidas es el mismo, lo cual no es cercano a la realidad dentro de las instituciones financieras bancarias. Es decir un banco no puede controlar el tamaño de depósitos y préstamos que recibe de los consumidores. Con el nuevo enfoque del modelo se supone que el tamaño de depósitos y préstamos no es el mismo, lo cual cumple con el objetivo de mejorar este modelo al adherir un supuesto de acuerdo con la práctica de las instituciones financieras bancarias. De esta forma la cuantificación del riesgo de liquidez puede ser estimada con mayor precisión.

4.1 VaR aplicado al Riesgo de Liquidez de Mercado

El riesgo de liquidez de mercado en el entorno de VaR es definido por la subestimación de las pérdidas máximas estimadas durante un horizonte de tiempo determinado y con un nivel de confianza definido, como consecuencia de que en el horizonte de tiempo elegido no se puedan reducir o cubrir las posiciones o se tengan que liquidar a precios inferiores al precio promedio de mercado.

Para cuantificar el riesgo de liquidez a corto plazo generalmente se utilizan los diferenciales de compraventa de instrumentos y los horizontes de inversión.

Es importante mencionar que cuando se habla del modelo VaR es necesario tomar en cuenta varios supuestos en ello, como suponer que la posición de riesgo se puede liquidar cubrir o reducir en

el periodo de tiempo dado (horizonte de riesgo) a los precios promedio de mercado. Este supuesto nos dicen:

- Los mercados son completamente líquidos.
- Los diferenciales (*spreads*) entre la compra y venta son insensibles a los montos de los títulos e instrumentos negociados, por lo tanto no existen costos de transacción.
- Siempre existirá un comprador o vendedor de la posición que queremos cubrir o deshacer en el mercado, es decir siempre se encontrará una contraparte disponible.

Sin embargo lo anterior difícilmente se cumple, y con mucha más razón en mercados emergentes, por las siguientes razones:

- Gran cantidad de instrumentos pocos líquidos de renta fija y de renta variable.
- Mercados con poco volumen, como el mercado de instrumentos financieros derivados, que sería el mercado natural de cobertura de diversos instrumentos.
- Spreads de compra venta muy grandes y volátiles y con distribución de colas anchas por lo que suponer la normalidad no aplica siempre.
- Los precios se mueven conforme a los volúmenes operados por lo que se encarecen las estrategias de liquidación o cobertura.
- Presentación de eventos extremos más frecuentemente que en los mercados desarrollados, tales como: depreciación de la divisa del mercado emergente, volatilidad en tasas de interés, volatilidad en los *spreads* de compra venta.

Inversionistas sin experiencia sofisticados, es decir que invierten en instrumentos complejos en los mercados financieros, se han llevado muchas sorpresas cuando el mercado está seco; es decir no hay liquidez a corto plazo generando el riesgo de vender a muy bajo costo las inversiones adquiridas al inicio. La estimación del VaR de mercado no considera cuando no hay compradores que desean adquirir ciertos títulos, es decir la falta de demanda en el mercado lo cual representa que el VaR se encuentre subestimado por lo que se debería hacer un ajuste al modelo para tomar en cuenta la falta de liquidez en los mercados. Se puede mencionar el caso de los desastres financieros de Long Term Capital Management (LTCM) como una de los afectados por la subestimación del modelo.

Los primeros intentos que han surgió para ajustar el valor en riesgo (VaR) se han hecho sobre el VaR que sirve para estimar el riesgo de mercado y el riesgo de crédito para instrumentos específicos al aumentar el horizonte de tiempo y hacer el cálculo en base a éste y así contar con una mejor estimación. El horizonte de ajuste generalmente interviene al calcular la raíz cuadrada del tiempo

aplicado a la varianzas y covarianzas más que calcular esas varianzas y covarianzas sobre un horizonte de tiempo mayor.

Sin embargo han surgido recientemente algunas investigaciones respecto al tema de riesgo de liquidez debido a que la iliquidez que muchas veces existe en los mercados ha sido necesaria reflejarla sobre todo para el caso en el que se tienen posiciones largas y se tiene un costo de transacción inmediata si la posición se desea liquidar lo antes posible.

4.2 Modelo del Horizonte Óptimo

El Comité de Basilea ha sugerido tomar un horizonte de tiempo de diez días para incorporar el efecto de los costos de liquidación al cálculo del VaR por riesgo de mercado, sin embargo este horizonte de tiempo es arbitrario y en ningún lado se justifica sea el correcto para todas las posiciones, ni se justifica que sea aplicable en todos los mercados, por ejemplo en el caso de México, que es un mercado emergente, donde todos los instrumentos tienen una gran exposición al riesgo de liquidez se pensaría el horizonte de diez días es menor al real.

De acuerdo al modelo de Baumol (1952) son dos los costos principales que intervienen en una institución financiera para obtener el horizonte óptimo:

1. Costos de transacción: Son las pérdidas que pueden ocurrir al tratar de liquidar una determinada posición por los diferenciales de compra-venta, ya sea porque el volumen negociado es mayor al tamaño promedio de los lotes o porque los instrumentos que se desean liquidar a los precios vigentes no tienen demanda.
2. Costos de capital: Se hace referencia a los requerimientos y uso de capital derivado de mantener una posición vigente.

Para encontrar el horizonte de inversión óptimo es necesario encontrar el punto mínimo entre el costo de capital y costo de transacción. Los costos de transacción son función de los diferenciales de compraventa o *spread*, horizonte de inversión y del monto promedio de títulos negociados en el mercado:

$$CT = CT(MPT, S, h) \quad (1)$$

Donde CT = Costo de transacción

MPT=Monto promedio de títulos negociados

S= Diferencial de compra-venta

h= Horizonte de liquidación

A mayores montos negociados se incrementa el costo de transacción, al igual que la relación que se mantiene con los *spreads*. Y por el contrario los costos de transacción disminuyen conforme mayor es el periodo para liquidar las posiciones, ya que la presión sobre los *spreads* es menor.

En cuanto al costo de capital, se puede decir que está en función de las mismas variables con las que se estima el VaR paramétrico:

$$CC = CC(t, V, \Omega) * k \quad (2)$$

Donde V = Valuación de la posición a precios de mercado

Ω = Matriz de varianzas y covarianzas

t= Horizonte de inversión para estimar el VaR

k= Costo de oportunidad del capital

A mayor horizonte de inversión, mayor costo de capital, porque las posiciones se mantienen por más tiempo y de la misma forma a mayor valuación en las posiciones mayor será el costo de capital.

Por lo tanto regresando al problema inicial, se tendrá que el plazo óptimo de liquidación (h^*) será aquel que permita minimizar los costos totales. Es decir se tendrán que encontrar el valor h que cumpla la siguiente condición:

$$\frac{\delta CL}{\delta h} = \frac{\delta CT}{\delta h} + \frac{\delta CC}{\delta h} = 0 \quad (3)$$

Donde CL = Costo total de liquidación

En conclusión se puede decir que en el caso que se tienen instrumentos líquidos, es decir que se pueden vender en pocas horas, el VaR de mercado con el método paramétrico sobreestima el riesgo de mercado, mientras que en instrumentos poco líquidos el VaR de mercado con el método paramétrico es inferior al VaR Ajustado por riesgo de liquidez.

4.3 Modelo de VaR ajustado en base al *spread* de los precios de mercado

En este Modelo propuesto por Bangia, Diebold y Schuermann (1998) se hace una separación entre los factores endógenos y factores exógenos que afectan el riesgo de liquidez.

El riesgo lo definen los autores como la incertidumbre que existe sobre las entradas futuras. El riesgo de mercado es generalmente asociado con la incertidumbre de los precios o retornos esperados por movimientos en los factores de mercado como tasas de interés, tipo de cambio, etc. La administración de riesgos tradicional bajo condiciones normales usualmente es negociado con la

distribución del valor del portafolio por medio de la distribución de los rendimientos de mercado. Estos rendimientos de mercado están basados en el precio medio y entonces el riesgo de mercado ésta en forma pura: riesgo en forma idealizada donde no existe fricción por obtener un precio justo. Sin embargo, muchos mercados poseen un componente de liquidez adicional que proviene desde los traders cuando una posición no puede liquidarse al precio medio porque se desea liquidar rápidamente o porque el mercado se mueve en contra de ellos, así que ellos solo podrían liquidar su posición al precio-medio menos un spread.

Por lo tanto los formadores de mercado tienen rendimientos y subestimación del riesgo real que existe en los mercados porque el valor con el que se ha realizado la liquidación puede tener una desviación significativa respecto al precio-medio de mercado. En este modelo se argumenta como esa desviación del precio de liquidación viene del precio-medio, también referido como el impacto de mercado o del costo de liquidación, y la volatilidad e este costo son componentes muy importantes para el modelo que captura el verdadero nivel del riesgo envuelto en los mercados.

Se sabe que convencionalmente el VaR pone atención en capturar la incertidumbre que existe de los retornos o rendimientos de los activos pero no incorpora la incertidumbre esperada que existe por el riesgo de liquidez. El componente de riesgo de liquidez está relacionado con los componentes de incertidumbre de los costos de liquidación.

Dentro del riesgo de liquidez intervienen los factores exógenos de iliquidez y factores endógenos de iliquidez. El riesgo de liquidez exógeno se refiere a las fluctuaciones en la liquidez propiciadas por factores que van más allá del control o deseo individual del *trader*. Por ejemplo que exista mayor volatilidad en mercados de economías emergentes o mercados financieros en economías que no lo son, como México y Estados Unidos. En cambio el riesgo de liquidez endógeno son las fluctuaciones del riesgo de liquidez proveniente de acciones individuales, como por ejemplo cuando se desea deshacer una posición larga.

La iliquidez exógena es resultado de las características del mercado: es común a todos los inversionistas del mercado y no se ve afectada por solo un participante. Mientras que la iliquidez endógena en contraste es específica de una posición en el mercado, varía a través de la gama de participantes en el mercado y la exposición de cada participante es ocasionada por sus propias acciones.

Si las órdenes del mercado para comprar o vender son más pequeñas que el volumen disponible en el mercado, entonces dichas órdenes serán las cotizaciones a seguir para el mercado. En este caso el impacto del costo del mercado estará definido como el costo inmediato de ejecución, el cual será la mitad del spread de compra-venta (bid-ask). Ahora bien, si el tamaño de las órdenes excede la cotización de mercado establecida inicialmente, el costo del impacto del mercado será mayor que la mitad del spread, debido a que hay más participantes que desean colocar sus ventas o

compras y por lo tanto mueven los precios del mercado. El diferencial entre el impacto total de mercado y el spread medio es llamado el costo incremental de mercado y constituye el componente endógeno en este trabajo. Existen diferentes métodos cuantitativos para modelar el riesgo de liquidez endógeno, entre los más destacados, el método de Jarrow y Subramanian(1997), ellos consideran la liquidación óptima de un portafolio de inversión en un horizonte fijo. Ellos caracterizan los costos y beneficios del bloque de venta contra una lenta liquidación y proponen un ajuste de liquidación al VaR convencional. Dicho ajuste sin embargo se basa en datos que no siempre pueden ser conocidos como la relación entre el tamaño de la transacción y la cantidad descontada si ocurre una ejecución de la operación tardía.

En este modelo solo se tomará en cuenta el riesgo exógeno motivado por dos razones:

1. Las fluctuaciones en los riesgos exógenos con generalmente más grandes e importantes y además estos son relevantes para todos los *traders* en el mercado sin importar que tan grandes o pequeños sean sus posturas.
2. En forma contraria del riesgo de liquidez endógeno, existen datos para cuantificar el riesgo de liquidez exógeno los cuales son ampliamente disponibles y conocidos, éste es porque el riesgo de liquidez exógeno es caracterizado por la volatilidad observada del *spread* sin contar la referencia del *spread* con el tamaño de la transacción.

Construcción del Modelo

Se sabe que en un día el rendimiento de un activo esta dado por el logaritmo del precio-medio:

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

Tomando el horizonte de un día sobre el cual el rendimiento del activo antes mencionado es considerado, y suponiendo que los rendimientos diarios se distribuyen Normal, pero valor al 99% de confianza que se puede obtener sería:

$$P_{99\%} = P_t * e^{(E[r_t] - 2.33\sigma_t)} \quad (2)$$

Donde $E[r_t]$ y σ_t^2 son los primeros dos momentos de la distribución de los rendimientos, y el multiplicador de 2.33 representa el nivel de confianza del 99% en una distribución normal estándar. De acuerdo a lo anterior y sin pérdida de generalidad se puede decir que el valor esperado de los rendimientos diarios $E[r_t]$ es cero. Entonces el VaR paramétrico (P- VaR) estará dado por:

$$P - VaR = P_t - \left(P_t * e^{(-2.33\sigma_t)}\right) \quad (3)$$

$$P - VaR = P_t \left(1 - e^{(-2.33\sigma_t)} \right) \quad (4)$$

Se asume normalidad para simplificar la expresión, pero se debe aclarar, que este modelo no solo es aplicable a rendimientos que se distribuyen normal, ya que como es sabido la volatilidad de los rendimientos no son constantes y cambian a lo largo del tiempo, a largos cambios de tendencia le corresponden grandes cambios en volatilidad y viceversa. Para capturar este efecto en el modelo se propone calcular la volatilidad como promedios móviles ponderados exponencialmente (EWMA) de la historia del cuadrado de los rendimientos, como se hace en la práctica por diversas firmas como *Riskmetrics*.

Incorporación del riesgo exógeno al modelo VaR

Se incorpora un *spread* al modelo ya que se está interesado en capturar el riesgo exógeno del mercado, no el riesgo de un evento extremo que pudiera ser causado por los traders y decisiones individuales. Si se toman en cuenta las expresiones del peor escenario $P_{99\%}$ y de la pérdida potencial $P - VaR$ se observa que éstas solo consideran la volatilidad del precio-medio, en el cual en promedio se podría esperar que el precio de venta sea la mitad del *spread* $\left(\frac{1}{2}\bar{S}\right)$. Aquí el riesgo exógeno se tratará de definir en términos de probabilidades e intervalos de confianza. El costo de liquidez (CL) exógeno se define en este modelo en base a cierto promedio del *spread*, \bar{S} , más un múltiplo por la volatilidad del *spread*, $a \cdot \sigma \tilde{W}$, para cubrir el 99% de las situaciones de *spread* posibles.

$$CL = \frac{1}{2} \left[P_t \left(\bar{S} + a\sigma \right) \right] \quad (5)$$

Donde P_t es al día de hoy el precio medio para el activo o instrumento, \bar{S} es el promedio del *spread* relativo y σ es la volatilidad relativa al *spread*, a es un escalar tal que acumula el 99% de la probabilidad.

Debido a que la distribución de los *spreads* está lejos de distribuirse como una normal, no se puede relacionar la teoría hecha para distribuciones normales y por lo tanto tampoco se le puede asignar un valor escalar al modelo. En el análisis empírico de los datos se ha logrado obtener un rango en el que este escalar puede encontrarse de 2.0 a 4.5 dependiendo del instrumento y mercado en cuestión. El rango es determinado en base a la forma de distribución que pueden presentar los *spreads*, es decir a sus gráficas. Sin embargo las gráficas empíricas de los datos se observa que no se acercan ni siquiera a alguna normal, aunque no sea estándar, ni a una log normal, por lo tanto ningún escalar de la volatilidad de estas distribuciones logra describir la probabilidad de las colas a las que se necesitan se aproximen en los *spreads*.

Una de las principales funciones del formador de mercado es proveer liquidez en el mercado. Campell, Lo y MacKinlay(1997) escribieron literatura para explicar el spread de compra-venta específicamente desde el punto de vista de los formadores de mercado, ellos rompen este proceso en dos componentes. El formador de mercado es considerado para cubrir las órdenes de compra venta y su propio costo de inventarios. Este componente también determina un spread efectivo, un formador de mercados verdaderamente compensa la provisión de liquidez. Desde que los formadores de mercados no distinguen entre el informado del no informado, ellos están forzados a atacar las operaciones de pérdidas potenciales y después tendrán su recompensa.

Con el objetivo de tratar el riesgo de liquidez y el riesgo de mercado conjuntamente, se hará una simplificación en base a un supuesto razonable. Se suponen que ahora existen condiciones adversas en el mercado con eventos extremos en los rendimientos de mercado y eventos extremos en los *spreads*. La correlación entre los movimientos del precio-medio y los *spreads* no es perfecta, pero algunas veces en condiciones extremas de mercado esta correlación si lo es, motivo por el cual se tratará el riesgo de mercado y el riesgo de liquidez como experiencia de movimientos extremos simultáneamente. Entonces para un cálculo de riesgo de liquidez ajustado con el VaR se incorporará el percentil 99 en los movimientos de subyacente y del spread.

Para trasladar el regreso de los retornos a los precios se simplifica definiendo 1% como el peor caso para el rendimiento P' y suponiendo VaR paramétrico de un solo activo o instrumento:

$$P' = P_t e^{(-2.33\sigma_t)} - \frac{1}{2} \left[P_t \left(\bar{S} + a\sigma \right) \right] \quad (6)$$

$$LAdj - VaR = P_t \left(1 - e^{(-2.33\sigma_t)} \right) + \frac{1}{2} \left[P_t \left(\bar{S} + a\sigma \right) \right] \quad (7)$$

Incorporación de un ajuste θ por distribuciones de colas pesadas

Para muchos instrumentos que cotizan especialmente en mercados emergentes sucede que la hipótesis de que sus rendimientos se distribuyen normales no es cierta, es decir las distribuciones poseen colas gordas, formalmente se dice que sus distribuciones tienen leptocurtosis. Cuando los rendimientos se desvían significativamente de una distribución normal, el uso de los multiplicadores o escalares basados en la hipótesis de normalidad (como 2.33 para el 1% del peor escenario para P) subestiman el riesgo, por tal razón se ha diseñado en este modelo un factor de corrección θ para el P-VaR que toma en cuenta el efecto de leptocurtosis de las distribuciones:

$$P - VaR = P_t \left(1 - e^{(-2.33\theta\sigma_t)} \right) \quad (8)$$

El factor de corrección será $\theta = 1$ si la distribución es Normal. Para el caso en que $\theta > 1$ este factor se verá como función creciente de las colas pesadas causando una desviación de la Normal. El término comúnmente usado en estadística para describir las distribuciones de colas pesadas es curtosis, entre mayor curtosis tenga una distribución significa que tiene colas más pesadas y por lo tanto el factor de ajuste θ deberá ser mayor. Lo que se busca es agregar el ajuste de θ a la ecuación anterior P-VaR, de esta forma se trata de caracterizar este factor como una función explícita utilizando dos características de las funciones de distribución de los rendimientos, llamadas segundo y cuarto momento.

Para encontrar la relación entre la curtosis c y el factor de correlación θ , primero se considera la relación entre la desviación estándar, curtosis y la probabilidad de las colas para una distribución t-student con varios grados de libertad. La familia de la t-student presenta por sí misma como una muestra conveniente de control donde la curtosis puede ser ajustada por el cambio del número de grados de libertad. Calculando para muestras grandes y con grandes grados de libertad la t-student converge a una distribución normal. La relación entre la curtosis c y el factor de corrección para las distribuciones t-student está bien capturado por la siguiente relación obtenida de forma empírica:

$$\theta = 1.0 + \phi \ln(c/3) \quad (9)$$

Donde ϕ es una constante cuyo valor depende de la probabilidad de las colas (1%, 2.5%. etc) Claramente si la distribución es Normal entonces $c = 3$ y $\theta = 1$ y el ajuste no sería necesario. El autor encuentra el valor de ϕ mediante una regresión de la ecuación (1) utilizando el VaR histórico, por lo cual éste análisis podría sonar redundante ya que el VaR histórico (como se revisó en el Capítulo II) funciona para distribuciones de rendimientos que no necesariamente deben presentar normalidad. Sin embargo por medio de la estimación del VaR paramétrico ajustado para colas pesadas y una vez teniendo el factor ϕ a una fecha no lejana del cálculo de la estimación, este modelo sería una buena aproximación porque:

1. Considera los datos recientes de mercado
2. Y considera los pesos de los activos o instrumentos del portafolio.

Es así como se pueden re- escribir las ecuaciones principales para estimar el ajuste de VaR por riesgo de liquidez con una distribución de rendimientos con colas pesadas de la siguiente forma:

$$P' = P_t e^{(-2.33\theta\sigma_t)} - \frac{1}{2} \left[P_t \left(\bar{S} + a\sigma \right) \right] \quad (10)$$

$$LAdj - VaR = P_t \left(1 - e^{(-2.33\theta\sigma_t)} \right) + \frac{1}{2} \left[P_t \left(\bar{S} + a\sigma \right) \right] \quad (11)$$

Con este modelo se pueden estimar las pérdidas por riesgo de liquidez de mercado que las instituciones financieras están expuestas. La aplicación de este modelo es un mecanismo para minimizar las posibles pérdidas monetarias cuando se vive una crisis financiera.

4.4 Modelo de Ho y Saunders

La liquidez juega un papel muy importante en los mercados financieros actuales. Muchos expertos se han dado a la tarea de estudiar los precios de compra venta con lo que los *traders* operan en los mercados y de esta forma proponer la mejor práctica para los *traders*. Por otro lado Ho y Saunders tuvieron la idea de modelar la actividad del banco.

El banco es considerado como un intermediario en el mercado entre demandantes y oferentes de fondos, en el cual se deposita a una tasa r_D y se presta a otra tasa r_L (esto es equivalente al precio de venta – compra) que están en función de su propio nivel de liquidez y de la volatilidad de las tasas de interés.

Para mantener la analogía con la idea del intermediario se hacen las siguientes hipótesis del modelo:

- a) No existe riesgo de crédito, ya que el modelo se interesa por saber los costos de los préstamos y depósitos.
- b) Se asume un periodo de decisión para el modelo.
- c) Los vencimientos de los depósitos y préstamos es el mismo y vencen después del periodo de decisión del modelo.
- d) Los depositantes y prestamistas se comportan de forma estocástica, modelados por un proceso Poisson con intensidad lambda λ_D y λ_L respectivamente.
- e) Por simplicidad los préstamos y depósitos tiene el mismo tamaño Q y la misma duración.

Con lo anterior se resume que el único factor que le preocupará al banco será el diferencial entre préstamos y depósitos (L-D), a lo cual se le llama inventario neto que es dado por la actividad comercial que desempeña propiamente el banco. Además se define como γ el portafolio de activos que son fijos o que están invertidos para la diversificación del portafolio, M la posición que se tiene en el mercado de dinero, la cual puede ser positiva o negativa.

La riqueza total del banco en el final del periodo se puede representar de la siguiente forma:

$$\tilde{W} = \gamma(1 + \tilde{r}_\gamma) + M(1 + r) + I(1 + \tilde{r}_I) \quad (1)$$

Donde \tilde{r}_γ y \tilde{r}_I son las variables aleatorias que representan los rendimientos del portfolio de un banco proveniente de su actividad comercial y r representa el rendimiento del mercado de dinero que es considerada una variable determinista.

El banco asume que la varianza y media son del siguiente tipo:

$$U = E[\tilde{W}] - \frac{1}{2} \rho \text{var}(\tilde{W}) \quad (2)$$

Donde ρ es el coeficiente de aversión al riesgo. Ahora bien, utilizando las dos ecuaciones anteriores se observa que U es función de I y de M :

$$U(I, M) = \gamma(1 + r_\gamma) + M(1 + r) + I(1 + r_I) - \frac{1}{2} \rho (\sigma^2 \gamma^2 + 2\sigma_{\gamma I} \gamma I + \sigma_I^2 I^2) \quad (3)$$

Donde $r_\gamma = E(\tilde{r}_\gamma)$, $r_I = E(\tilde{r}_I)$, $\sigma_I^2 = \text{var}(\tilde{r}_I)$, $\sigma_\gamma^2 = \text{var}(\tilde{r}_\gamma)$, $\sigma_{\gamma I}^2 = \text{cov}(\tilde{r}_\gamma, \tilde{r}_I)$

Considere que aumenta la utilidad del banco debido a la actividad del formador de mercado. El mecanismo se puede explicar como sigue: el conjunto marginal a para depósitos y b para préstamos, significa que el banco vende productos financieros como tarjetas de crédito, débito o instrumentos financieros (es decir el banco atrae depósitos) al precio de compra $Q(1+a)$ y vende estos productos al precio de venta de $Q(1-b)$. En otras palabras esto se puede entender que por pagar la cantidad de $Q(1+a)$, el depositante obtendrá al final del periodo $Q(1+\tilde{r}_I)$, por lo tanto la tasa de rendimiento que reciben los depositantes será: $r_D = \frac{r_I - a}{1+a}$ y siguiendo la analogía para el caso de los deudores

$r_D = \frac{r_I - a}{1+a}$. Lo anterior suponiendo que r_I es determinista.

Cuando se ha logrado atraer un depósito adicional, el banco obtendrá un incremento en la utilidad dado por la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} (\Delta U | D) &= U(I - Q, M + Q(1+a)) - U(I, M) \\ &= Q\{(1+a)(1+r) - (1+r_I)\} - \frac{1}{2} \rho \{\sigma_I^2 (Q^2 - 2QI) - 2\sigma_{\gamma I} \gamma Q\} \end{aligned} \quad (4)$$

Se observa que $I-Q$ es el resultado de que un nuevo depósito entre al banco ya que el inventario neto está representado por el diferencial de préstamos menos depósitos ($I = P - D$), al

mismo tiempo como el banco cuenta con más capital, la posición del mercado de dinero aumentará en $Q(1+a)$ ya que se piensa que el banco decide invertir dicho depósito.

De forma análoga cuando se tiene un préstamo más el banco obtiene de utilidad:

$$\begin{aligned} (\Delta U | P) &= U(I+Q, M-Q(1-b)) - U(I, M) \\ &= Q\{(1+r_I) - (1-b)(1+r)\} - \frac{1}{2}\rho\{\sigma_I^2(Q^2 + 2QI) + 2\sigma_{I'}\gamma Q\} \end{aligned} \quad (5)$$

Cuando las comisiones a y b , el banco monopolista no toma dentro de su contabilidad el efecto directo de las cantidades, sino también el efecto de la oferta y la demanda significa que los depósitos y los préstamos llegan de forma aleatoria, de acuerdo a un proceso Poisson, con intensidad λ_D y λ_P , las cuáles son funciones decrecientes para a y b respectivamente. Ho y Saunders adoptaron una simetría lineal:

$$\lambda_D = \alpha - \beta a, \quad \lambda_P = \alpha - \beta b$$

La comisión óptima para a y b serán aquellas las cuáles maximicen el incremento de la función de utilidad esperada

$$(\Delta U) = \lambda_D(\Delta U | D) + \lambda_P(\Delta U | L) \quad (6)$$

La condición de primer orden esta dado por:

$$\frac{d\lambda_D}{da}(\Delta U | D) + \lambda_D Q(1+r) = 0 \quad (7)$$

$$\frac{d\lambda_P}{db}(\Delta U | P) + \lambda_P Q(1+r) = 0 \quad (8)$$

La derivada de $\frac{d\lambda_D}{da} = -B = \frac{d\lambda_P}{db}$ por lo tanto las ecuaciones anteriores se pueden simplificar de la siguiente forma:

$$0 = -B[(\Delta U | D) + (\Delta U | P)] + (\lambda_D + \lambda_P)Q(1+r) \quad (9)$$

Redefinamos $C_1 = -\frac{1}{2}\rho\{\sigma_I^2(Q^2 - 2QI) - 2\sigma_{I'}\gamma Q\}$ de la ecuación $\Delta U | D$ y de la misma forma se renombra como $C_2 = -\frac{1}{2}\rho\{\sigma_I^2(Q^2 + 2QI) + 2\sigma_{I'}\gamma Q\}$ de la ecuación $\Delta U | P$.

Así que la ecuación (9) quedaría de la siguiente forma:

$$0 = -B[Q(1+r)(1+a) - Q(1+r_1) + Q(1+r_1) - Q(1-b)(1+r) + C_1 + C_2] + (\lambda_p + \lambda_D)Q(1+r)$$

$$\Leftrightarrow -B[Q(1+r)(a+b) + C_1 + C_2] + (\lambda_p + \lambda_D)Q(1+r) = 0 \quad (10)$$

y utilizando la expresión $\lambda_p + \lambda_D = 2\alpha - \beta(a+b)$ se tiene:

$$-2BaQ(1+r) - 2BaQ(1+r) + 2\alpha Q(1+r) + B(C_1 + C_2) = 0$$

$$-2BQ(1+r)(a+b) + 2\alpha Q(1+r) + B(C_1 + C_2) = 0$$

$$(a+b) = \frac{-2\alpha Q(1+r) - B(C_1 + C_2)}{-2BQ(1+r)} \quad (11)$$

Ahora bien se ha llegado a la ecuación $s = a+b = \frac{\alpha}{B} + \frac{C_1 + C_2}{2Q(1+r)}$ por lo que al simplificar $C_1 + C_2$ se obtiene la expresión simplificada para el spread:

$$s = a+b = \frac{\alpha}{\beta} + \frac{1}{2} \frac{\rho \sigma_I^2 Q}{(1+r)} \quad (12)$$

Donde $s = a+b$ es el spread del precio de compra-venta. El valor óptimo de a y de b resulta de una complicada expresión que envuelve a γ e I . Sin embargo el valor óptimo de s una función de $\frac{\alpha}{\beta}$ también conocido como el spread por el riesgo neutral (que en el caso de un monopolio depende de la oferta y la demanda) y el segundo termino correspondiente a la prima de riesgo que esta en proporción al coeficiente de aversión al riesgo ρ y la varianza de los rendimientos de la actividad crediticia σ_I^2 y del tamaño de la transacción Q .

Se observa que el volumen de inventarios I no afecta s pero si afecta a y b .

4.5 Nuevo Enfoque para el Modelo de Ho y Saunders

El modelo original hace el supuesto de que el tamaño de un depósito entrante será del mismo tamaño que un préstamo saliente en la función de utilidad, lo cual difícilmente ocurre en la práctica. Las instituciones financieras no tienen control sobre el tamaño de depósitos (entradas) y préstamos (salidas) que los consumidores demandan diariamente. Para aportar una mejora al modelo anterior con supuestos más cercanos a la práctica, se contempla que el tamaño de los depósitos y préstamos no necesariamente es el mismo.

Para efectos del riesgo de liquidez estructural es importante señalar que los depósitos que capta un banco son vistos como entradas de dinero que generan rendimiento al invertirlos en el mercado de dinero mientras que los préstamos a diferencia de la contabilidad de la hoja del balance juegan el papel de salidas de dinero porque ese dinero se ha dejado de invertir en el mercado de dinero aunque se reciben una comisión b por el préstamo otorgado. Por lo que este nuevo modelo aunque se basa en el modelo del *spread* del cobro de comisiones intenta más bien explicar el Gap que existe cuando entra a la institución bancaria un depósito de tamaño “ x ” y al mismo tiempo se otorga un préstamo de tamaño “ y ”; es decir en este nuevo enfoque nos ocuparemos del diferencial que existe cuando el tamaño del depósito entrante no es el mismo que el tamaño del préstamo otorgado.

Se parte del modelo anterior para obtener la función de utilidad en base a las ecuaciones (1) y (2) la esperanza y varianza de la riqueza del banco:

$$\tilde{W} = \gamma(1 + r_\gamma) + M(1 + r) + I(1 + r_I) \quad \text{Riqueza del Banco}$$

$$U = E[\tilde{W}] - \frac{1}{2} \rho \text{var}(\tilde{W}) \quad \text{Media y varianza del Banco}$$

$$U(I, M) = \gamma(1 + r_\gamma) + M(1 + r) + I(1 + r_I) - \frac{1}{2} \rho (\sigma^2 \gamma^2 + 2\sigma_M \gamma M + \sigma_I^2 I^2) \quad \text{Función de Utilidad}$$

A diferencia del modelo anterior en el cuál se definió el inventario neto como el diferencial que existe entre los créditos menos los depósitos $I = P - D$ en este modelo el inventario será la diferencia de las entradas menos las salidas $I = D - P$; es decir los depósitos menos los préstamos.

Suponiendo que entra un nuevo depósito al banco de tamaño Q_D , éste incrementara la posición en inventarios en Q_D , y además incrementara la posición en el mercado de dinero ya que el banco invertirá esta cantidad y la comisión a cobrada, por lo que la función de utilidad quedará de la siguiente forma:

$$(\Delta U | D) = U(I + Q_D, M + Q_D(1 + a)) - U(I, M) \quad (13)$$

$$= Q_D \{ (1 + a)(1 + r) + (1 + r_I) \} - \frac{1}{2} \rho \{ \sigma_I^2 (Q_D^2 + 2Q_D I) + 2\sigma_M \gamma Q_D \} \quad (14)$$

Ahora bien con el caso análogo, si se supone el banco ha otorgado un préstamo de tamaño Q_P , la posición de inventarios y de mercado de dinero disminuirán en Q_P , por lo que solo se podrá invertir la comisión b cobrado por el otorgamiento. La función de utilidad en este caso será:

$$(\Delta U | P) = U(I - Q_P, M - Q_P(1 - b)) - U(I, M) \quad (15)$$

$$= Q_p \left\{ -(1+r_i) - (1-b)(1+r) \right\} - \frac{1}{2} \rho \left\{ \sigma_I^2 (Q_p^2 - 2Q_p I) - 2\sigma_{I\gamma} Q_p \right\} \quad (16)$$

Para maximizar las funciones de utilidad respecto a Q_D y Q_p se tiene:

$$\frac{\partial(\Delta U | D)}{\partial Q_D} = U(I + Q_D, M + Q_D(1+a)) - U(I, M) = 0 \quad (17)$$

$$\frac{\partial(\Delta U | P)}{\partial Q_p} = U(I - Q_p, M - Q_p(1-b)) - U(I, M) = 0 \quad (18)$$

Por lo que resolviendo las derivadas se obtienen las siguientes dos ecuaciones:

$$= (1+a)(1+r) + (1+r_i) - \rho \sigma_I^2 Q_D - \rho \sigma_I^2 I - \rho \sigma_{I\gamma} \gamma = 0 \quad (19)$$

$$= -(1+r_i) - (1-b)(1+r) - \rho \sigma_I^2 Q_p + \rho \sigma_I^2 I + 2\rho \sigma_{I\gamma} \gamma = 0 \quad (20)$$

Sumando y simplificando las expresiones (19) y (20) se obtiene que:

$$Q_D + Q_L = \frac{(1+r)(a+b)}{\rho \sigma_I^2} \quad (21)$$

Por lo que desde el punto de vista del riesgo de liquidez $Q_D + Q_L$ representa el *gap* de liquidez ya que los préstamos representan una salida de liquidez y los depósitos una entrada. Por otro lado el *gap* de liquidez óptimo y de acuerdo al modelo anterior de comisiones, estará dado por las comisiones cobradas por la actividad bancaria invertidos a la tasa r y ajustadas por el coeficiente de aversión al riesgo así como por la varianza de la tasa de reinversión. En el modelo las ganancias sirven para ser invertidas en los activos libres de riesgo y fondear los préstamos o pagar los depósitos.

Capítulo V. Conclusiones

5.1 Resultados generales

1. Basados en la búsqueda de información en libros, artículos y material de cursos especializados por agencias privadas se puede concluir que las fuentes de información para cuantificar el riesgo de liquidez son escasas en comparación con las fuentes encontradas para los riesgos de mercado y de crédito.
2. Debido a que muchas de las instituciones financieras se vieron afectadas por la falta de liquidez durante la crisis subprime el tema de riesgo de liquidez cobro importancia desde entonces y en particular la falta de modelos de riesgo de liquidez para su cuantificación afecto a las instituciones financieras que desarrollaron la mayor parte de su actividad en los mercados financieros.
3. La modelación del riesgo de liquidez tiene supuestos teóricos que algunas veces pueden ser cambiados con el propósito de adecuarlos y alinearlos con la práctica que llevan a cabo las instituciones financieras. De esta forma se puede inferir que los modelos teóricos pueden tener una mejora por ser aplicables a la práctica cuando se cambia alguno de los supuestos iniciales como sucedió en el modelo de Ho y Saunders.

5.2 Conclusiones

La estrategia para realizar este trabajo de investigación fue recopilar y reunir en un solo documento la información más importante durante la crisis subprime. Después de detectar la problemática se propusieron objetivos que fueron desarrollados con una investigación extensa sobre la administración de riesgos, riesgos financieros y sobre todo para el riesgo de liquidez y los modelos que lo cuantifiquen.

En esta investigación se resuelve la problemática principal que tienen las instituciones financieras por no contar con modelos que les ayuden a cuantificar el riesgo de liquidez. Esto se logra a través de la aportación de tres modelos de riesgo de liquidez para la cuantificación de riesgo de liquidez de mercado y riesgo de liquidez estructural. Los primeros dos modelos ayudan a cuantificar el primer tipo de riesgo y el tercer modelo ayuda a medir el riesgo de liquidez estructural.

Del primer modelo de riesgo de liquidez de mercado se puede concluir que surge como resultado de considerar un horizonte de tiempo de diez días del Valor en Riesgo (VaR) para agregar un ajuste por riesgo de liquidez al riesgo de mercado tradicional.

En el segundo modelo se agrega un ajuste al VaR de mercado (en este caso paramétrico o Delta-Normal³¹) incorporándole un término de acuerdo al spread medio de los precios del mercado. Es importante destacar que éste modelo adapta los supuestos que son más adecuados para modelar el comportamiento de los precios en los mercados financieros. Este modelo supone que la distribución de los rendimientos de un activo no se distribuye Normal, y en el caso que la distribución tenga colas pesadas se le incorpora un ajuste por este efecto.

Por otra parte para la cuantificación del riesgo de liquidez estructural, se propuso el modelo de Ho Y Saunders. Dicho modelo depende de los montos de las comisiones cobradas por una institución financiera bancaria por conceptos de depósitos y préstamos. De esta forma al modelar las entradas de comisiones como un proceso Poisson se puede obtener el spread óptimo que ayuda a detectar el gap por riesgo de liquidez.

Se alcanzó otro objetivo principal de la tesis al aportar una modificación para el modelo de Ho y Saunders para estar alineado con la práctica en instituciones financieras bancarias. El cambio realizado fue sobre el supuesto del tamaño de depósitos y préstamos. En el nuevo enfoque del modelo se propuso que el tamaño de entradas y salidas en una institución bancarias es diferente (es decir los depósitos y préstamos no son del mismo monto); lo cual tiene sentido debido a que la oferta y la demanda por depósitos y préstamos de un banco dependen de los consumidores y de los demás participantes del mercado. Es decir la institución bancaria no tiene control sobre los montos de depósito y préstamos que afectan sus flujos de efectivo por lo que en la práctica podría existir una disparidad entre entradas y salidas provocando falta de liquidez cuando existen más préstamos que depósitos. Conceptualmente se puede inferir que esta modificación en el supuesto inicial del modelo Ho y Saunders implica una mejora al modelo original por el simple hecho de pasar de un supuesto teórico a un supuesto práctico alineado con la actividad financiera de las instituciones financieras bancarias. Sin embargo, para corroborar que el modelo tiene una mejora para la cuantificación siempre hará falta la validación formal.

Adicionalmente uno de los objetivos secundarios alcanzados de la presente investigación fue proveer de una revisión teórica y práctica de la administración de riesgos y de los riesgos financieros. Se comenzó a través de la documentación de distintas definiciones, de lo general a lo particular, tales como riesgo, tipos de riesgo y administración de riesgos. Además se realizó una revisión sobre el origen de la administración de riesgos y los grandes errores cometidos en el pasado por falta de ella que dieron lugar a desastres financieros.

³¹Revisar Anexos.

También derivado de la presente investigación se puede concluir que el tema de riesgo de liquidez es un tema nuevo para las instituciones financieras y como consecuencia no existen muchas fuentes de información o lineamientos para su cuantificación a diferencia de los riesgos de mercado y de crédito. Para el riesgo de liquidez fue difícil encontrar información para establecer sus definiciones y tipologías, más aún para plantear modelos que ayuden a cuantificarlo. El presente trabajo logró establecer definiciones y tipologías, categorizando el riesgo en dos: riesgo de liquidez de mercado y riesgo de liquidez estructural. También logró el objetivo de hacer una revisión teórica y práctica de la nueva regulación con el Acuerdo de Basilea III y con el Marco Regulatorio en las instituciones financieras mexicanas. Lo anterior es una aportación al área de la administración de riesgos en materia de riesgo de liquidez.

5.2 Extensión del trabajo

Una de las extensiones de la presente investigación es la aplicación e implementación de estos modelos teóricos a las instituciones financieras. La implementación de un modelo en las instituciones financieras no es una cosa sencilla de hacer, por los cambios y análisis que se requiere en la infraestructura de sistemas así como la complejidad en los procesos organizacionales.

Sin embargo, basado en la investigación aquí presentada se puede sugerir que los modelos de riesgo de liquidez de mercado o de corto plazo aquí citados podrían ser más fácilmente implementados que el modelo de Ho y Saunders. Esto se debe a que los modelos de riesgo de liquidez están basado en un modelo sumamente estudiado y conocido por las instituciones financieras: VaR.

Bibliografía

1. Bangia, Anil, Diebold X, Francis, Schuermann Til, Modeling Liquidity Risk With Implications for Traditional Market Risk Measurement and Management. November 1998.
2. Baumol, W. The Transactions Demand for Cash: An Inventory Theoretic Approach, Quarterly Journal of Economics, Vol.66, Noviembre 1952.
3. Bryant. A model of reserves, bank runs and deposit insurance. Journal of Banking and Finance vol.4, no.4. 1980.
4. Diamond, D y P. Dybvig. Bank runs, deposit insurance and liquidity. Journal of Political Economy vol.91, no.3. 1983.
5. Dubofsky, David A, Miller, Thomas. Derivatives, Valuation and Risk Management. Primer edición, 2003. Oxford University Press,
6. Freixas Xavier, Rochet Jean Charles, Microeconomics of Banking, MIT Press, Segunda Edición, octubre 1997.
7. Garman, M. y Blanco, C.(1998): "Nuevos Avances en la Metodología de Valor en Riesgo: Conceptos de VeR_{Δ} y VeR_{β} ", Revista Análisis Financiero.
8. G. Gorton. Bank suspension of convertibility. Journal of Monetary Economics vol.15, no.2. 1985.
9. Gropp, R. y J. Vesala. Deposit insurance and moral hazard: does the counterfactual matter? Working Paper Series #47 European Central Bank. 2001.
10. Hermman Susan, Evaluating Hedging Strategies Asset Liability Management, University of Oxford, 2000
11. Hull, John C. Options, Futures and other Derivatives. Prentice Hall Tercera edición, 1997.
12. Jacklin, C. y S. Bhattacharya. Distinguishing panics and information-based bank runs: Welfare and policy implications. Journal of Political Economy vol. 96, no.3. 1988.
13. Jorion Philippe , Value at Risk, McGraw-Hill, 2001.
14. Manual del curso ALM(Asset and Liability Management ,.Riskmathics 2009
15. Merton, R. An analytical derivation of the cost of deposit insurance loan guarantees. Journal of Banking & Finance vol.1, no.1. 1977.

16. Miller, M. y Orr, D. A Model for Demand of Money by Firms, Quarterly Journal of Economics. Vol.80 Agosto 1966.
17. Pearson Neil, Risk Budgeting: Portfolio Problem Solving with Value-at-Risk. John Wiley & Sons (2002).
18. Sánchez Cerón, Carlos. Valor en Riesgo y Otras Aproximaciones, Editorial Valuación, Análisis y Riesgos S.C., Primera Edición.
19. Samartín, M. Suspension of convertibility versus deposit insurance: a welfare comparison. Oxford Journals: Review of Finance vol.6, no.2. 2002.
20. Smithson, Charles W. Managing Financial Risk. McgrawHill. Primera edición,1998
21. Uyemura , Dennis G. Deventer, Donald R. Risk Management in Banking , McGraw Hill, 1993
22. Venegas Francisco, Riesgos Financieros y Económicos ,Cengage Learning Editores. Segunda edición , 2008.
23. Vilariño, Angel. Turbulencias financieras y riesgos de Mercado, Prentice-Hall, 2000.

Anexos

Los métodos para calcular el VaR se pueden dividir en dos grupos generales: métodos lineales y métodos de valuación completa³².

³² Jorion Philippe , Value at Risk, McGraw-Hill, 2001.

Los métodos lineales reemplazan la posición que se trae en el portafolio con una exposición lineal de un factor de riesgo apropiado, tal es el caso del Método Delta Normal. Los métodos de valuación completa (*full valuation*) recalculan el valor del portafolio para cada escenario encontrado sobre un periodo de tiempo histórico. Este método es más complejo que los métodos lineales sin embargo suele ser tener una mayor precisión.

1. Método Delta-Normal o de Varianza - Covarianza

Es importante señalar que para la utilización de este modelo se debe suponer que los rendimientos de los activos que integran el portafolio tienen una distribución Normal según el autor Hull (1997)³³ debido a que se utilizan el rendimiento esperado y desviación estándar de los rendimientos.

De acuerdo con este modelo el VaR está definido de la siguiente forma:

$$VaR = \alpha * \sigma_p * \sqrt{T}$$

Donde la ecuación la desviación estándar del portafolio se calcula a partir de la información de las posiciones del portafolio (w) y de la matriz de varianza – covarianza de los rendimientos de los factores.

$$VaR = \alpha * \sqrt{\begin{pmatrix} w_1 & w_2 & \dots & w_N \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1N} \\ \sigma_{21} & & & \\ \dots & & & \\ \sigma_{N1} & & & \sigma_N^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_N \end{pmatrix}} * \sqrt{T}$$

O si se reescribe en términos de volatilidades y correlaciones:

$$VaR = \alpha * \sqrt{\begin{pmatrix} w_1\sigma_1 & w_2 & \dots & w_N\sigma_N \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \rho_{11} & \rho_{12} & \dots & \rho_{1N} \\ \rho_{21} & & & \\ \dots & & & \\ \rho_{N1} & & & \rho_N^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1\sigma_1 \\ w_2\sigma_2 \\ \vdots \\ w_N\sigma_N \end{pmatrix}} * \sqrt{T}$$

Dónde

ρ = coeficiente de correlación

σ = desviación estándar

³³ Hull, John C. Options, Futures and other Derivatives. Prentice Hall Tercera edición, 1997

$\sigma_{ij} = \rho_{ij}\sigma_i\sigma_j$ covarianza

σ^2_{ij} = varianza

A continuación se expone una representación gráfica del VaR para un horizonte de tiempo de 1 día para los rendimientos de una acción XYZ donde existe el supuesto es que dichos rendimientos se distribuyen Normal alrededor de la de la media (Retorno esperado) y con cierta ds (desviación estándar).

En este caso $\alpha = 95\%$ y el cuantil que acumula el 5% ($1 - \alpha$) de la Distribución Normal es igual a 1.6465 por lo que el VaR puede ser calculado como $1.6464 * ds * \sqrt{1}$ bajo la metodología Delta Normal.

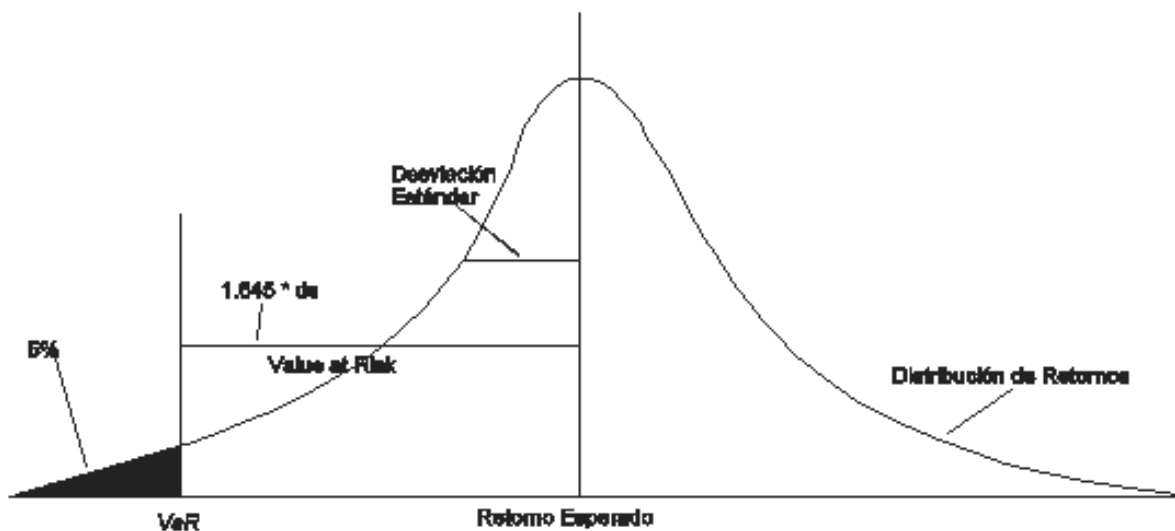


Figura 1. Representación gráfica del Value at Risk con un nivel de confianza de $\alpha = 95\%$

Desventajas de implementar esta Metodología para medir el riesgo de mercado en Instituciones Financieras

- ✓ Las estimaciones son locales ya que considera los cambios en los factores de riesgo alrededor de los niveles vigentes de las posiciones financieras. Esto significa que al presentarse eventos extremos, no se observarían las pérdidas en la estimación de la distribución a partir de la matriz de varianza – covarianza histórica
- ✓ Supone que las relaciones entre los factores de riesgos y los cambios del portafolio son lineales.

- ✓ Se necesita asumir que los rendimientos tienen una distribución Normal lo cual no siempre sucede.

Ventajas de implementar esta Metodología para medir el riesgo de mercado en Instituciones Financieras

- ✓ Es fácil de implementar.
- ✓ Cálculos pueden ser obtenidos rápidamente.
- ✓ A pesar que el modelo no captura eventos extremos la estimación sistemática del VaR permite analizar riesgo y rendimiento.

2. Simulación Histórica

Este método consiste en regresar en el tiempo y aplicar ponderaciones actuales a una serie de rendimientos históricos del activo. Este método simplifica la manera de estimar el VaR debido a que no se hace ningún supuesto de la distribución de los rendimientos del portafolio, sino solo de una distribución empírica de rendimientos. La simulación histórica trata de explicar los cambios potenciales de los factores de riesgo subyacentes por medio de los cambios observados de esos factores en un periodo de tiempo definido históricamente.

Como primer paso se generan escenarios de factores de riesgo (tasas de interés, tipo de cambio, precios de acciones) a partir de la información observada en un determinado número de días u horizonte de tiempo. La estimación del VaR consiste en las siguientes fases:

1. Se crea una serie histórica del factor de riesgo (FR).
2. Se construye una serie de rendimientos, es decir, se estiman variaciones logarítmicas diarias de los factores de riesgo.

$$R_{t-i,t-i-1} = \ln\left(\frac{FR_t}{FR_{t-1}}\right)$$

3. Se estima la serie alternativa del factor de riesgo. Para ello, al valor actual del factor de riesgo se agrega el valor de las variables calculadas.

$$FR_n * \exp \left(\frac{R_2}{R_3} \right) = \left(\frac{FR_2}{FR_3} \right)$$

4. El portafolio se revalúa con cada uno de los valores estimados de los factores de riesgo.
5. Se calculan las pérdidas y ganancias del portafolio. Estas se obtienen de la diferencia entre el valor del portafolio estimado en cada uno de los escenarios y el valor del portafolio vigente en la fecha de valuación.
6. Finalmente se ordenan los resultados del portafolio de mayores pérdidas a mayores ganancias y se calcula el VaR con base en un nivel de confianza elegido.

Desventajas de implementar esta Metodología para medir el riesgo de mercado en Instituciones Financieras

- ✓ No permite re-escalar la estimación del VaR a diferentes horizontes de tiempo (no cumple con la normalidad e independencia de los residuales).
- ✓ Con portafolios grandes o estructuras complicadas se vuelve poco práctico y computacionalmente caro.
- ✓ No existen indicadores estadísticos que permitan estimar de manera óptima cuantas observaciones se deben incluir de primera instancia en el cálculo del VaR.
- ✓ La estimación del VaR puede cambiar de manera muy significativa después de que una observación se excluya de los factores.

Ventajas de implementar esta Metodología para medir el riesgo de mercado en Instituciones Financieras

- ✓ No se hace ningún supuesto sobre la forma de la distribución de los cambios en el valor del portafolio, captura eventos extremos y colas anchas en las distribuciones.
- ✓ Permite agregar riesgos de diferentes mercados (divisas, acciones etc.).
- ✓ Incorpora las características de no linealidad.

3. Simulación Montecarlo

La estimación del VaR por medio de simulación Montecarlo es una metodología más sofisticada e intensiva en tiempo computacional que la simulación histórica, esta metodología se diseñó gracias a Nassir Sapag (1998), quién definió los procesos de Montecarlo como una técnica de simulación de escenarios inciertos que permite obtener valores esperados para variables no controlables, a través de una selección aleatoria, donde la probabilidad de escoger un resultado corresponde a la dada por su distribución. Esta técnica consiste en la repetición de muchas corridas en las que intervienen números generados de forma aleatoria con el propósito de estimar el valor esperado y la dispersión.

Para estimar el VaR con este modelo es necesario:

- a) Definir un modelo estocástico que permita simular la distribución de frecuencia de los cambios en los factores de riesgo.
- b) Determinar el modelo para la valuación de los instrumentos, el portafolio debe reevaluarse en cada uno de los escenarios.
- c) Construir la distribución de probabilidad de pérdidas y ganancias, elegir el percentil deseado y estimar el VaR.

Para simular los precios del modelo estocástico es necesario definir:

1. El modelo estocástico para simular el comportamiento de los precios.
2. Método para generar eficientemente números aleatorios -procedimiento para transformar números aleatorios independientes en cambios correlacionados de los factores de riesgo

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dW_t - \text{Modelo estocástico}$$

$$S_{t+1} = S_t \exp\left(\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)\Delta t + \sigma\Delta t\varepsilon\right) - \text{Precios de los subyacentes en el periodo } t+1$$

Para la generación de números aleatorios se parte de la distribuciones Uniforme (0,1) ya que se sabe que la suma de distribuciones Uniforme (0,1) se convierte en una Normal Estándar N(0,1). Lo anterior en base a la transformación de Box –Muller:

$$X_1 = \sqrt{-2\ln U_1} \cos(2\pi U_2)$$

$$X_2 = \sqrt{-2\ln U_1} \text{sen}(2\pi U_2)$$

De esta forma se generan los números aleatorios y se obtienen los distintos escenarios de rendimientos esperados, tanto los rendimientos como las volatilidades corresponderán

aproximadamente a los obtenidos a través de los datos históricos, sin embargo el comportamiento de los instrumentos entre sí no estará modelado. Esto quiere decir que al no tomar en cuenta en la modelación en las correlaciones, éstas serán totalmente independientes unas de otras (coeficientes de correlaciones cercanos a cero), lo cual significa pronósticos bastante alejados de la realidad.

Una de las formas en que se pueden generar pronósticos de los factores de riesgo correlacionados de la misma forma en que se han correlacionado en el pasado es por medio de la descomposición o factorización de Cholesky.

En álgebra lineal, la descomposición de Cholesky corresponde a una descomposición matricial, en la cual una matriz simétrica definida positiva se descompone en el producto de dos matrices como se muestra a continuación para el caso de tres activos y sin pérdida de generalidad.

Sea C la matriz de coeficientes de correlación:

$$C = \begin{matrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} \\ \rho_{21} & 1 & \rho_{23} \\ \rho_{31} & \rho_{32} & 1 \end{matrix}$$

La matriz C puede ser expresada por la multiplicación de una matriz triangular inferior y su transpuesta con el método de factorización de Cholesky.

$$\begin{matrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} \\ \rho_{21} & 1 & \rho_{23} \\ \rho_{31} & \rho_{32} & 1 \end{matrix} = \begin{matrix} l_{11} & 0 & 0 \\ l_{21} & l_{22} & 0 \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{matrix} \begin{matrix} l_{11} & l_{21} & l_{31} \\ 0 & l_{22} & 0 \\ 0 & 0 & l_{33} \end{matrix}$$

Ventajas de implementar esta Metodología para medir el riesgo de mercado en Instituciones Financieras

- ✓ Permite agregar diferentes tipos de riesgo.
- ✓ Permite agregar el VaR a diferentes escalas de tiempo.
- ✓ Sirve para productos no lineales como las opciones.
- ✓ La exactitud en sus estimaciones es mayor que la de otros modelos.

Desventajas de implementar esta Metodología para medir el riesgo de mercado en Instituciones Financieras

- ✓ La simulación Montecarlo suele ser muy lenta debido a que se tienen que recalcular los valores de todos los instrumentos de mercado que pueda tener una institución financiera para obtener la distribución de probabilidad del portafolio.

4. Ejemplo práctico

En el siguiente ejemplo se muestran los resultados aplicando las tres Metodologías antes descritas para calcular el VaR.

Supongamos que se tiene un portafolio de inversión con tres activos que están invertidos en diferentes divisas y se desea conocer la máxima pérdida esperada de estas inversiones debido a los posibles movimientos del mercado. En dicho portafolio se invirtieron \$100,000 pesos en cada una de las siguientes divisas: libras (GBP), dólares(USD) y euros(EUR), es decir, se compran 4,616 GBP; 7,556 USD y 5,342 EUR a los tipos de cambio MXN \$21.66/GBP, MXN \$13.23/USD y MXN \$18.72/EUR respectivamente.

Para realizar este ejercicio se tomaron en cuenta 500 datos históricos de cada una de las divisas, es decir los precios de cierres de 500 días anteriores al 30 de junio de 2009 para realizar simulación histórica y simulación Montecarlo.

Al aplicar el Método Delta –Normal se obtiene un VaR de MXN \$3,72 a partir de la matriz de varianzas y covarianzas de los tres activos, es decir la pérdida máxima esperada para este portafolio en un horizonte de tiempo de un día sería MXN \$3,723.

Por medio del método de simulación histórica se determinó que la pérdida máxima esperada a lo largo de un horizonte de un día dentro de un intervalo de confianza del 95% en el portafolio de inversión con los tres activos antes mencionado es de MXN \$2,575,54.

Resultados Simulación Histórica				
GBP/MXN	DÓLAR/MXN	EURO/MXN	Total	Suma
-MXN 4,930	-MXN 5,444	-MXN 5,444	-MXN 13,468	-MXN 15,818
-MXN 4,395	-MXN 4,588	-MXN 5,262	-MXN 9,673	-MXN 14,245
-MXN 3,435	-MXN 3,570	-MXN 3,936	-MXN 8,788	-MXN 10,942
-MXN 3,081	-MXN 3,561	-MXN 3,858	-MXN 8,323	-MXN 10,500
-MXN 2,696	-MXN 3,403	-MXN 3,736	-MXN 7,213	-MXN 9,835
-MXN 2,692	-MXN 3,036	-MXN 3,578	-MXN 7,077	-MXN 9,306
-MXN 2,616	-MXN 2,356	-MXN 3,167	-MXN 5,867	-MXN 8,139
-MXN 2,543	-MXN 2,276	-MXN 2,960	-MXN 5,163	-MXN 7,779
-MXN 2,212	-MXN 2,204	-MXN 2,828	-MXN 5,058	-MXN 7,244
-MXN 2,032	-MXN 2,159	-MXN 2,767	-MXN 4,347	-MXN 6,959
-MXN 2,020	-MXN 2,153	-MXN 2,554	-MXN 4,249	-MXN 6,728
-MXN 1,975	-MXN 2,060	-MXN 2,410	-MXN 4,183	-MXN 6,444
-MXN 1,930	-MXN 2,046	-MXN 2,248	-MXN 3,896	-MXN 6,224
-MXN 1,894	-MXN 1,702	-MXN 2,203	-MXN 3,720	-MXN 5,799
-MXN 1,839	-MXN 1,652	-MXN 2,189	-MXN 3,693	-MXN 5,679
-MXN 1,818	-MXN 1,625	-MXN 2,163	-MXN 3,547	-MXN 5,607
-MXN 1,781	-MXN 1,577	-MXN 2,098	-MXN 3,509	-MXN 5,456
-MXN 1,774	-MXN 1,574	-MXN 1,915	-MXN 3,127	-MXN 5,262
-MXN 1,685	-MXN 1,521	-MXN 1,833	-MXN 3,075	-MXN 5,039
-MXN 1,682	-MXN 1,512	-MXN 1,809	-MXN 3,035	-MXN 5,003
-MXN 1,563	-MXN 1,364	-MXN 1,773	-MXN 2,894	-MXN 4,701
-MXN 1,535	-MXN 1,346	-MXN 1,734	-MXN 2,855	-MXN 4,614
-MXN 1,526	-MXN 1,304	-MXN 1,724	-MXN 2,712	-MXN 4,554
-MXN 1,441	-MXN 1,296	-MXN 1,704	-MXN 2,658	-MXN 4,440
-MXN 1,439	-MXN 1,281	-MXN 1,603	-MXN 2,609	-MXN 4,322
-MXN 1,431	-MXN 1,258	-MXN 1,590	-MXN 2,576	-MXN 4,279

Fig 2. Tabla de resultados ejercicio de Simulación Histórica

Con el método de Simulación Montecarlo primero se aplicó la transformación de Box –Muller a los datos para hacer que estos se distribuyan Normal.

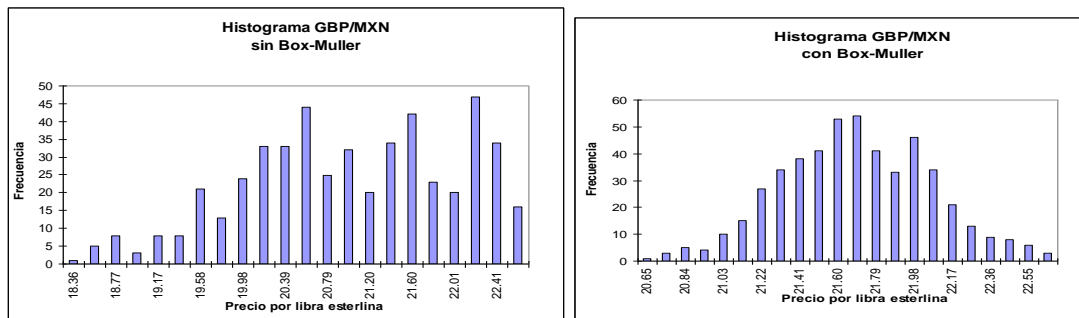


Fig 3. Gráficas de datos normalizados aplicando Box Muller

Se determinó que la pérdida máxima esperada a lo largo de un horizonte de un día dentro de un intervalo de confianza del 95% en el portafolio de inversión con los tres activos antes mencionado es de MXN \$5,485.

Resultados Simulación Montecarlo				
GBP/MXN	DÓLAR/MXN	EURO/MXN	Total	Suma
-MXN 4,659	-MXN 4,824	-MXN 3,880	-MXN 9,644	-MXN 13,363
-MXN 4,543	-MXN 4,529	-MXN 3,502	-MXN 9,401	-MXN 12,574
-MXN 4,364	-MXN 4,464	-MXN 3,399	-MXN 9,164	-MXN 12,228
-MXN 4,236	-MXN 4,313	-MXN 3,370	-MXN 8,210	-MXN 11,919
-MXN 4,070	-MXN 4,251	-MXN 3,325	-MXN 7,999	-MXN 11,646
-MXN 4,059	-MXN 4,228	-MXN 3,292	-MXN 7,998	-MXN 11,579
-MXN 3,958	-MXN 4,168	-MXN 3,225	-MXN 7,899	-MXN 11,351
-MXN 3,947	-MXN 3,707	-MXN 2,820	-MXN 7,862	-MXN 10,473
-MXN 3,931	-MXN 3,607	-MXN 2,744	-MXN 7,838	-MXN 10,281
-MXN 3,690	-MXN 3,480	-MXN 2,640	-MXN 7,381	-MXN 9,810
-MXN 3,607	-MXN 3,472	-MXN 2,599	-MXN 7,349	-MXN 9,678
-MXN 3,540	-MXN 3,350	-MXN 2,559	-MXN 7,225	-MXN 9,449
-MXN 3,345	-MXN 3,307	-MXN 2,460	-MXN 7,212	-MXN 9,112
-MXN 3,262	-MXN 3,243	-MXN 2,443	-MXN 7,145	-MXN 8,949
-MXN 3,217	-MXN 3,182	-MXN 2,436	-MXN 7,076	-MXN 8,835
-MXN 3,212	-MXN 3,170	-MXN 2,429	-MXN 7,061	-MXN 8,812
-MXN 3,121	-MXN 3,057	-MXN 2,350	-MXN 6,252	-MXN 8,528
-MXN 3,096	-MXN 2,975	-MXN 2,349	-MXN 6,137	-MXN 8,420
-MXN 3,081	-MXN 2,948	-MXN 2,329	-MXN 6,093	-MXN 8,357
-MXN 3,044	-MXN 2,885	-MXN 2,172	-MXN 5,972	-MXN 8,101
-MXN 3,016	-MXN 2,847	-MXN 2,142	-MXN 5,950	-MXN 8,005
-MXN 3,001	-MXN 2,795	-MXN 2,130	-MXN 5,858	-MXN 7,926
-MXN 2,944	-MXN 2,782	-MXN 2,122	-MXN 5,753	-MXN 7,848
-MXN 2,887	-MXN 2,735	-MXN 2,117	-MXN 5,751	-MXN 7,739
-MXN 2,788	-MXN 2,684	-MXN 2,116	-MXN 5,512	-MXN 7,588
-MXN 2,768	-MXN 2,679	-MXN 2,090	-MXN 5,485	-MXN 7,537

Fig 4. Tabla de resultados ejercicio de Simulación Montecarlo

Estimación del VaR en las Instituciones Financieras

En la práctica las instituciones financieras, en particular las bancarias utilizan la simulación histórica como método más usado para calcular el VaR y también hacen uso de la valuación completa del portafolio. La valuación completa o *full valuation* como se conoce en inglés se refiere a obtener la valuación del portafolio entero tomando en cuenta el portafolio (posiciones) del día de ayer para revaluar cada posición con los nuevos factores de riesgo del día de hoy. De esta forma se completa la serie de pérdidas y ganancias del portafolio de donde después de ordenar de menor a mayor se puede obtener el VaR con el percentil deseado.

Las áreas de administración de riesgos son las encargadas de cuantificar dichos riesgos y reportarlos en caso de un exceso a las áreas tomadoras de decisiones, por lo general diariamente se realiza un reporte con cifras de VaR bajo un nivel de confianza del 99%. La necesidad de obtener números de VaR para evitar posibles pérdidas ha llevado a las instituciones financieras bancarias a comprar y utilizar software especializado para las áreas de riesgos. Estos *softwares* son desarrollados por empresas particulares tales como Algorithmics, RiskMetrics entre otras y ofrecen a las instituciones

resultados de VaR de a través de métodos de valuación completa aunque computacionalmente sean más tardados lo que se antepone es la precisión de las cifras. En el caso de la administración de riesgos de mercado para el cálculo del VaR se suele utilizar el método de simulación histórica y para el caso del riesgo de crédito de contraparte o emisor se suele obtener un consumo por medio de la estimación de la exposición de riesgo de crédito con el modelo de simulación montecarlo.