

Cárdenas, Víctor

**Working Paper**

## Financiamento de riesgos catastróficos naturales

Working Paper, No. 663

**Provided in Cooperation with:**

Inter-American Development Bank (IDB), Washington, DC

*Suggested Citation:* Cárdenas, Víctor (2009) : Financiamento de riesgos catastróficos naturales, Working Paper, No. 663, Inter-American Development Bank, Research Department, Washington, DC

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/51450>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*



*INTER-AMERICAN DEVELOPMENT BANK  
BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID)  
RESEARCH DEPARTMENT  
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN  
DOCUMENTO DE TRABAJO #663*

# **FINANCIAMIENTO DE RIESGOS CATASTRÓFICOS NATURALES**

**(VERSIÓN NO EDITADA)**

FOR

**VÍCTOR CÁRDENAS**

**BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO**

**FEBRERO 2009**

©2009

Banco Interamericano de Desarrollo  
1300 New York Avenue, N.W.  
Washington, D.C. 20577

Las opiniones y puntos de vista expresados en este documento son del autor y no reflejan necesariamente los del Banco Interamericano de Desarrollo.

Si desea obtener una lista de los documentos de trabajo del Departamento de Investigación, visite nuestra página Internet al: <http://www.iadb.org/res>

## **Resumen<sup>1</sup>**

El objetivo del presente documento es ser una herramienta al hacedor de política pública en la incorporación de estrategias de manejo de riesgos catastróficos. El documento busca dar una visión integral del manejo de riesgos catastróficos, para ello, analiza el manejo de riesgos como herramientas para usuarios muy particulares, como lo son los individuos, las empresas gestoras de riesgos (aseguradoras y reaseguradoras) e introduce al gobierno como un agente económico que también maneja riesgos, en particular, expone alternativas de manejo de riesgos para economías en desarrollo.

---

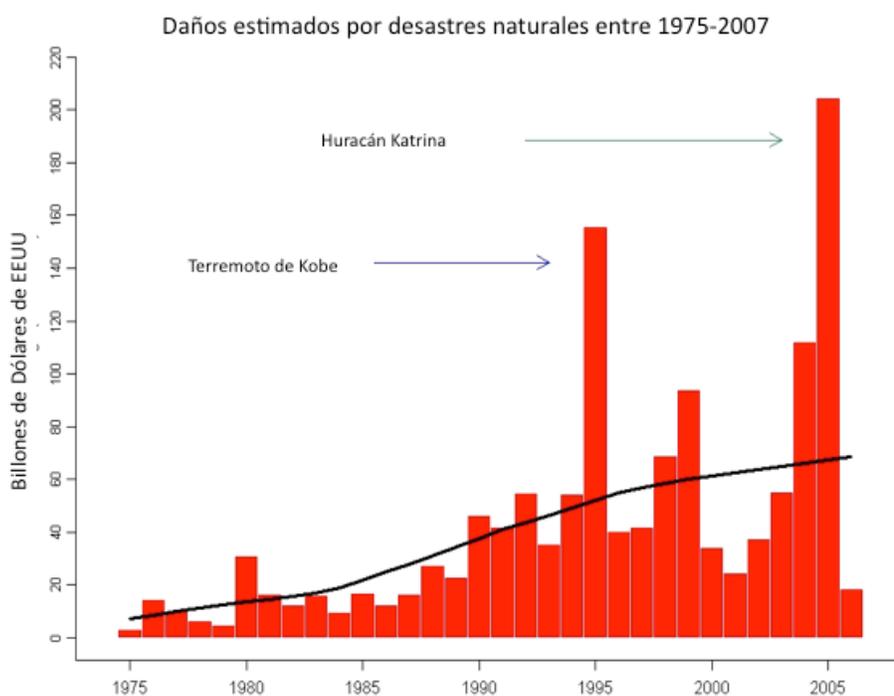
<sup>1</sup> Consultor en Riesgos Catastróficos. Las opiniones expresadas en el documento son estrictamente puntos de vista del autor y no necesariamente representan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), de los directores de esa institución o de los países que representan. Todo error es responsabilidad del autor.

## 1. Introducción

Los recientes desastres en el mundo como el terremoto de Kobe en Japón en 1995, el tsunami en Banda Aceh en Indonesia en 2004, el Huracán Katrina en 2005 en Nuevo Orleans en los Estados Unidos, el terremoto en Sichuan en China en 2008, el Ciclón Nergis en Myanmar en Burma en 2008, tienen el común denominador de grandes cantidades de muertes y cuantiosas pérdidas económicas. De acuerdo a la Base de Datos Internacional sobre Desastres, desarrollada por la Universidad Católica de Louvain en Bélgica muestra que han existido un total de 8,404 desastres entre 1974 y 2006, 3 billones de dólares de EU en pérdidas totales y 2.4 millones de muertos.

Una tendencia que se ha enfatizado en los últimos años es la caída en el número de muertes asociadas a desastres naturales, en parte por los esfuerzos de prevención y en gran medida por la pronta ayuda de la comunidad internacional a la población afectada. Sin embargo y en dirección opuesta, las pérdidas materiales muestran un crecimiento enfático año con año.

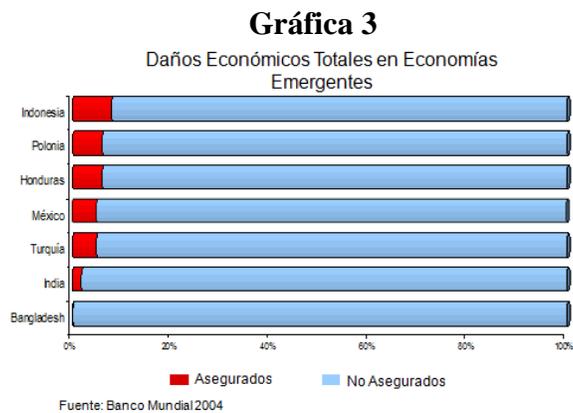
**Gráfica 1**



La gráfica 1 muestra las pérdidas económicas totales, en ello se incluye tanto las pérdidas directas, es decir las pérdidas para financiar la emergencia posterior al desastre, la reconstrucción y las pérdidas por inactividad económica.

Una pregunta inmediata que surge tras analizar las dimensiones de dichas pérdidas es ¿Quién financia dichas pérdidas? La respuesta es compleja, depende del nivel de desarrollo de la economía donde ha sucedido el desastre. Una economía con un bajo desarrollo, típicamente las pérdidas serán financiadas por los gobiernos de dichas economías, por la ayuda internacional y finalmente por los propios habitantes de esas economías. En tanto que en una economía desarrollada, será los mismos agentes económicos, sin embargo aparece un tercero, el sistema financiero, cuya participación permite compartir y en consecuencia redistribuir el costo de la pérdida, en algunos casos dramáticamente, mejorando el bienestar de la economía en general.

La gráfica 2 muestra algunos ejemplos de economías desarrolladas, en donde una proporción importante del financiamiento proviene de aseguradoras y reaseguradoras, en tanto que en economías no desarrolladas (gráfica 3), por el contrario es significativamente menor. En la gran mayoría de los casos son los gobiernos quienes absorben dichas pérdidas y en otros casos, los propios individuos.



Precisamente por la enfática participación del mercado de seguros y reaseguros en el financiamiento de las pérdidas en las economías desarrolladas, éste ha derivado en un crecimiento, profundización y especialización de sus servicios. Parte de esa especialización, ha implicado buscar nuevas y mejores formas de optimizar sus fuentes y usos de capital disponible. Una forma que se ha encontrado para tal propósito es a través de la bursatilización de riesgos, a través de dicho mecanismo, incrementa el capital disponible para financiar pérdidas por desastres. La bursatilización de riesgos catastróficos nació como un mecanismo para mejorar la estructura de capital de las aseguradoras y reaseguradoras, sin embargo, ha sido tal su éxito que

aún los asegurados finales han hecho uso del mecanismo para transferir sus riesgos. Dentro de ellos se encuentran parques de diversiones, plantas generadoras de electricidad, estudios de cine y recientemente gobiernos de países.

Los gobiernos de países han demostrado una capacidad por reconocer riesgos naturales en sus finanzas públicas y en consecuencia, buscar alternativas para manejar los riesgos. En algunos de los casos transfiriendo el riesgo a terceros mediante seguros y/o a través de la bursatilización de riesgos, o bien, a través de la retención del riesgo en sus finanzas, financiando dichos riesgos con fondos reservados específicamente para tal propósito o financiándolo en el tiempo a través de la emisión de deuda *ex-ante* o *ex-post*.

El campo de la administración soberana de riesgos catastróficos es un terreno aún virgen, son pocos los ejemplos de países que reconozcan dentro de las vulnerabilidades de sus finanzas públicas los gastos potenciales que se derivan por desastres naturales. A la par, ha surgido una nutrida literatura que busca explicar las características que dicho manejo de riesgos en los países debiesen seguir, a efecto de que éste sea eficiente y contribuya a una mejora en el bienestar de la economía.

El objetivo del presente documento es ser una herramienta al hacedor de política pública en la incorporación de estrategias de manejo de riesgos catastróficos. Para ello, el documento ha sido estructurado en 7 secciones. El documento busca dar una visión integral del manejo de riesgos catastróficos, para ello, analiza el manejo de riesgos como herramientas para usuarios muy particulares, como lo son los individuos, las empresas gestoras de riesgos (aseguradoras y reaseguradoras) e introduce al gobierno como un agente económico que también maneja riesgos, en particular, expone alternativas de manejo de riesgos para economías en desarrollo.

El documento está organizado en las siguientes secciones: la sección 1 es la introducción, la sección 2 está dividida en tres sub-secciones, donde se explica el marco teórico fundamental que explica el comportamiento de los individuos, las aseguradoras y reaseguradoras y los gobiernos, todos ellos como agentes económicos gestores de sus propios riesgos.

La sección 3 expone desde una perspectiva pragmática el funcionamiento del mercado de seguros y reaseguro, del mercado de capitales y diversas consideraciones que gobiernos de países, particularmente de economías en desarrollo, siguen a efecto de manejar riesgos. La sección 4, muestra algunos ejemplos de cómo los mercados de seguros, reaseguros y capitales proveen mecanismos de mercado para el manejo de los riesgos de los individuos y

corporaciones, así como los gobiernos han incursionado en la transferencia de sus riesgos a los propios mercados de seguros, reaseguro y capitales.

La sección 5 explica uno de los pilares fundamentales para el manejo adecuado de los riesgos, el análisis de riesgos, dividiendo la sección en dos temas torales, la cuantificación y modelación de los riesgos y en un análisis de la importancia de la prevención y mitigación de los riesgos a efecto de reducir las potenciales pérdidas y con ello reducir la vulnerabilidad de quien maneja sus riesgos.

La sección 6, muestran dos metodologías para valuar riesgos catastróficos transferibles, en primera instancia mediante contrato de seguros y en segunda, mediante bursatilización de riesgos.

Como corolario de las secciones previas, en la sección 7 se elabora el análisis de un caso práctico, en él se evalúa un esquema de manejo de riesgos para una pequeña economía. Finalmente en la sección 8 y 9, se llegan a conclusiones y recomendaciones de política pública, así como la bibliografía utilizada, respectivamente.

## **2. Marco teórico de la gestión del riesgo**

El manejo de los riesgos, particularmente aquellos de naturaleza catastrófica, han sido rigurosamente estudiados y se ha creado a su alrededor una rica literatura (Dionne, 2001), en gran medida para establecer un marco teórico sólido, a partir del cual ha sido posible comprender el manejo eficiente de los riesgos. La literatura más vasta se ha enfocado en el análisis de dos agentes particulares de la economía, los individuos (desde muy diversas aristas, i.e., como consumidores, inversores, entre otros) y las aseguradoras (incluidas las reaseguradoras), estas últimas como agentes especializados que lidian profesionalmente con los riesgos. Sin embargo, en las últimas décadas, ha surgido una nueva rama de la literatura, la cual se ha centrado en el análisis del comportamiento óptimo que el gobierno, como agente económico, debiese seguir para manejar sus riesgos de forma eficiente. La intención de las siguientes secciones es dar un rápido vistazo al marco teórico referido, a efecto de observar la evolución de la literatura y permita concluir qué mecanismos podrían constituir un menú de instrumentos financieros eficientes en el manejo de riesgos catastróficos de un país.

## ***2.1 Los individuos como gestores de riesgos en presencia de los mercados de seguros y reaseguro***

El notable progreso en el último siglo del marco teórico sobre riesgos ha sido gracias al desarrollo de la teoría económica del riesgo y de la incertidumbre, de la economía de los seguros y de la teoría financiera. La teoría económica basa su análisis en el individuo y en cómo éste enfrenta a los riesgos, lo que presupone la existencia en el individuo, de conductas que le permiten un manejo eficiente del riesgo en función de sus preferencias.

En lo que toca al desarrollo del marco teórico económico de los individuos, a finales de la primera mitad del siglo pasado se elaboraron una serie de trabajos que son el fundamento de la actual teoría de riesgos que se utiliza para entender la relación entre los individuos y su relación con el riesgo. Dichos trabajos<sup>2</sup> son la piedra angular de la economía de la incertidumbre, en ellos se demuestra que el individuo enfrenta riesgos y éste reacciona en función de sus preferencias.

El génesis del marco teórico sobre los modelos de seguros y riesgos es aún más antiguo, éste se ve representado por un trabajo equivalente a los trabajos de Bachelier sobre movimiento browniano para la teoría financiera, tal trabajo fue publicado por Filip Lundberg quien en su famosa tesis doctoral en la Universidad de Uppsala en 1903, inspiró la teoría actuarial del riesgo. En su trabajo Lundberg, se percató que un proceso Poisson está vinculado con el corazón de los modelos de seguros de no-vida (daños a propiedad), a través de una transformación (conocida como tiempo operacional), él fue capaz de acotar el análisis a un proceso homogéneo de Poisson. La investigación de Filip Lundberg ha sido fundamental para comprender el comportamiento del portafolio de activos que amparan las pólizas de las aseguradoras y consecuentemente el cómo las aseguradoras manejan los riesgos en sus portafolios de riesgos.

---

<sup>2</sup> Los trabajos más representativos son: Von Neumann-Morgenstern (1947) y Savage (1954), quienes modelan el comportamiento del individuo hacia el riesgo, Friedman-Savage (1948) explica las distintas actitudes que el individuo puede tener hacia el riesgo, en Pratt (1964) fortalece la comprensión del grado de aversión al riesgo del individuo y finalmente, en Rothschild y Stiglitz (1970) se explica la caracterización del incremento en el riesgo y el comportamiento del individuo ante tal incremento. En este último documento, se plantea también el cómo ante una aversión al riesgo del individuo, éste maximiza su utilidad. Dichos trabajos tienen una aplicación práctica en el análisis de los mercados en general al encontrar el equilibrio de los mercados al estilo Arrow (1953) y Debreu (1959) bajo incertidumbre, además sientan la base para conocer, el equilibrio de los mercados financieros, asumiendo al individuo como inversor, quien estaría dispuesto a incurrir en más riesgo (dado que es adverso) si a cambio se le compensa por ello, lo que constituye el fundamento de Markowitz (1959), Sharpe (1964) y Lintner (1965), columnas de la teoría financiera.

La segunda mitad del siglo pasado, se ha desarrollado una vasta literatura que ha permitido un análisis específico de los mercados de seguros y reaseguro. A través de una rama de la economía que ahora conocemos como Economía de los Seguros. Son tres los trabajos que se constituyen como el fundamento de la economía de los seguros: Borch (1962), Arrow (1963) y Ehrlich y Becker (1972).

En el trabajo de Borch (1962) se plantea un análisis del mercado de reaseguro, se trata de un modelo de equilibrio de materias primas en condiciones de incertidumbre aplicado al mercado de reaseguro, Borch señala que las implicaciones de su investigación pueden ser aplicadas a cualquier tipo de mercado. Sin embargo, al desarrollar su análisis sobre el mercado de reaseguro, éste permite enfatizar el papel del mercado de reaseguro en la economía, dado que en la medida de que exista y sea eficiente (crezca y se profundice), es posible una mejor asignación de los riesgos en la economía, dado que distribuye los riesgos de los agentes en el resto de los agentes especializados en riesgos (seguros y reaseguro).

En Arrow (1963) se plantean ideas que a la postre constituyen pilares de la Economía de los Seguros, Arrow muestra que es posible una cobertura de seguros completa y que si ésta existe por encima del deducible, es óptima. Prueba además que el asegurado y la aseguradora (suponiendo adversidad al riesgo) actúan como maximizadores de la utilidad esperada. Finalmente, introduce una idea fundamental en el mercado de seguros, el concepto de información asimétrica, destacando el riesgo moral y la selección adversa como factores fundamentales en el momento que se da la transferencia del riesgo del asegurado a la aseguradora.

Finalmente, en Ehrlich y Becker (1972) es el pilar que amplía el marco teórico formal de la administración de riesgo. Los primeros en analizar rigurosamente la retención y particularmente la mitigación del riesgo fueron Ehrlich y Becker, acuñando dos conceptos “auto-seguro” y “auto-protección”. El auto-seguro es un sustituto de los seguros de mercado, consisten en reservar los recursos, en caso de la materialización de la pérdida que ampararía el seguro de mercado, suponiendo información no asimétrica (Ehrlich y Becker no la consideran), por lo que un incremento en el grado de cobertura provista por un seguro de mercado, dada una prima, será preferible si requiere una menor inversión del individuo por reservar recursos hoy para un evento incierto en el futuro.

En tanto que auto-protección implica reducir el riesgo, esto es, actividades del individuo que afectan directamente a la probabilidad de que se presenten las pérdidas por eventos inciertos en el futuro. En tal caso, la auto-protección podrá ser sustituto de los seguros, si y solo si, la prima de seguro captura el efecto de aquellas actividades que han reducido o mitigado el riesgo en el individuo. Precisamente, este trabajo se constituye como el primero que analiza la importancia de no solo considerar la transferencia del riesgo del individuo o redistribuirlo entre otros agentes, ahora debido a Ehrlich y Becker, se incorpora en el análisis formal, el efecto de asumir (auto-seguro) el riesgo y mitigarlo (auto-protección). Con lo cual, se sientan las bases para lo que hoy se conoce como la administración integral de riesgos, i.e., al riesgo al manejarlo se disponen de las siguientes herramientas: eliminarlo y/o evitarlo, mitigarlo, retenerlo o asumirlo y transferirlo.

## ***2.2 El surgimiento del mercado de capitales como fuente alterna de capital***

Se expuso en la subsección anterior la evolución de la literatura creada para analizar la relación entre los individuos y los mercados de seguros en torno al riesgo. Sin embargo, la literatura se ha desarrollado y especializado aún más en las dos últimas décadas.

Un caso concreto de especialización de dicha literatura lo constituye los eventos catastróficos. Al respecto, se ha analizado el proceso de formación de precios del mercado de seguros y reaseguro para eventos de baja frecuencia y severidad extrema, i.e., catastróficos. Se destacan el trabajo de Froot y O'Connell (1997A), donde se analiza un modelo de equilibrio entre precio y cantidad en el mercado de reaseguro, en él se muestra que el equilibrio requiere rendimientos altos en presencia de imperfecciones de financiamiento lo que propicia en los reaseguradores tener altos costos de fondeo. En el documento se muestra que al proceso de formación de precios se añaden las imperfecciones de financiamiento, lo que puede cambiar el poder de mercado de los reaseguradores, lo cual permite que ante pequeños cambios en las imperfecciones puedan darse grandes cambios en los precios. Adicionalmente en Froot y O'Connell (1997B), se analiza de forma empírica el mercado de reaseguro catastrófico de los Estados Unidos, ellos exponen que los precios del mercado de reaseguro generalmente exceden el "valor actuarialmente justo", particularmente después de eventos de muy baja frecuencia y grandes pérdidas, implicando que además del poder de mercado de los reaseguradores existen otras explicaciones ante los incrementos de precios, como por ejemplo: los altos costos de

capital, los cuales también están vinculados a las condiciones macroeconómicas que imperen en aquella economía.

En el mismo tenor, Froot (2001) realiza un análisis clínico del mercado de riesgos catastróficos mundial, utilizando una base de datos con información global provista por *Guy Carpenter*. Derivado del análisis, Froot concluye que históricamente, en promedio y para toda la muestra, la mayoría de las aseguradoras transfieren o ceden menos de lo que deberían ceder para eventos catastróficos. Encuentra también que las primas de reaseguro son relativamente más altas que la implícita en la pérdida esperada teórica, particularmente después de eventos catastróficos. En dicho documento se comparan aquellas transacciones que utilizan como fuente de fondeo el mercado de capitales, a través de la titulización o bursatilización del riesgo, es decir ceder al mercado de capitales en vez del mercado de reaseguro tradicional, en su investigación, Froot encuentra que los precios tienden a ser mucho más transparentes y eficientes en el mercado de capitales. Con lo cual, encuentra una ventana de oportunidad para subsanar imperfecciones del mercado de reaseguro mundial en su proceso de fijación de precios.

Por tanto, el mercado de capitales se ha constituido como una fuente alterna con precios formados en un mercado aún más transparente y eficiente, la cual puede proveer capital al mercado de seguros y reaseguro, además de ofrecer la oportunidad para que ciertos agentes de la economía acudan directamente y transfieran sus riesgos al mercado, en voz de inversionistas especializados en riesgos vinculados a seguros.

### ***2.3 El gobierno como gestor de sus riesgos***

En los párrafos anteriores se ha dado un rápido recuento a la evolución y el riguroso análisis del que han sido objeto los principales agentes vinculados al riesgo en una economía, i.e., los individuos, las aseguradoras y las reaseguradoras, además se observó que ante las imperfecciones de los mercados de seguros y reaseguro, ha surgido el mercado de capitales, quien provee capital alternativo a las aseguradoras y/o reaseguradoras, en el financiamiento de las pérdidas. Sin embargo, queda por exponer el análisis teórico que existe para otro agente fundamental: el gobierno y su relación con el riesgo.

En este contexto, un trabajo pionero que aunque explícitamente no versa sobre seguros, sino sobre la evaluación de las inversiones públicas, es el escrito por Arrow y Lind (1970). En él se concluye un resultado polémico. De acuerdo a Arrow y Lind en su análisis, existen

independencia entre los rendimientos de una inversión de proyectos públicos y el ingreso de los individuos, se asume que en el agregado, la prima de riesgo de cada agente desaparece debido a que se comparten los rendimientos del proyecto entre todos los individuos. Por tanto, el costo social del riesgo se acerca a cero al diversificarse entre los individuos, lo que sugiere que el gobierno debiese despreciar la incorporación de la incertidumbre en la evaluación de proyectos de inversión públicos. En otras palabras, el gobierno dado el trasfondo de diversificación en que es hecha la afirmación de Arrow y Lind, no debiese comprar seguros, i.e., implícitamente ser neutral al riesgo.

La contundencia de la afirmación ha recibido numerosas críticas, por ejemplo en Foldes y Rees (1977) llegan a conclusiones diferentes aplicando el modelo de Arrow y Lind (1976), pero correlacionando la inversión pública con el ingreso nacional. Como se menciona en el párrafo anterior, en Arrow y Lind hay un supuesto fundamental, la independencia entre el rendimiento de los proyectos y el ingreso de los individuos, sin embargo para Foldes y Rees no existen evidencia empírica de tal independencia del todo, particularmente cuando se analiza sectorialmente los proyectos del gobierno, en otras palabras de acuerdo a los autores, existen elementos para pensar que la prima de riesgo no desaparece en el agregado de los individuos, si se analiza sectorialmente cada proyecto.

En Fisher (1973) por su parte, analiza el caso en el que se incorporan al modelo de Arrow y Lind costos externos al proyecto, por ejemplo daño ambiental, en esas condiciones concluye Fisher que no es posible asumir la neutralidad al riesgo que asume Arrow y Lind. La explicación que da el trabajo de Fisher se sustenta en que existirán individuos que se beneficiarán más que otros del proyecto, en cuyo caso, se altera el supuesto central de asumir una misma prima de riesgo que presupone Arrow y Lind, la cual les permite llegar a concluir que en el agregado se disuelve la prima de riesgo, situación que en Fisher (1973) no encuentra verificativo.

La literatura aún se encuentra en un terreno muy virgen en cuanto a poder determinar el grado o no de aversión al riesgo de los gobiernos. Los supuestos de Arrow y Lind parecieran que tienen mayor sustento en gobiernos e individuos con ingreso igualmente distribuido y para economías con industrias homogéneas. Aunque no es intención del presente documento, plantear una explicación alternativa a la inexistencia o existencia y en su caso, grado de aversión al riesgo del gobierno. Es posible, sin embargo, distinguir claramente que en economías no desarrolladas,

con escaso acceso a fuentes de financiamiento y poca diversidad en las fuentes de ingreso del gobierno y que ante eventos extremos de grandes pérdidas, los gobiernos tienden a tener mayores costos.

Por ejemplo, Borensztein *et al* (2007), se analiza el caso de una pequeña economía (Belice), en la cual incorporan una estrategia *ex-ante*, a través de la instrumentación de seguros contra catástrofes. Borensztein *et al* (2007) concluye que ante la materialización de riesgos, el uso de seguros mejora el perfil de la deuda nacional. Con lo cual, se destaca la minimización de los costos de la economía e implícitamente, el hecho de maximizar su bienestar, distribuyendo el riesgo en el tiempo ya través de los seguros.

Existen dos documentos con modelos teóricos en los que se llegan a importantes afirmaciones respecto al manejo eficiente de los riesgos para economías en desarrollo.

El primero es un documento desarrollado por Gurenko y Mahul (2006) que sigue el espíritu de Gurenko y Mahul (2003)<sup>3</sup>, sin embargo abordan el problema con otro matiz. Los autores se centran en pérdidas que exclusivamente implican desequilibrios fiscales, al estilo de Cardenas *et al* (2007), lo cual acota las pérdidas en que incurría los gobiernos drásticamente, haciendo factible que potencialmente exista capacidad de los mercados financieros para participar en el financiamiento de pérdidas de severidad extrema de una nación. El documento analiza una serie de estrategias que alternan, tres tipos de instrumentos financieros a partir de los cuales un gobierno puede implementar estrategias eficientes, el primer instrumento es la retención de los riesgos dentro de sus finanzas, a través de la creación de fondos de reserva constituidos *ex-ante* al evento incierto y de severidad extrema. Los otros dos instrumentos financieros yacen en los mercados de seguros y reaseguro a través contratos de seguros y finalmente, la suscripción de deuda soberana contingente. El documento se centra en minimizar el costo asociado a los instrumentos financieros a cambio del beneficio de los instrumentos.

---

<sup>3</sup> Gurenko y Mahul (2003) desarrolla un modelo conceptual para una empresa, en el que descompone sus potenciales pérdidas en diferentes niveles de pérdida, en otras palabras, asumiendo la existencia de una distribución de probabilidad que explica diversos niveles de probabilidad para los cuales hay pérdidas, la distribución está asociada a una probabilidad de pérdida cuantificable en alguna unidad monetaria, al mismo tiempo descompone la distribución en diversas secciones de la misma, distinguiendo de aquellas que son más probables, pero con pérdidas menores, de aquellas que son menos probables, pero más cuantiosas. Los autores estiman que dependiendo del tipo de capa, existirá un instrumento que por razones de costo-beneficio, podrá ser ubicado en una sección de la distribución, para que en su conjunto con otros instrumentos en otras capas, constituyan un menú de combinaciones de instrumentos que describan una estrategia eficiente para la empresa.

Una de las críticas al modelo de Gurenko y Mahul (2006) radica en que, si bien construyen la distribución de pérdidas similar a la de Gurenko y Mahul (2003), donde para un número infinito de capas de riesgo, existirá un portafolio integrado por instrumentos financieros (seguros, deuda, fondos) donde cada instrumento será asignado a una capa de riesgo. Sin embargo, en el modelo de Gurenko y Mahul (2006) no permite incorporar en cada capa más de un instrumento, hecho que en el modelo de Gurenko y Mahul (2003) es posible.

Por otro lado, no queda claro que el modelo pueda ser aplicado hacia economías en un proceso de desarrollo más avanzado, por ejemplo aquellas que se encuentran en vías de desarrollo y con un fácil acceso a los mercados financieros, pareciese por tanto que para dichas economías el equilibrio del modelo reduciría a cero la participación de los contratos de seguros, centrando la estrategia en retención y deuda soberana.

El documento asume que los mercados financieros siempre tendrían capacidad, sin embargo, no aborda con precisión en qué medida sería dicha capacidad y el efecto del riesgo crédito inherente a ambas contrapartes (asegurado y asegurador).

El segundo trabajo que aborda el problema de la participación del gobierno en el manejo de riesgos de una economía, es el desarrollado por Ye *et al* (2007), en el documento se plantea un modelo de generaciones sucesivas, para un bien y dos países, un país con riesgo y otro libre de riesgo, donde se distribuye el riesgo al combinar instrumentos financieros (seguros, deuda y fondos de reserva) de forma intertemporal y geográfica (entre países). El gobierno actúa como un planeador central quien ajusta y balancea el bienestar entre las generaciones. En tal sentido, el documento analiza como el bienestar de los hogares cambiaría en relación al tipo de instrumentos utilizados.

En Ye *et al* (2007) analiza en tres casos las posibles soluciones al modelo, en el primero muestra que a través de la emisión de deuda del país con riesgo en el mercado de capitales (i.e., con el otro país sin riesgo) se alcanzaría el equilibrio, el riesgo sería entonces compartido por lo hogares del país sin exposición al riesgo, quienes recibirían un premio por asumir el riesgo. En el segundo caso, se plantea que no hay cabida a los seguros, dado que ambos países tienen la misma aversión al riesgo (CRRA)<sup>4</sup>. Cabe destacar la importancia de que los autores analizan en el documento de forma explícita la importancia de la aversión al riesgo del país.

---

<sup>4</sup> *Constant Relative Risk Aversion* (por sus siglas en inglés) es una herramienta teórica con verificación empírica que permite encontrar soluciones cerradas en modelos de selección de generaciones sucesivas al estilo Merton (1992).

En el tercer caso existe un papel activo del gobierno del país con riesgo, quien podría encontrar mejores condiciones, si crea un fondo de reserva a partir de recursos propios, i.e., impuestos de los hogares del país con riesgo. Sin embargo, se asume que el costo de dicho fondo de reserva es alto y los recursos del fondo son insuficientes, lo que lo hace inviable, el documento también plantea que puede existir la participación del mercado de seguros, aclara que éste tiene limitantes, en gran medida dictadas por la relación entre la prima de riesgo de mercado y la prima actuarialmente justa de riesgo, y por ende, si la primera es menor a la segunda, existirá una solución del modelo tal que al mercado de seguros participe tomando riesgo del país y en situación contraria no lo haría.

El modelo tiene como principal virtud plantear en un ejercicio teórico, la relación entre la aversión al riesgo y el gobierno, quien actúa como planeador central y administrador del bienestar de los hogares. Sin embargo, no se analiza con mayor detalle el cómo se llega a concluir que ambos países tienen una misma aversión al riesgo y particularmente, el cómo se determina la aversión al riesgo de ambos países.

El documento también tiene la virtud de plantear una gestión integral del riesgo, considerando diversos instrumentos en su manejo, aplicando el uso de los mercados de deuda (retención entre países), de seguros y retención. Sin embargo, el análisis se agota cuando los instrumentos están en función de un grado de aversión al riesgo y al no considerar el costo del financiamiento de las pérdidas en el tiempo.

Sin embargo el modelo de Ye *et al* (2007) se debilitan sus resultados si asumimos: (1) aversión al riesgo del país, (2) los mercados de seguros (en términos generales de transferencia de riesgo) arrojan primas competitivas y equivalentes a las actuarialmente justas, y (3) que el costo de financiamiento *ex-post* del país se encarece (aumento del riesgo crédito) en la medida de que el país sea afectado por la materialización del riesgo, dado el modelo no contempla la modificación de dichos supuestos

El documento no plantea los beneficios de prevención y mitigación del riesgo, además de no definir el tamaño de la pérdida que el gobierno financiaría, por lo que implícitamente los autores han considerado la existencia de capacidad ilimitada del mercado financiero para financiar grandes pérdidas, lo cual es cuestionable.

Se ha analizado en esta subsección la evolución de la literatura entorno a la relación del riesgo con el gobierno, se ha mostrado que aún es un terreno propio para más investigación.

Queda por desarrollar mayor investigación sobre el grado de aversión de los gobiernos al riesgo, así como caracterizar dicho grado de aversión con el grado de desarrollo económico, particularmente con la profundidad del sector financiero.

Se ha observado que para aquellas economías con escaso acceso a fuentes de financiamiento, insuficiente desarrollo de mercados financieros locales, y alta vulnerabilidad a riesgos, particularmente catastróficos, los costos de financiamiento de las pérdidas por dichos riesgos se elevan. Por otro lado, se ha encontrado que cuando se incorporan estrategias *ex-ante* de prevención financiera, dichos costos se minimizan. Finalmente, se encuentran un campo fértil para el desarrollo de nuevas teorías que incorporen, un papel activo del gobierno en su manejo de los riesgos, en un contexto de mercados financieros dinámicos y competitivos.

### **3. Consideraciones pragmáticas**

#### ***3.1 El funcionamiento del mercado de seguros y reaseguro***

La mecánica operativa del mercado de reaseguro parte de una empresa llamada aseguradora<sup>5</sup>, quien ofrece tomar riesgos de personas y empresas a cambio del pago de una prima de riesgo, la aseguradora por su parte le pagará a los asegurados una suma de dinero que les resarcirá por la pérdida que hayan tenido ante la eventualidad de la materialización del riesgo o riesgos que ampare la póliza de seguro, la cual es el tipo de contrato que pacta la relación entre el asegurado y la aseguradora.

Los tipos de seguros que emite una compañía aseguradora privada<sup>6</sup> (en lo sucesivo toda referencia a una aseguradora, se referirá a una compañía de seguros) pueden ser divididos en dos grandes grupos: los seguros de vida y los seguros de daños.

La aseguradora internamente acumula el producto de la prima de cada uno de los aseguradores, y dependiendo de la regulación de cada país, constituye reservas con las cuales enfrentará la eventualidad de los riesgos que amparan sus pólizas.

---

<sup>5</sup> Cabe señalar que los seguros también son provistos por mutualidades, cooperativas y/o cajas de ahorro.

<sup>6</sup> Para el ramo de Vida, existen entidades distintas a las compañías privadas que proveen instrumentos financieros que en el sentido estricto son seguros, como la seguridad social o seguros sociales, sin embargo no existe una póliza emitida y generalmente están regulados de forma independiente.

**Gráfica 4**  
**Balance de una Aseguradora**



*Fuente: El autor*

En la gráfica 4 se muestra de una forma simplificada, pero ilustrativa la operación financiera de una aseguradora, al emitir o vender un seguro. En esencia, recibe el valor de la prima que se ha ingresado dentro de “Caja” (1), donde inmediatamente es invertida (2), la prima genera un compromiso con el asegurado (3) que se registra como un pasivo, la aseguradora tiene dos opciones para financiar su nuevo compromiso, el primero fondear la responsabilidad contra sus fondos propios (4A) y hacer reservas de cara a las responsabilidades que se deriven de la póliza emitida en cuyo caso limita su capacidad de suscripción o emisión de pólizas, dado que su capital es finito y los requerimientos regulatorios le obligan a crear reservas. Existe otra opción, ceder el riesgo a un tercero, por ejemplo a un reasegurador (4B), en tal caso, la aseguradora recibe una póliza de reaseguro, donde el reasegurado es la aseguradora y por ende tiene un derecho que registra en su activo (4B), desde luego habría una salida de caja para el pago de la prima de reaseguro.

Cabe señalar que el asegurador puede ceder total o parcialmente su responsabilidad a una reaseguradora. Hacia fuera de la aseguradora en aquella parte del riesgo que cedió al reasegurador (ver gráfica 5), la reaseguradora lo puede a su vez, ceder en diversas reaseguradoras, estas últimas podrán también reservar o retener contra su propio capital el riesgo

de la aseguradora. En realidad el esquema de cesión o retrocesión del riesgo se repite entre aseguradoras y reaseguradoras y entre reaseguradoras y reaseguradoras. En el límite, el riesgo queda pulverizado en diversos entes financieros, donde se diversifica el riesgo, dado que el riesgo de quien origino la póliza de seguro, se fragmenta y queda distribuida la responsabilidad en el sistema de reaseguro internacional.

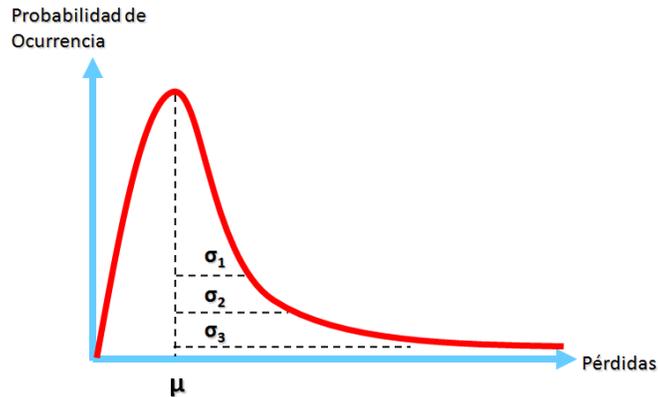
**Gráfica 5**  
**Retrocesión del Riesgo al Mercado de Reaseguro**



*Fuente: El autor*

La reaseguradora integra un portafolio particular de riesgos y activos de los asegurados expuestos al riesgo. En términos de probabilidad existe una probabilidad de alcanzar una pérdida extrema, así como una frecuente y las posibles combinaciones intermedias, todo ello puede ajustarse a una distribución o suma de distribuciones de probabilidad, por motivos de simplicidad, considérese que en efecto existe una distribución de probabilidad para una reaseguradora hipotética. En ella, véase la gráfica 5, existen pérdidas recurrentes, cerca de la media ( $\mu$ ) para lo cual deberá contar con reservas y capital suficiente para resarcir de esas pérdidas a las aseguradoras con quien haya celebrado pólizas de reaseguro. Sin embargo, conforme se avanza en la distribución probabilidad la pérdida se vuelve más cuantiosa aunque con una probabilidad menor. Lo que implicará también que, los requerimientos de capital de las reaseguradoras crezcan en la magnitud que dicte la regulación de cada país.

**Gráfica 6**  
**Distribución de Probabilidad**



Fuente: El autor

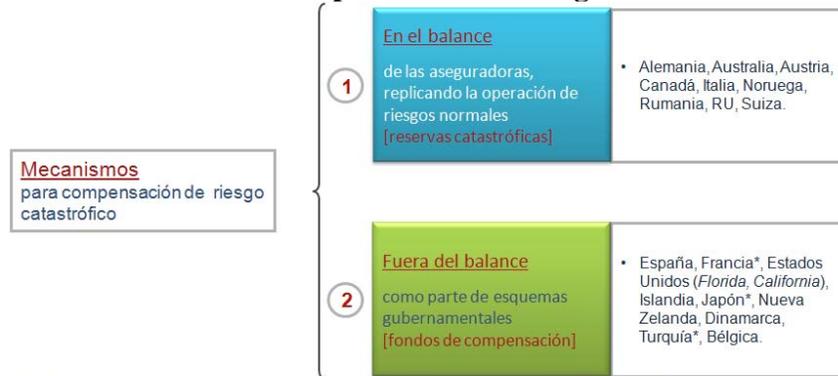
Una vez que la aseguradora o reaseguradora, según sea el caso, actúen como cedente y transfieran o ceden el riesgo a una reaseguradora, la cesión del riesgo puede darse a través de una modalidad conocida como Exceso de Pérdida, es decir, e.g., todo las pérdidas por encima de  $\sigma_1$ .

Es posible definir cotas, por ejemplo todas las pérdidas por encima de  $\sigma_1$ , pero hasta  $\sigma_3$ . Estas cotas se definen como  $\sigma_1$  como el punto de anexión (*attachment point*), y a  $\sigma_3$  como el punto de exhaustación (*exhaustion point*). La otra modalidad de cesión del riesgo es a través del Seguro Proporcional, es decir, la pérdida en que incurra el cedente será proporcionalmente financiada por la reaseguradora que tomo el riesgo de la cedente.

La experiencia internacional muestra que existen dos mecanismos que los reguladores aplican a las aseguradoras para garantizar la solvencia del sistema ante eventos catastróficos. El primero (ver gráfica 7) son las reservas catastróficas que obligatoriamente se constituyen en el balance de la aseguradora, en función de las potenciales pérdidas que pudiese tener, de acuerdo a una norma actuarial.

El segundo mecanismo es a través de las reservas catastróficas fuera del balance de las aseguradoras, en este caso, el regulador obliga a las aseguradoras a constituir parte de su reserva catastrófica fuera de ella, transfiriéndosela a un fondo, donde se acumulan dichas reservas y en caso de un evento extremo el fondo absorbe o compensa la pérdida.

## Gráfica 7 Mecanismos de Compensación de Riesgos Catastróficos



\* En estos casos, el apoyo gubernamental es complementado con reservas catastróficas obligatorias o complementarias.

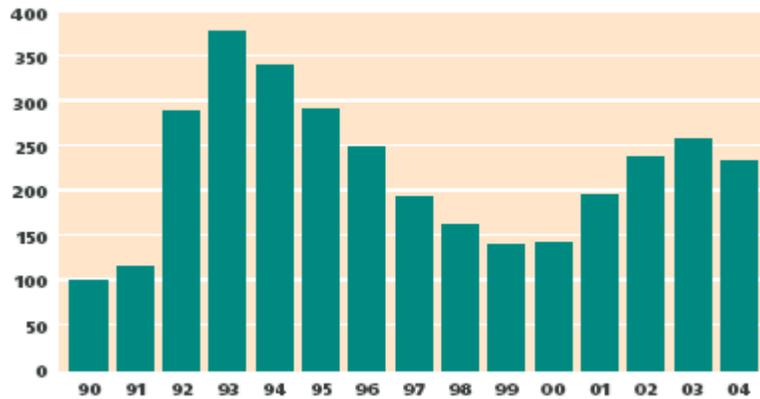
*Fuente: Comisión Nacional de Seguros y Fianzas de México*

En ambos mecanismos, la aseguradora puede constituir parcialmente reserva fuera o dentro del balance y cubrir esa responsabilidad que le implica no constituir la reserva a través de una póliza de reaseguro. Como ya se ha mencionado, el mercado de reaseguro a cambio del pago de una prima de reaseguro, asume total o parcialmente las responsabilidades de la cartera de pólizas emitidas por la cedente.

En consecuencia el mercado de reaseguro tiene un papel fundamental en el manejo de los riesgos en una economía. En tal sentido, existen varios factores a analizar en dicho mercado. El primero son los precios y su comportamiento y el segundo es la capacidad para proveer nuevo capital para tomar riesgo adicional.

En relación al primero, uno de los principales corredores de reaseguro, *Guy Carpenter* (ver gráfica 8), ha construido un índice de precios particular para la oferta de reaseguro mundial. Se observa en él la presencia de ciclos, los cuales en general, se han correlacionado con el eventos severamente catastróficos, los cuales impactan las finanzas de las principales reaseguradoras del mundo y repercute en los precios de en todo el mundo, e.g., los eventos del 11 de septiembre de 2001 a Nueva York o el Huracán Katrina de 2005 en Nuevo Orleans.

**Gráfica 8**  
**Índice del Costo Promedio de Contratos de Reaseguro**  
**(World Rate On Line Index\*)**



\*1990=100,

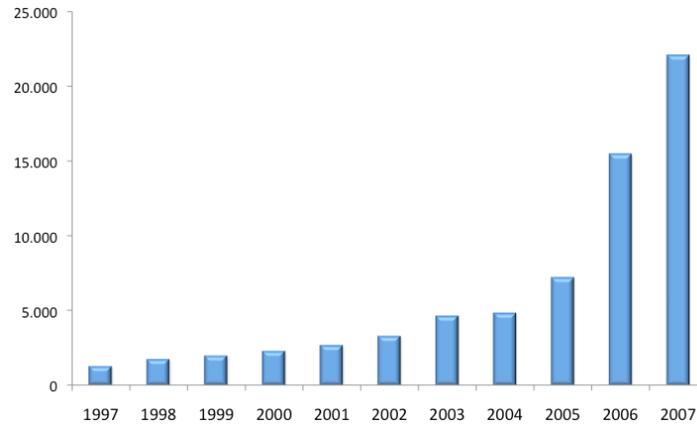
*Fuente: Guy Carpenter*

Las siguientes secciones se analizará el cómo se puede estructurar una mecanismo de bursatilización de riesgos catastróficos, a efecto de que una reaseguradora pueda fondear parte de su responsabilidad con el asegurado a través del mercado de capitales.

### ***3.2 Consideraciones pragmáticas: El mercado de capitales***

El mercado de titularizaciones de riesgos catastróficos ha tenido un crecimiento explosivo, desde los primeros bonos puestos en manos de inversionistas especializados en 1997, con cerca de 1300 millones de dólares, hasta los 22 mil millones de dólares en 2007. En otras palabras, cerca de un crecimiento de 37% promedio anual. De acuerdo a bancos de inversión como Goldman Sachs se espera que llegue a cerca de 150 mil millones de dólares en 10 años.

**Gráfica 9**  
**Emisiones de Riesgo Catastrófico**  
(Millones de Dólares de EEUU)

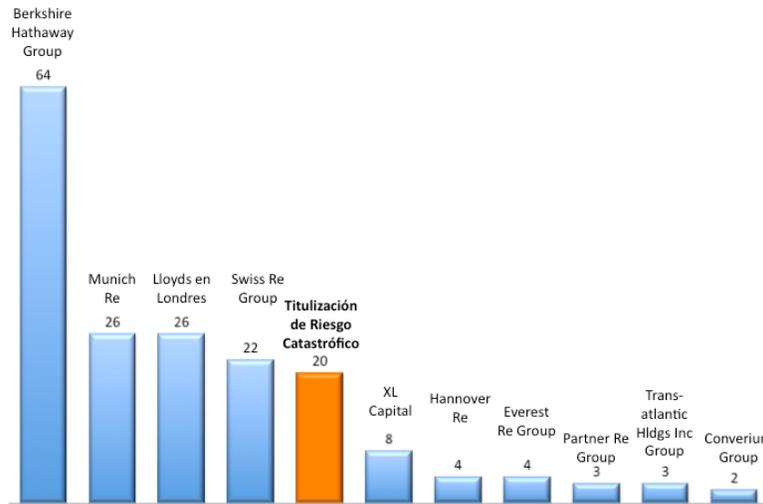


Fuente: Goldman Sachs

En términos relativos con otros mercados, el mercado de capitales en solo 10 años, a través de la bursatilización de riesgos catastróficos se ha constituido como una fuente de capital al mercado mundial de reaseguro y seguros.

En la gráfica 10, se observa como el capital propio de las principales reaseguradoras del mundo compiten actualmente con el mercado de capitales. Los próximos años, se espera una redistribución del capital, optimizando el capital de las empresas de reaseguro y utilizando más intensamente al mercado de capitales como fuente primaria de capital para catástrofes.

**Gráfica 10**  
**Capital Disponible Para Financiar Riesgos Catastróficos**  
(Billones de Dólares de EEUU al cierre de 2007)



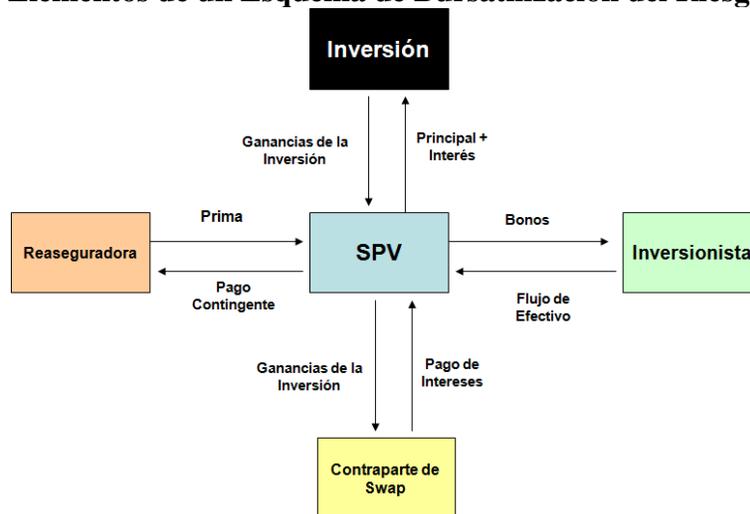
Fuente: Swiss Re

### 3.2.1 Consideraciones pragmáticas: bursatilización de riesgos catastróficos

La bursatilización de riesgos catastróficos se produce a través de un nuevo tipo de activo financiero, los llamados Activos Vinculado a Seguros (*Insurance Linked Securities*), los cuales en esencia, proporciona al que transfiere el riesgo mediante este mecanismo, un medio que cumple con las mismas funciones a las de un contrato de reaseguro entre una aseguradora y/o reaseguradora hacia una reaseguradora, sin embargo, la mecánica para fondear los recursos en caso de un siniestro es distinto, dado que la fuente de los recursos con los que se paga las indemnizaciones o compensaciones no proviene del mercado reasegurador, sino del mercado global de capitales<sup>7</sup>, i.e., inversionistas institucionales internacionales.

En el mercado de capitales la mecánica de transferencia se puede explicar, en general, por tres jugadores. 1) El que transfiere el riesgo o patrocinador (reaseguradora), 2) Un Vehículo de Propósito Especial (SPV<sup>8</sup> o *Special Purpose Vehicle*, por sus siglas en inglés). 3) Los inversionistas, aquellos que arriesgan su capital comprando el riesgo.

**Gráfica 11**  
**Elementos de un Esquema de Bursatilización del Riesgo**



*Fuente: Swiss Re*

<sup>7</sup> La incursión de instrumentos financieros que se fondan con recursos del mercado de capitales, tuvo sus orígenes en la década de los ochentas, después de ello surgieron tres mercados especializados: el *Bermuda Commodities Exchange* (Basado en el Índice de Pérdidas de *Guy Carpenter*), un submercado particular del *Chicago Board of Trade*, donde en principio solo se negociaba pérdidas reportadas por *Insurance Services Office*, posteriormente introdujeron el *Property Claims Service Index*, finalmente, el *Catastrofe Risk Exchange*, donde se intercambiaba business-to-business contratos de seguros de todo tipo de riesgos. Sin embargo, su principal crítica ha sido la reducida liquidez de esos mercados.

<sup>8</sup> Generalmente se constituyen los vehículos en domicilios con excepciones fiscales a las reservas, para que el esquema pueda ser dinámico al operar.

El esquema que plantea la gráfica 11, plantea la relación entre la reaseguradora y un vehículo financiero que hace las veces de reaseguradora, esta última, en realidad es una serie de instrumentos y procedimiento financieros implícitos en el proceso de bursatilización del riesgo de catástrofes, tal que un SPV pide prestado, emitiendo notas de deuda o bonos<sup>9</sup> a su nombre en el mercado internacional de capitales, dichos recursos actúan como reservas en caso de que sucedan los eventos catastróficos amparados entre la póliza de reaseguro<sup>10</sup> de la reaseguradora y el SPV. Por otro lado, dichos recursos que obtiene, los conserva en una cuenta colateralizada con instrumentos libres de riesgo (bonos del tesoro norteamericano, por ejemplo), al mismo tiempo que se cuenta con los recursos en la cuenta colateralizada, se celebra un contrato de swap de tasas de interés con alguna entidad financiera, el contrato tiene la intención de fijar el rendimiento de la cuenta colateralizada, de forma tal que rinda cuando menos LIBOR o el costo de oportunidad que se haya establecido con el inversionista, de esta forma, en caso de que el la cuenta no rinda LIBOR o su equivalente, la entidad financiera que funge como contraparte a través del contrato de swap, absorberá las desviaciones en el rendimiento de la cuenta colateralizada. De esta forma se garantiza un rendimiento fijo de la cuenta equivalente a LIBOR para el inversionista. El SPV por su parte, acuerda con los inversionistas que pueden perder<sup>11</sup> parcial o totalmente su capital cuando suceda un evento de determinadas características catastróficas<sup>12</sup> (e.g., terremoto mayor a 7.8 en escala de *Richter* o vientos con categoría igual o mayor a 4 en escala *Saffir-Simpson*), dado que los recursos fluirán al reasegurado, i.e., en el símil a reaseguro tradicional, la reaseguradora le paga a la reaseguradora que le cedió el riesgo. De otra forma, se conviene entre las partes la imposibilidad de que los recursos salgan del SPV por cualquier otra razón, sino hasta el vencimiento del bono.

Es importante destacar que la deuda contratada no es del asegurado, sino del SPV, el cual es independiente al asegurado y a los inversionistas. El reasegurado, por su parte, únicamente paga una prima equivalente a la probabilidad de que suceda el riesgo amparado, más los gastos

---

<sup>9</sup> Típicamente se emiten los activos bajo la Regla 144A de la Ley de Valores de los Estados Unidos de América, para ser vendidos exclusivamente a inversores institucionales especializados y con conocimiento pleno del riesgo que adquieren.

<sup>10</sup> Es posible documentar la relación entre quien cede el riesgo, en este caso la reaseguradora y el SPV a través de un contrato derivado OTC, mediante formatos estandarizados emitidos por la ISDA (*International Swap and Derivative Association*). Bajo esta forma inclusive no requerir sujetarse a la Regla 144A si toda la transferencia se realiza OTC.

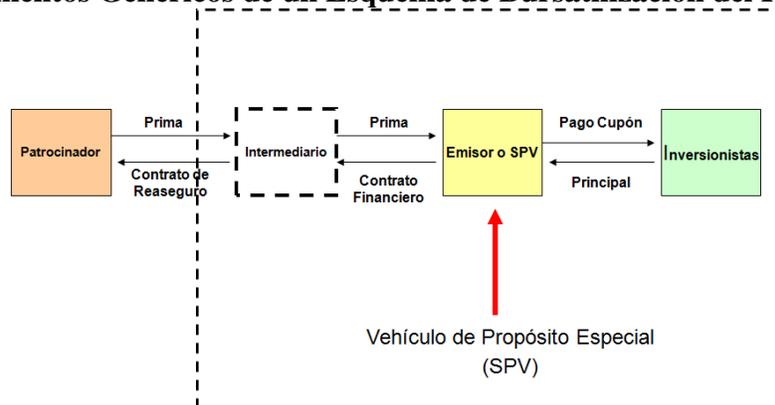
<sup>11</sup> De forma similar a como actuaría un bono corporativo en caso de no pago o *default*.

<sup>12</sup> Precisamente por dicha característica catastrófica, son popularmente conocidos como Bonos de Catástrofe o *Cat-Bonds*.

de instalación del SPV. Finalmente, el inversionista recibe una suma de dinero que aglutina, por un lado, los intereses de los instrumentos libres de riesgo que administra el SPV y por el otro, la prima de riesgo que aporta el patrocinador.

La estructura financiera de transferencia esbozada en la gráfica 11, muestra de una forma simplificada la bursatilización del riesgo entre una reaseguradora hacia el SPV. Sin embargo, como se ha mencionado el instrumental financiero pudiese ser aplicado a la cesión del riesgo entre una aseguradora y una reaseguradora, de hecho, algunas aseguradoras<sup>13</sup> en el mundo han recurrido a la bursatilización de sus riesgos catastrófico. La gráfica 12 muestra de forma genérica el esquema de bursatilización de riesgo incorporando más participantes, típicamente se llama al que cede el riesgo original como Patrocinador, dado que de él nace el riesgo que puede fluir a través de diversos intermediarios, e.g., una aseguradora, a su vez a una reaseguradora, posteriormente al SPV y finalmente al mercado de capitales.

**Grafica 12**  
**Elementos Genéricos de un Esquema de Bursatilización del Riesgo**



*Fuente: Swiss Re*

### **3.3 Consideraciones pragmáticas: El gobierno como gestor de sus riesgos**

Considerando a economías que por su tamaño, escasa diversificación de fuentes de ingreso, alta vulnerabilidad a riesgos de naturaleza catastrófica. Es posible presuponer que un gobierno en dichas condiciones es adverso al riesgo, y por ende, sustentar el utilizar un menú de mecanismos financieros tales que permita el manejo de los riesgo de forma eficiente.

Precisamente, como ejemplo de lo anterior, en Gurenko (2004) se presenta una compilación de trabajos que describen el menú de mecanismos financieros que potencialmente

<sup>13</sup> USAA es una aseguradora de los EEUU que descansa gran parte de su estrategia de cesión del riesgo en titularización del riesgo.

un país podría utilizar, además de ello, analiza conceptos como el análisis del riesgo y sus implicaciones para determinar las pérdidas potenciales de un país. La incorporación de medidas de prevención y mitigación del riesgo como factor determinante de una estrategia integral en el manejo de los riesgos. Finalmente, en la compilación de Gurenko (2004) se da un recuento de sociedades publico-privadas, a partir de las cuales es posible construir esquemas en los que el manejo del riesgo implica utilizar instrumentos financieros que permiten transferir el riesgo fuera de las finanzas públicas de gobiernos.

En las secciones siguientes se analizará los detalles técnicos y metodológicos en que se basan los trabajos expuestos en Gurenko (2004). Para efectos de la presente subsección, el factor que sienta la base para la directriz del manejo eficiente de riesgo es la adecuada definición de las potenciales pérdidas que puede sufrir un país.

La definición de pérdida esta en función de dos conceptos fundamentales, pérdidas directas y pérdidas indirectas. Las pérdidas directas son todas aquellas pérdidas que pueden asociarse directamente con la materialización del riesgo, a su vez es posible dividir en dos conceptos dichas pérdidas, en gastos de emergencia y gastos por reconstrucción.

Las perdidas por emergencia son todos aquellos gastos en que incurre el gobierno al actuar en su carácter de autoridad pública quien debe de prestar ayuda a la ciudadanía afectada. En tanto que reconstrucción, son aquellos gastos de reparación y reconstrucción de activos públicos afectados propiedad del gobierno.

Finalmente, las pérdidas indirectas son aquellas que se derivan como consecuencia de que pérdidas en actividades directamente afectadas por la materialización del riesgo, le implique un gasto o pérdida de ingreso al gobierno. Por ejemplo, los ingresos que se pierden por caída en captación de impuestos dado que la materialización del riesgo afecto a las oficinas recaudadoras o los ingresos no recibidos por inactividad industrial pública, dado que el evento catastrófico afectó a una parte significativa de la industria.

Típicamente las pérdidas más cuantiosas obedecen a las pérdidas directas en reconstrucción, sin embargo, precisamente dichas pérdidas pueden ser financiadas a través de seguros o mecanismos financieros de transferencia de riesgos. Al respecto, la gran tarea que tienen los gobiernos de economías en vías de desarrollo y pobres, yace en la promoción, estímulo y profundización de los mercados financieros locales, en lo particular del mercado de seguro. Sin



Finalmente, la tabla 1 muestra que, si bien la atención de la emergencia puede ser un monto significativamente menor que los gastos de reconstrucción, aún en esas circunstancias, para diversas economías puede llegar a ser sumamente representativo del total de la economía.

**Tabla 1**  
**Muestra de Pérdidas Totales Asociadas a Desastres Naturales**

| País                 | Año  | Desastre   | Pérdida Total/<br>PIB* | Emergencia/PIB** |
|----------------------|------|------------|------------------------|------------------|
| Honduras             | 1998 | Huracán    | 38.4%                  | 6.1%             |
| República Dominicana | 1998 | Huracán    | 13.7%                  | 2.2%             |
| Ecuador              | 1998 | Inundación | 12.3%                  | 2.0%             |
| México               | 1985 | Terremoto  | 2.1%                   | 0.3%             |
| Argentina            | 1985 | Inundación | 1.5%                   | 0.2%             |

\* Fuente: EM-DAT  
\*\* Fuente: estimaciones propias

## 4. Experiencia en la gestión de riesgos

### 4.1 Experiencia en la gestión de riesgos: En el mercado de seguros

En las siguientes secciones se explicara con mayor detalle la experiencia que cada uno de los mercados tiene en el desarrollo de instrumentos financieros para la transferencia de riesgo.

El mercado de seguros es un mercado con un desarrollo de más de 100 años, se han desarrollado diversos productos, considerando prácticamente todos los riesgos existentes, desde seguros de vida, de no vida, financieros, para catástrofes, pandemias, entre muchos.<sup>14</sup>

La gráfica 14 muestra al cierre del 2006 el tamaño del mercado de seguros en el mundo por región geográfica. Se aprecia que precisamente en las economías más desarrolladas es donde los mercados de seguros tienen mayor representatividad en la economía.

América Latina y particularmente centro América son las regiones donde menor desarrollo del mercado de seguros existe, ambas regiones muy cercanas a África si se removiese de la muestra a Brasil, Chile y México.

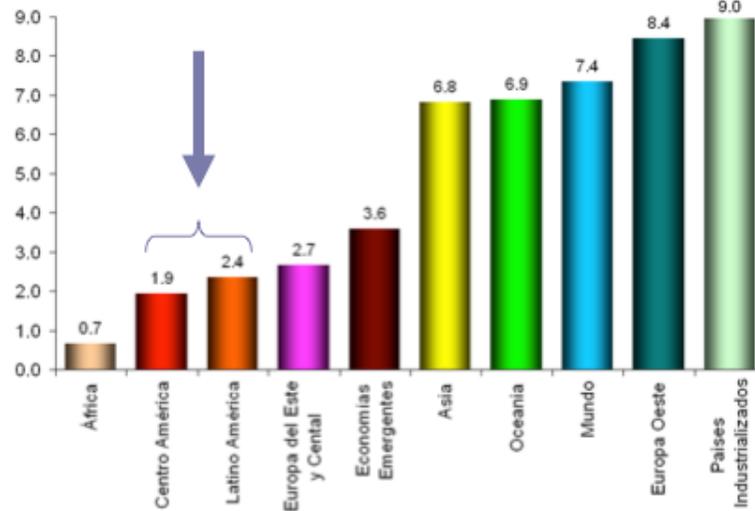
Cabe indicar que los productos creados en las economías industrializadas son potencialmente aplicables a muchas de las economías menos desarrolladas, lo cual plantea un

<sup>14</sup> Se estima conveniente en esta sección sólo enfatizar la importancia de los mercados seguros en la economía, ya que no es objetivo del presente documento detallar todos los tipos de seguros existentes en el mercado.

potencial mercado para mejorar el manejo de los riesgos en aquellas economías en vías de desarrollo y sujetas a grandes riesgos, particularmente los catastróficos.

**Gráfica 14**

**Penetración Promedio del Mercado de Seguros por Región Geográfica**  
(%=Primas Emitidas/PIB)

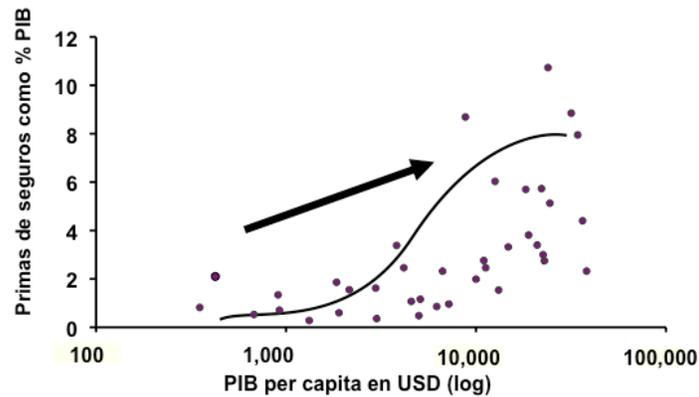


Fuentes: Swiss Re

La evidencia empírica muestra que precisamente una economía desarrollada generalmente esta asociada a un mercado de seguros también desarrollado. La gráfica 15 muestra que las economías desarrolladas concentran los mercados de seguros más desarrollados, si bien no es objeto del presente documento analizar la causalidad de una variable sobre otra, la literatura muestra precisamente lo que la evidencia empírica refleja, una mejor asignación de los riesgos contribuye al crecimiento y bienestar de los individuos y en el agregado de las naciones.

**Gráfica 15**

**Primas de Seguros Versus PIB Per Capita en el Mundo**



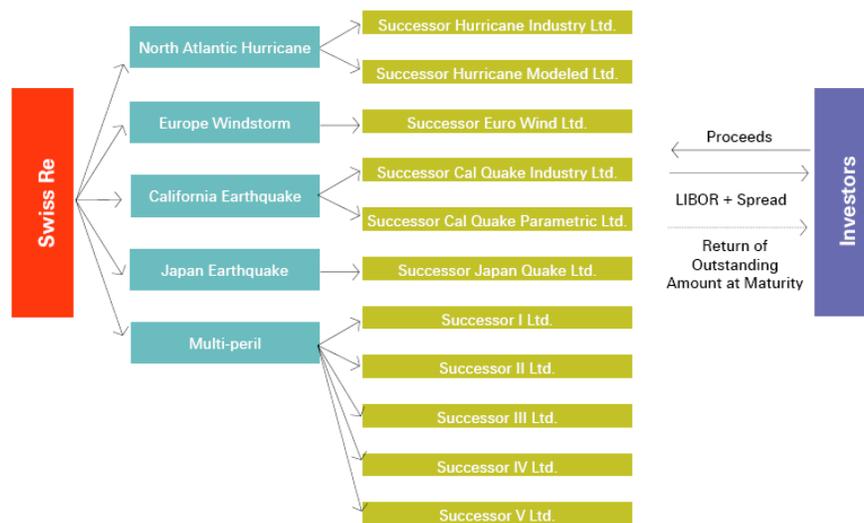
Fuente: Sigma, Swiss Re

#### 4.2 Experiencia en la gestión de riesgos: En el mercado de capitales

En esta sección se dan algunas pinceladas de diversas bursatilizaciones de riesgo catastrófico que se han dado en el mundo. Se analizará a detalle como estructurar una transferencia de riesgo a través de una bursatilización, debido fundamentalmente a que es ilustrativo del tipo de esquemas que permiten observar varios mercados interactuar, i.e., el mercado de seguros, reaseguro y al propio mercado de capitales

Una de las bursatilizaciones más grandes que se han hecho fue un programa de bursatilización llamada “Successor” en 2007, el programa fue patrocinado como cedente Swiss Reinsurance Company, la segunda empresa de reaseguro más grande en capital del mundo. Swiss Re ha decidió transferir gran parte de sus riesgos picos, es decir aquellos donde tiene una alta concentración del riesgo, al mercado de capitales. Precisamente en ese espíritu, desarrolló una división por tipo de peligro o amenaza de sus riesgos en 5 grandes grupos, cada grupo dividiría el riesgo por tipo de mecanismo de pago o reconocimiento de pérdida. En la gráfica 16 se muestran las zonas geográficas y como dentro de cada una de ellas, se crearon SPV dependiendo del tipo de mecanismo de pago o reconocimiento de pérdidas. De esta forma por ejemplo, terremoto en California en los Estados Unidos, tuvo dos SPV, uno para paramétrico puro y el otro para índice de la industria.

**Grafica 16**  
**Programa “Successor” de Swiss Re de Transferencia al Mercado de Capitales**



*Fuente: Swiss Re*

El riesgo titularizado ascendió a cerca de mil millones dólares, dividió en diversos SPV, en la Tabla 2, se muestra la vigencia de los contratos de transferencia, i.e., la vida del SPV, los montos colectados del mercado, las pérdidas esperada, la sobre tasa pagada sobre LIBOR y la calificación asignada por la calificadoradora del riesgo.

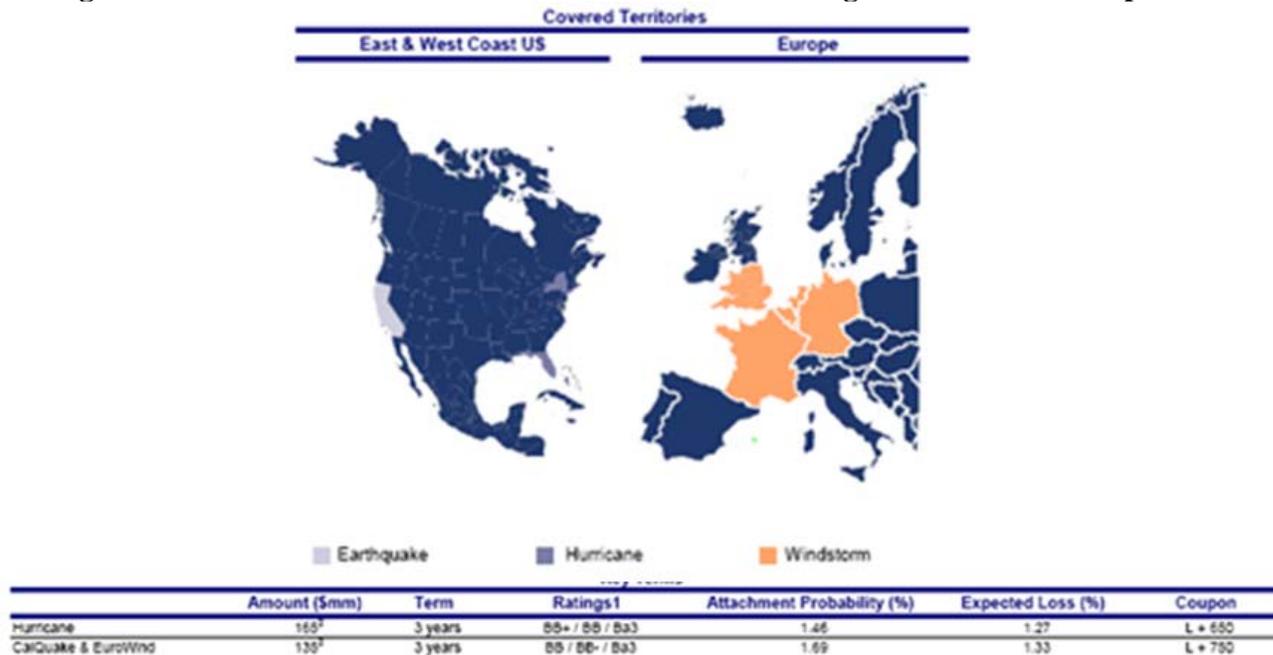
**Tabla 2**  
**Tamaño, Vigencia, Pérdida Esperada y Diferencial de los Bonos de Catástrofe del Programa “Successor”**

|           |  | <b>Vigencia</b> | <b>Tamaño</b>            | <b>Pérdida Esperada</b> | <b>Diferencial</b> | <b>Calificación</b> |
|-----------|--|-----------------|--------------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|
|           |  | (meses)         | (\$ millones de dólares) | (bps)                   | (bps) + Libor      |                     |
| <b>1</b>  | Successor Hurricane Industry Class B-I   | 18              | 14,00                    | 281                     | 1100               | BB-                 |
| <b>2</b>  | Successor Hurricane Industry Class C-I   | 18              | 7,25                     | 469                     | 1530               | B                   |
| <b>3</b>  | Successor Hurricane Industry Class D-I   | 18              | 34,25                    | 748                     | 2275               | B                   |
| <b>4</b>  | Successor Hurricane Industry Class D-II  | 12              | 10,25                    | 564                     | 1710               | B                   |
| <b>5</b>  | Successor Hurricane Industry Class E-I   | 18              | 5,00                     | 1162                    | 3260               | Sin Calificación    |
| <b>6</b>  | Successor Hurricane Industry Class E-II  | 12              | 35,00                    | 881                     | 2450               | Sin Calificación    |
| <b>7</b>  | Successor Hurricane Industry Class F-I   | 18              | 54,00                    | 366                     | 1330               | B                   |
| <b>8</b>  | Successor Hurricane Modeled Class B-I    | 18              | 42,25                    | 283                     | 1065               | BB-                 |
| <b>9</b>  | Successor Cal Quake Parametric Class A-I | 24              | 47,50                    | 130                     | 725                | BB                  |
| <b>10</b> | Successor Japan Quake Class A-I          | 24              | 103,47                   | 130                     | 425                | BB                  |
| <b>11</b> | Successor Japan Quake Class B-I          | 24              | 26,25                    | 210                     | 585                | BB-                 |
| <b>12</b> | Successor Japan Quake Class C-I          | 24              | 70,75                    | 398                     | 950                | B                   |
| <b>13</b> | Successor Japan Quake Class C-II         | 12              | 3,00                     | 398                     | 950                | B                   |
| <b>14</b> | Successor Euro Wind Class A-I            | 24              | 97,13                    | 129                     | 525                | BB                  |
| <b>15</b> | Successor Euro Wind Class A-II           | 12              | 3,00                     | 129                     | 525                | BB                  |
| <b>16</b> | Successor Euro Wind Class B-I            | 24              | 15,50                    | 209                     | 700                | BB-                 |
| <b>17</b> | Successor Euro Wind Class C-I            | 24              | 110,75                   | 406                     | 1200               | B                   |
| <b>18</b> | Successor Euro Wind Class C-II           | 12              | 3,00                     | 406                     | 1200               | B                   |
| <b>19</b> | Successor II Class A-I                   | 24              | 73,20                    | 504                     | 1750               | B                   |
| <b>20</b> | Successor II Class E-I                   | 24              | 154,25                   | 1475                    | 3925               | Sin Calificación    |
| <b>21</b> | Successor III Class A-I                  | 24              | 7,20                     | 672                     | 2100               | Sin Calificación    |
| <b>22</b> | Successor IV Class A-I                   | 24              | 30,00                    | 476                     | 1650               | B                   |
|           |  | Total           | 947,00                   |                         |                    |                     |

Fuente: Swiss Re

Otro ejemplo fue Munich Reinsurance Company (Munich Re), en 2001 transfirió riesgo titularizándolo. Como se observa en la gráfica 17, las amenazas cubiertas fueron: huracán, terremoto y tormenta con viento en Europa. Se transfirió el riesgo a través de dos SPV (Prime Quake, Ltd y Prime, Ltd), el primero por 165 millones de dólares cubriendo riesgo de terremoto en California y el segundo por 135 millones de dólares para huracán y tormenta con viento en Europa. El mecanismo de reconocimiento de pérdidas fue a través de un esquema paramétrico. Los SPV tuvieron una vida de 3 años con cupones de 650 y 750 puntos base, respectivamente, por encima de LIBOR.

**Gráfica 17**  
**Programa “Prime” de Munich Re de Transferencia del Riesgo al Mercado de Capitales**



*Fuente: Goldman Sachs*

**4.3 Experiencia en la gestión de riesgos: En el gobierno**

Se han analizado en las secciones previas diversos mecanismos utilizados para administrar riesgos, sin embargo resalta que precisamente los mecanismos descritos son soluciones financieras originalmente para compañías de seguros y reaseguro y no para los gobiernos como asegurados.

Conviene preguntarse ¿por qué los países desarrollados no han adquirido como asegurados dichos instrumentos? ¿Cuál es la estrategia de financiamiento de desastres naturales en aquellos países desarrollados expuestos a riesgos catastróficos? Es importante señalar que los gobiernos de países desarrollos centran su estrategia en regulación y no en adquirir directamente protección financiera, debido particularmente a dos factores: (i) fortaleza de sus finanzas públicas y; (ii) en aquellos países se han desarrollado, profundizado y especializado los mercados financieros, en particular el mercado de seguros. Lo cual permite que los agentes económicos, incluidos los gobiernos puedan manejar sus riesgos eficientemente haciendo uso del sistema financiero.

Por tanto, la injerencia del sector público en los países desarrollados se ha enfocado en la regulación del sector asegurador o reasegurador como principales agentes de la economía

especializados en el manejo del riesgo de una economía. De ésta forma, a través de la regulación se garantiza que al momento de que sucede un evento catastrófico el sistema asegurador actuará oportunamente, sin causar quebrantos a la estabilidad de la economía en su conjunto.

Sin embargo, en los países en vías de desarrollo, específicamente la región centroamericana, no pueden esperar al desarrollo y profundización de sus mercados financieros internos. Es imperativo avanzar a la par de que se promueva el desarrollo de éstos, y al mismo tiempo se encuentran alternativas para financiar los gastos inherentes a los desastres naturales de los gobiernos, desde la óptica del gobierno como proveedor de servicios públicos.

En ese sentido, existen diversos ejemplos de economías en desarrollo cuyos gobiernos han asumido un papel muy activo en la gestión de riesgos, en la mayoría de los casos se han concentrado en dos temas: fortalecer el crecimiento, profundización y desarrollo de los mercados locales de riesgos (seguros) y por otro lado, buscar alternativas para financiar parte de los gastos en que incurre el gobierno al momento de los desastres naturales. El sector público enfrenta dos fuentes de pérdidas después de desastres naturales: 1) reconstrucción de infraestructura y 2) gastos de emergencia para atención de la población.

Para la primera fuente de pérdidas, en muchos de los casos no existen transferencia de los riesgos para proteger la infraestructura pública, particularmente en aquellos países menos desarrollados, debido a la falta de conocimiento y experiencia en el manejo de riesgos, a la escasez de recursos financieros, así como ausencia total o parcial de mercados locales de riesgos. En tanto que en aquellos con un proceso avanzado en su desarrollo, el riesgo del sector público no se transfiere sistemática y organizadamente, en muchos de los casos, solo algunas de las agencias transfieren riesgos o bien la totalidad lo hacen de forma individualizada, a través de pólizas de seguros exclusiva para cada agencia, menospreciando la mutualidad natural que constituye toda la infraestructura pública.

Es pertinente indicar que el único mecanismo de transferencia de riesgos implementado para países en desarrollo son los seguros, una de las otras alternativas a través del mercado de capitales, aún no se ha desarrollado esquemas donde el gobierno de un país transfiera el riesgo de su infraestructura de forma parcial o total al mercado de capitales. Existen dos razones fundamentales: 1) los gobiernos no cuentan con el conocimiento y experiencia para desarrollar tales esquemas, debido a que se requiere un profundo conocimiento de los activos a asegurar, sus vulnerabilidades inherentes a las amenazas, así como el manejo y diseño del portafolio de riesgos

y 2) el mercado de capitales no ha desarrollado lo suficientemente como para tomar riesgos en los montos que un gobierno puede transferir.

Las transacciones más grandes hechas a través del mercado de capitales por tipo de riesgos han sido cercanas a 500 millones de dólares, montos que pueden ser relativamente pequeños al ser comparados con el portafolio completo de activos en una industria, en las cuales un solo activo (por ejemplo una presa) tiene un valor cercano a los 500 millones de dólares, por ende un portafolio, por ejemplo el sector eléctrico o petrolero de un país supera la transacción promedio del mercado de capitales, lo que implicaría mayores primas de riesgo que un gobierno pagaría para estimular el apetito de inversionistas por montos riesgos en los tamaños que un gobierno puede transferir.

Respecto a la segunda fuente de pérdidas, precisamente ésta ha sido el principal foco de atención de las diversas iniciativas<sup>15</sup> que actualmente se encuentran operando en gobiernos de economías en desarrollo. Precisamente se debe a que provee una solución rápida, la estructuración aunque requiere complejos modelos analíticos de riesgos, son significativamente más rápidos de implementar versus crear una base de datos de todos los activos de un gobierno, principal insumo de los esquemas para pérdidas de reconstrucción, así como existen suficientes instrumentos financieros robustos tanto en el mercado de seguros como en el mercado de capitales, los cuales además tienen una gran demanda por tomadores de riesgos para dichos tipos y tamaños en monto de riesgos. Es por ello, que la segunda fuente de pérdidas son las que han recibido mayor atención por diversos gobiernos y entes multilaterales como primer paso hacia estructurar esquemas para pérdidas por reconstrucción del sector público.

Precisamente en esta tónica, se explicarán dos ejemplos, los cuales buscan liquidez inmediata a los gobiernos ante el embate de las catástrofes naturales: México y diversos países del Caribe, los cuales a continuación se describirán.

### *México*

El gobierno mexicano creó en 1996 un programa presupuestal para atender los desastres naturales. El programa tiene por objeto ser un instrumento presupuestal que, ante la eventualidad de desastres naturales que afecten el territorio mexicano, y en los cuales el gobierno deba tener

---

<sup>15</sup> México a través de un seguro contra terremotos catastróficos y diversos estados del Caribe a través de un seguro contra terremoto y huracanes, dependiendo de lo que haya contratado el estado nación del caribe.

una participación, éste pueda apoyar, particularmente, a la población de mayor vulnerabilidad económica, y de esta manera, dar continuidad al funcionamiento de los diversos servicios que proveen las agencias gubernamentales afectadas. Adicionalmente a dicho programa presupuestal, en 2001 se creó un fideicomiso de administración de pérdidas, denominado Fondo de Desastres Naturales (Fonden). El fideicomiso se alimenta de recursos no ejercidos del programa durante el año fiscal inmediato anterior, con estos recursos, dicho fideicomiso busca prevenir descalabros en las finanzas públicas federales derivados de erogaciones causadas por desastres naturales.

El financiamiento de la mitigación de desastres naturales por parte del gobierno federal ha implicado una erogación cercana a 6 billones de dólares 1996 a la fecha. Por otro lado, el nivel de recursos que yace en el Fideicomiso Fonden ha venido demostrando una marcada tendencia a la baja, producto de la reducción en la asignación de recursos a través del Presupuesto de Egresos de la Federación.

Por otro lado, los riesgos a los que está expuesto el territorio mexicano son numerosos, por ejemplo, México se encuentra dentro de una de las regiones de más alta sismicidad en el mundo; es el destino o ruta, de numerosos huracanes y tormentas tropicales provenientes del mar caribe, el océano atlántico y el océano pacífico. Aunado a lo anterior, las tendencias demográficas y la movilidad de sus asentamientos han provocado una alta exposición a los riesgos mencionados, entre otros. En el caso del riesgo sísmico, las regiones geográficas con mayor exposición al riesgo mencionado generan cerca del 60% del Producto Nacional Bruto y concentran 59% de la población del país.

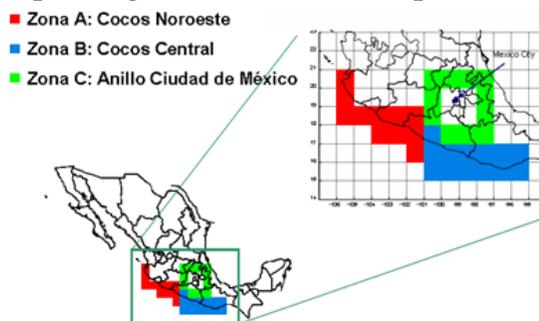
Cabe resaltar que los recursos transferidos al Programa Fonden y su fideicomiso encuentran su costo de oportunidad en el financiamiento de diversos programas federales permanentes, en particular los de carácter social (atención y mitigación de la pobreza, subsidios agrícolas y educación). Lo que hace evidente la necesidad de buscar alternativas que permitan aminorar dichos costos, mediante la transferencia del riesgo derivado por la erogación de recursos emergentes a un tercero, quien en el caso de la eventualidad indemnice al fideicomiso, de forma tal que proteja el patrimonio del Fideicomiso Fonden y, en consecuencia, las finanzas públicas mexicanas, e indirectamente diversos programas de índole social.

En respuesta a ello, el Gobierno de México a través de su Ministerio de Finanzas desarrolló un esquema de transferencia de riesgo catastrófico a través de bonos de catástrofe y reaseguro con el objeto de hacerse de recursos para poder financiar al Fondo de Desastres

Naturales o Fonden (fondo de calamidades piedra angular del esquema mexicano para financiar desastres naturales). Lo anterior para sismos que ocurran en tres determinadas zonas (ver gráfica 21) donde potencialmente pueden ocurrir epicentros de sismos.

Una vez que se satisfacen los valores de los parámetros rectores del pago (magnitud, ubicación y profundidad del epicentro) se activa el pago al Fonden (ver Figura 18) sin que existan verificación física de pérdidas. Lo innovador del esquema yace en el uso de bonos de catástrofe, esquema usado en el pasado solo para corporaciones privadas. Así como reaseguro internacional de alta calidad crediticia.

**Gráfica 18**  
**Esquema general desarrollado por México**



|                                 | Cocos Noroeste | Cocos Central | Anillo Ciudad de México |
|---------------------------------|----------------|---------------|-------------------------|
| Magnitud (Mw)                   | 8.0            | 8.0           | 7.5                     |
| Profundidad del Hipocentro (km) | 200            | 200           | 150                     |
| Suma Asegurada (mdd)            | 150            | 150 (bono)    | 150                     |

*Fuente: SHCP de México*

El esquema provee pagos equivalentes por zonas de 150 millones de dólares, cada zona actúa de forma independiente, de forma tal que si de detona un pago en cualquiera de las zonas, las restantes pueden detonar pagos. Las zonas A y C fueron respaldadas por contratos de reaseguro, en tanto que la zona B se retrocedió al mercado de capitales, en la forma de un bono de catástrofe. La vigencia del esquema inicio en 2006 y concluye en el 2009. Las primas de reaseguro y el diferencial que paga el bono, fue en su momento uno de los más bajos obtenidos en el mercado, en gran medida gracias al efecto de diversificación que el riesgo mexicano proveía a los tomadores de riesgo.

### Estados del Caribe

El Banco Mundial desarrolló un esquema financiero como respuesta a la solicitud hecha por diversos gobiernos de la región del Caribe. El esquema (ver Gráfica 19) se centra en construir una cautiva (aseguradora de propósito especial), donde conjugan riesgos de catástrofes de los países beneficiarios, en dos tipos particulares; sismo y huracanes.

El mecanismo es similar al esquema mexicano, en cuanto al uso de esquemas paramétricos, es decir, los pagos se activan una vez que diversos parámetros que interactúan en un índice alcanzan un valor mínimo. En este caso, el esquema utiliza prioritariamente reaseguro como fuente de fondeo, así como las reservas propias de la cautiva.

**Gráfica 19**  
**Esquema general desarrollado en el Caribe**



**Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility (CCRIF)**  
(Facilidad de Seguros para Riesgos Catastróficos del Caribe)

|                    |   |
|--------------------|---|
| Región cubierta:   | Hasta 50 km de distancia del evento al país del Caribe  |
| Países cubiertos:  | Anguilla, Antigua & Barbuda, Bahamas, Barbados, Belize, Bermuda, Cayman Islands, Dominica, Grenada, Haití, Jamaica, St Kitts & Nevis, St Lucia, St Vincent & the Grenadines, Trinidad & Tobago, Turks and Caicos Islands. |
| Riesgos cubiertos: | Huracán y Sismo   |
| Mecanismo de pago: | Índice Paramétrico (combinación de variables por riesgo)  |
| Suma asegurada:    | Hasta 50 mdd por país   |

*Fuente: Banco Mundial*

No se omite mencionar dos ejemplos de estrategias indirectas de manejo de riesgos catastróficos de los gobiernos, como las implementadas por Taiwán y Turquía. En ambos países, dichos gobiernos instrumentaron una solución para proteger a sus sectores de vivienda aseguradas ante desastres naturales, en ambos, contra sismos catastróficos.

Como se ha indicado diversos países han buscado alternativas financieras para aliviar las consecuencias de desastres naturales, uno de ellos es México, quien ha asumido un liderazgo en la región. Precisamente, ha buscado difundir su experiencia para que otros países de la región se beneficien de sus avances obtenidos. En ese marco, México sometió a consideración del IADB una iniciativa denominada “*Inter-american Risk Management Initiative*”, en ella se propone que diversos países de la región integren una masa crítica e integren un frente común, a partir de la cual puedan acceder a mecanismos de protección financiera, y de esta forma hacer frente las crecientes pérdidas por desastres naturales.

El esquema de la propuesta se muestra en la gráfica 20, en ella se indican cómo, a partir de un fondo o cautiva denominado IRMI, la protección financiera que proveería dicho fondo a los países que se integren a la iniciativa. A su vez IRMI retrocedería los riesgos a través del mercado internacional de reaseguro y/o mercado de capitales, por ejemplo mediante la emisión de bonos de catástrofe. El IADB por su parte proporcionaría líneas de crédito contingentes complementarias a la protección de IRMI, a la vez de que fondearía a IRMI en tanto obtiene el recobro de los contratos de reaseguro o del vehículo de propósito especial.



*Fuente: SHCP de México*

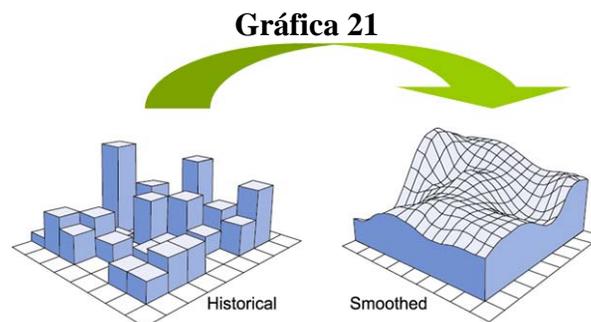
## 5. Análisis de riesgos

### 5.1 Cuantificación y modelación de los riesgos

Uno de los elementos medulares para el manejo de riesgos catastróficos radica en la cuantificación y modelación del riesgo. Para destacar su importancia, consideremos de nueva cuenta la gráfica 4, donde se explica el proceso incorporación de una nueva póliza y como ésta fluye dentro del balance de una aseguradora y/o reaseguradora, y bajo determinadas condiciones la responsabilidad implícita de la póliza es exteriorizada, a través de la transferencia del riesgo a un reasegurador. Parte fundamental de dicho proceso de transferencia, es la descripción, análisis y cuantificación de la vulnerabilidad de los bienes asegurados, por ejemplo: automóviles, casas, edificios, entre muchos, y por otro lado, la modelación de las amenazas a las que son sujetos dichos bienes, tal que la interacción del bien con la amenaza resulta en el riesgo que esta cubierto total o parcialmente en la póliza suscrita entre la aseguradora y el asegurado.

El análisis del riesgo (bienes y amenazas) esgrimido en el párrafo anterior no es privativo de las aseguradoras y reaseguradoras, es aplicable también a: asegurados o individuos en general, países, agencias públicas, corporaciones y grupo de países. Es por ello que una vez conocidos los bienes que son sujetos de pérdidas en razón de una amenaza, y a la vez se conoce el comportamiento de la amenaza, el individuo puede determinar cuanto capital requiere para financiar pérdidas y potencialmente a partir de ello derivar cuanto requería transferir a un tercero, de forma que se minimice el costo asociado al financiamiento de las pérdidas.

Como se ha indicado, el análisis de los bienes expuestos se realiza a través de modelo estadísticos y matemáticos (ver gráfica 21) que permiten analizar como la cartera de bienes expuestos interactúan y evoluciona en distintos escenarios de pérdidas catastróficas, y es en función de ello que se estiman los requerimientos de capital.



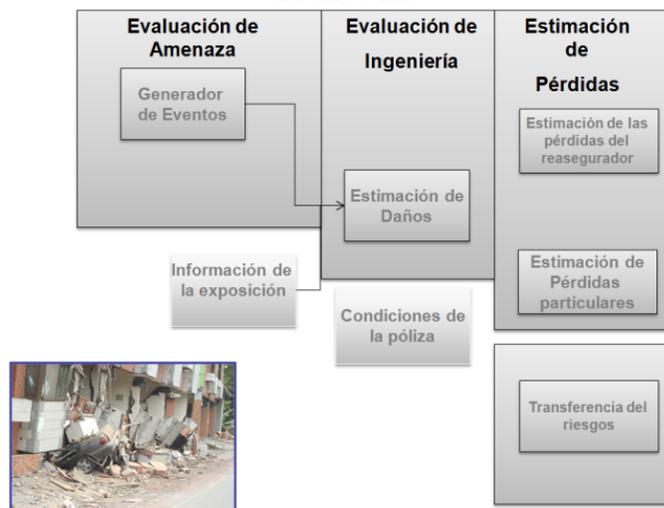
Fuente: AIR

Precisamente el proceso estadístico y matemático que implica diversas disciplinas (ingeniería, geofísica, meteorología, entre muchas), contribuyen a cuantificar y modelar la cartera de riesgos a la que está expuesto quien maneja el riesgo (asegurado, aseguradora y/o reaseguradora). A partir de ello se deriva la curva o familias de curvas de distribución de pérdidas, mismas que se explican en la gráfica 6.

Típicamente el análisis estadístico y matemático es desarrollado por una empresa<sup>16</sup> independiente y con sólido reconocimiento de los mercados financieros por sus trabajos.

Dichas empresas desarrollan sus análisis de acuerdo a metodologías estandarizadas. Mismas que se muestran en la gráfica 22, en ella se indica secuencialmente cómo interactúan los diversos modelos analíticos que participan en el proceso de cuantificación y modelación del riesgo. En una primera parte, se modela la amenaza sea natural (huracanes, lluvia, inundaciones, terremotos, entre otros) o inclusive antropomórfica (terrorismo).

**Gráfica 22**



Fuente: AIR

Una vez que se cuenta con dicho modelo, existe un conjunto de modelos que describen el comportamiento de los bienes que han sido asegurados ante el embate de las diversas amenazas. En otras palabras, el modulo “Evaluación de Ingeniería” implica un detallado análisis del comportamiento de las estructuras al interactuar con las amenazas.

<sup>16</sup> Las más conocidas son: Risk Management Solutions (RMS), Applied Insurance Research (AIR-Worldwide), e EQCAT.

Precisamente, la vulnerabilidad del bien asociada a la magnitud de la amenaza permite asignar una métrica a las pérdidas, la cual es uno de los insumos fundamentales para determinar las necesidades de capital para financiarlas.

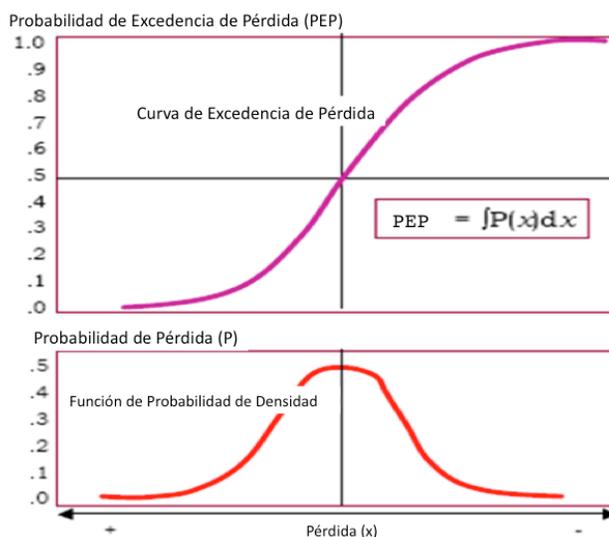
Posteriormente se incorporan las condiciones de las pólizas de los asegurados iniciales, de forma tal que se consideren factores como participaciones del asegurado inicial en el financiamiento de las pérdidas, es decir se consideren por ejemplo: deducibles, coaseguros, entre otros.

Finalmente, se determina una distribución de pérdidas, que integra una familia de distribuciones de pérdidas por tipo de amenaza, para distinta severidad de la amenaza y por vulnerabilidad de los bienes expuestos.

La gráfica 23 muestra en la parte inferior de la misma la función de densidad de pérdidas, es decir la curva que describe, para un determinado nivel pérdidas la probabilidad asociada a dicha pérdida. Fácilmente se observa que la figura de la curva es simétrica, lo que implica que existe una probabilidad máxima y por debajo de dicha probabilidad para pérdidas mayores o menores existe una probabilidad menor.

En la parte superior de la gráfica 23 se muestra la curva de excedencia, la cual describe la probabilidad asociada a que determinada pérdida exceda o supere una probabilidad específica de la función de densidad, en otras palabras, para dicha pérdida específica, la curva de excedencia muestra la probabilidad asociada de que se superetal umbral o pérdida específica.

**Gráfica 23**



Fuente: Andersen, T., *Technical Paper Series, BID*

La curva de excedencia es la piedra angular del análisis de riesgo catastrófico, precisamente porque el umbral se establece como la definición de cuando las pérdidas alcanzan un nivel que puede referirse como catastrófico.

Es decir, una vez establecido el umbral, se definirá la pérdida esperada, a partir de la cual se define una catástrofe. Es por ello que toda estructura de manejo de riesgo catastrófico parte de la pérdida esperada como mecanismo para valorar el riesgo y asignar un precio.

Debido a la importancia de la curva de excedencia para el análisis de riesgos catastróficos, a continuación se derivará dicha curva. Sólo para propósitos de ilustración considérese el siguiente ejemplo<sup>17</sup>, en él se tiene una serie de eventos catastróficos  $E_i$ , cada evento está asociado a una probabilidad anual de ocurrencia de  $p_i$ , lo cual está asociado a una pérdida  $L_i$ .

El número de eventos por año es diverso, se ha construido una tabla con varios eventos hipotéticos (ver Tabla 3), en la cual se han clasificado de mayor a menor pérdida, para continuar con la simplicidad del presente ejemplo ilustrativo los eventos elegidos es un conjunto cuya suma de probabilidades suma uno y son independientes.

En la tabla 4 se define como:

$$\begin{aligned} P(E_i; \text{si ocurre}) &= p_i \\ P(E_i; \text{si no ocurre}) &= (1 - p_i) \end{aligned}$$

En caso de que  $E_i$  no ocurra, la pérdida es cero. La pérdida esperada para algún  $E_i$ , es:

$$E[L] = p_i L_i$$

La pérdida esperada para todo el conjunto de eventos, en otras palabras, la pérdida anual promedio (*PAP*) se define como:

$$PAP = \sum_i p_i L_i$$

Asumiendo que solo se presenta un evento catastrófico en un año, la probabilidad de excedencia para un determinado nivel específico de pérdida  $L$ , puede ser derivado a partir de:

---

<sup>17</sup> Tomado de Grossi P., Kunreuther H., , “Catastrophe Modeling: a new approach to managing risk”, Springer, Hueber International Series on Risk Insurance and Economic Security, 2005.

$$EP(L_i) = P(L > L_i) = 1 - P(L \leq L_i)$$

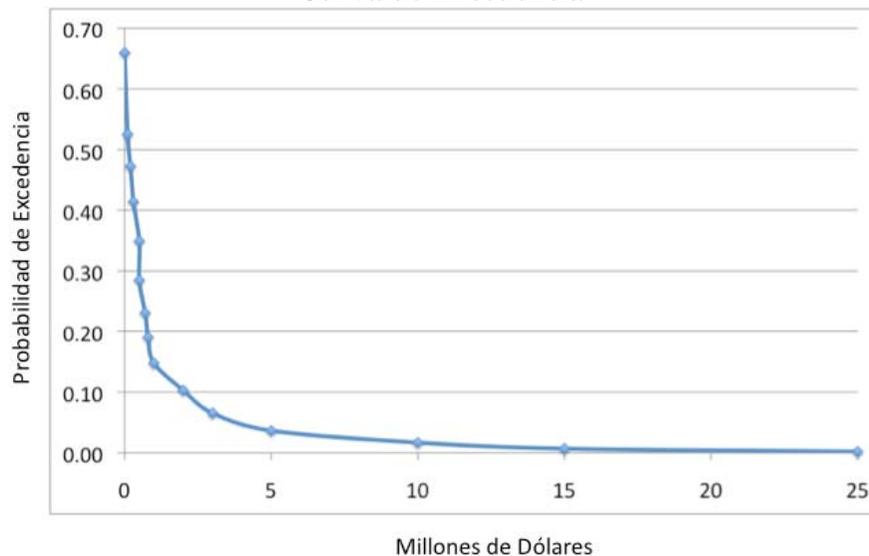
$$EP(L_i) = 1 - \prod_j^i (1 - p_j)$$

Se deriva por tanto, la probabilidad de excedencia como aquella probabilidad anual de que se exceda una probabilidad específica para un monto de pérdida determinado (ver gráfica 24).

**Tabla 3**

| $E_i$ | $P_i$  | $L_i$      | $[EP(L_i)]$ | $E[L] = (p_i * L_i)$ |
|-------|--------|------------|-------------|----------------------|
| 1     | 0.0020 | 25,000,000 | 0.0020      | 50,000               |
| 2     | 0.0050 | 15,000,000 | 0.0070      | 75,000               |
| 3     | 0.0100 | 10,000,000 | 0.0169      | 100,000              |
| 4     | 0.0200 | 5,000,000  | 0.0366      | 100,000              |
| 5     | 0.0300 | 3,000,000  | 0.0655      | 90,000               |
| 6     | 0.0400 | 2,000,000  | 0.1029      | 80,000               |
| 7     | 0.0500 | 1,000,000  | 0.1477      | 50,000               |
| 8     | 0.0500 | 800,000    | 0.1903      | 40,000               |
| 9     | 0.0500 | 700,000    | 0.2308      | 35,000               |
| 10    | 0.0700 | 500,000    | 0.2847      | 35,000               |
| 11    | 0.0900 | 500,000    | 0.3490      | 45,000               |
| 12    | 0.1000 | 300,000    | 0.4141      | 30,000               |
| 13    | 0.1000 | 200,000    | 0.4727      | 20,000               |
| 14    | 0.1000 | 100,000    | 0.5255      | 10,000               |
| 15    | 0.2830 | 0          | 0.6597      | 0                    |
| PAP   |        |            |             | 760,000              |

**Grafica 24**  
**Curva de Excedencia**



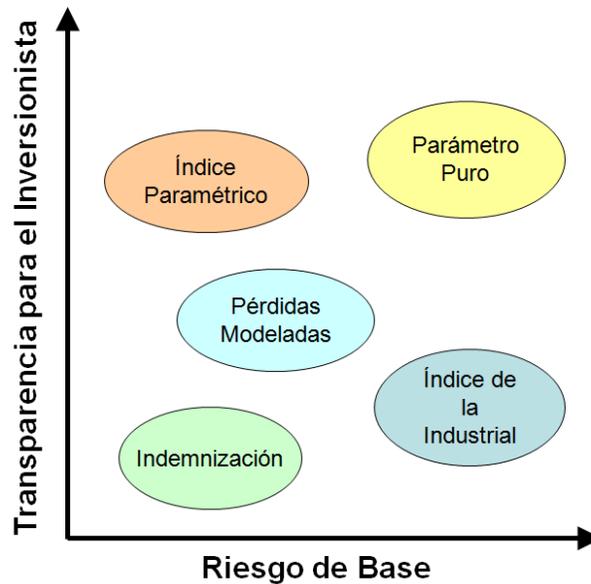
### *Los detonadores o esquemas de pagos*

Una vez construidas las distribuciones de pérdidas y las probabilidades de excedencia basados en modelos que simulan el comportamiento de las amenazas y la vulnerabilidad de los bienes o activos expuestos. Es posible diseñar el mecanismo de reconocimiento de pérdidas, esto es, una vez que sucede el evento, es necesario verificar que en efecto las condiciones se dieron dentro de las condiciones de la póliza de seguro y reaseguro.

Para tales efectos, existen cuatro mecanismos típicamente usados: (i) indemnización, esquema basado en la verificación real de las pérdidas, a través de un perito experto, quien una vez determinadas y verificadas dichas pérdidas y aceptadas por las partes, el SPV indemniza al reasegurado; (ii) paramétricos puros, un esquema basado en pruebas físicas o parámetros que determinen la realización o no del riesgo amparado, por ejemplo en el caso de terremotos, basta con que se corrobore que los parámetros (epicentro, hipocentro, magnitud, velocidad del viento, nivel de precipitación, etc) alcanzaron el umbral establecido, aún cuando haya o no existido pérdidas reales de forma similar actúa para otros riesgos; (iii) pérdidas modeladas, actúa en forma análoga al esquema paramétrico, pero a diferencia de este último, se define un modelo matemático donde interactúan dichos parámetros, y el valor de la pérdida a indemnizar es equivalente a lo que determine el modelo como pérdida; (iv) índice paramétrico o paramétrico indizado, se distingue de los dos esquemas anteriores (paramétricos y pérdidas modeladas) por que se establece una expresión matemática que determina el valor de un índice, y sólo en el caso de que se supere un valor dado de dicho índice, se genera un pago vinculado con las pérdidas potenciales. Sin embargo, dicho pago no esta en función de la realización o no de las pérdidas, y; (v) índices de industria, el esquema prevé la indemnización del asegurado por parte del SPV si un índice comercial o público alcanza un determinado valor, por ejemplo en los Estados Unidos se han desarrollado índices de pérdidas de la industria aseguradora, que sirven como referencia independiente para este tipo de esquemas.

La gráfica 25 muestra desde la perspectiva del inversor o comprador del riesgo en el mercado de capitales, la transparencia de cada uno de los mecanismos de reconocimiento de pérdidas.

**Gráfica 25**  
**Valoración del Riesgo desde la Perspectiva del Tomador de Riesgo**



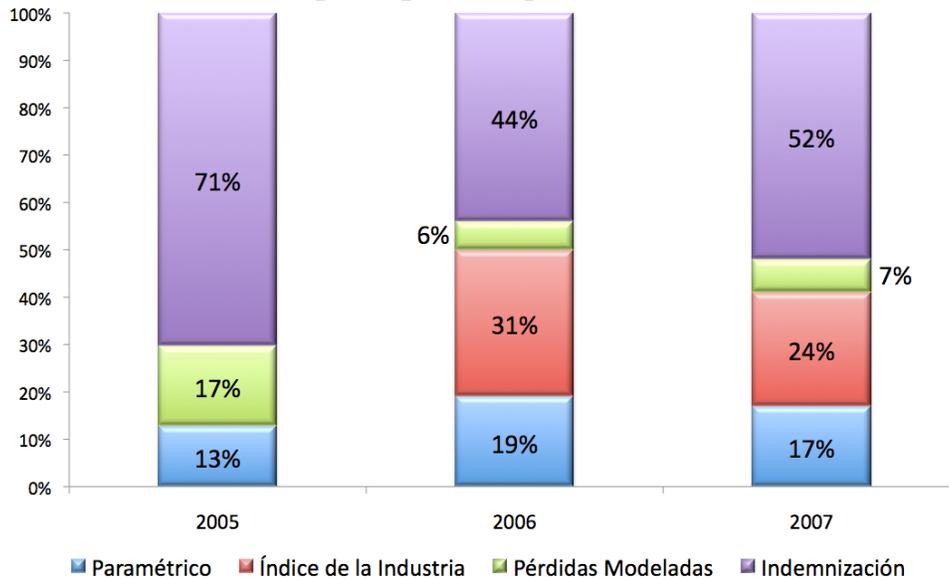
En la gráfica 25 se introduce un nuevo concepto, el riesgo base, el cual consiste en el riesgo de no reflejar en el modelo la realidad, sea una infra o supra valoración, implica una imprecisión del modelo, lo que genera, adicional a los riesgos que se han tratado a lo largo del documento un nuevo riesgo.

Precisamente la gráfica de referencia expone que los esquemas de indemnización son los que tienen menor riesgo base, debido fundamentalmente a que existe un experto que su tarea es ajustar las pérdidas a los observado en la realidad y que este proceso de ajuste se realiza, después de ocurrido el evento catastrófico, cuando las pérdidas se conocen de facto.

En tanto que los otros detonadores de pago, todos se basan en modelos que pronostican, por ende tienen un margen de error, que se magnifica conforme más variables se incorporan al modelo, sin embargo hace que haya una mayor transparencia en el manejo del riesgo, precisamente porque ante más variables, mejor es descrita la realidad del evento catastrófico potencial, tanto para quien genera el riesgo como para quien lo toma.

Se observa en la gráfica 26, desde la perspectiva del inversor, como ha sido la evolución de los esquemas en operación en el mercado de bursatilización de riesgos catastróficos, destaca que los esquemas de indemnización han cedido terreno a los esquemas paramétrico, pérdidas modeladas y por índices.

**Gráfica 26**  
**Distribución de Emisiones por Tipo de Esquema de Cuantificación de Pérdidas**



Fuente: Goldman Sachs

### 5.2 Prevención y mitigación

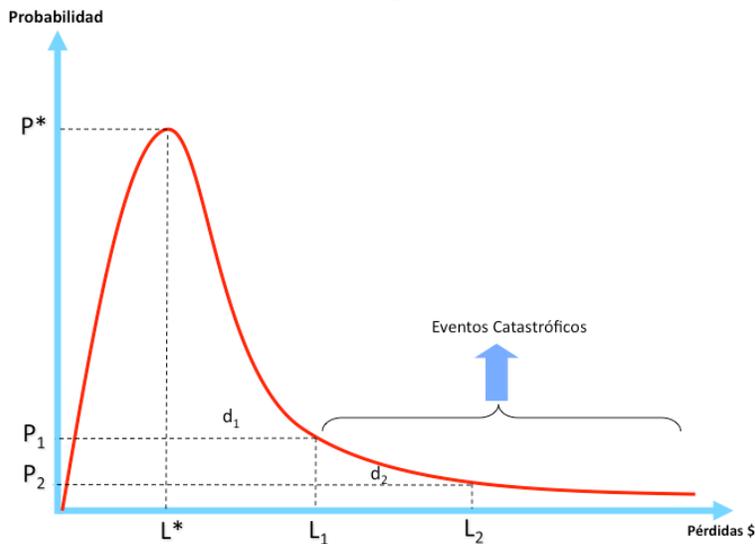
En la presente sección se analizará con mayor énfasis, el papel de la prevención como medida de mitigación del riesgo. Se ha analizado que un agente económico, en el sentido más amplio, tiene las siguientes herramientas para el manejo de los riesgo es através de: reducir, mitigar, retener o asumir y finalmente, transferir el riesgo.

La reducción del riesgo implica aquellas actividades *ex-ante* en las que el agente económico incurre para reducir las pérdidas, en consecuencia mitigar el riesgo. Por ejemplo en un extremo, existen casos en los que la relación costos-beneficio hacen inviable la eliminación del riesgo, debido fundamentalmente a que la actividad fundamental del agente económico le implica asumir riesgo, como puede ser el caso de una aseguradora o reaseguradora. Por otro lado, en otro extremo pueden existir agentes económicos como corporaciones o proyectos de inversión en los que los riesgos deben ser eliminados o trasferidos del todo. Entre ambos extremos existe un abanico de posibles combinaciones en las que distintas herramientas pueden interactuar, propiciando un menú de alternativas óptimas en cuanto a la relación costo-beneficio de cada alternativa.

Analíticamente, se ha expuesto en la distribución de probabilidad de pérdidas, en ella intuitivamente podemos derivar diversas conclusiones, dentro de las más importantes, la relación

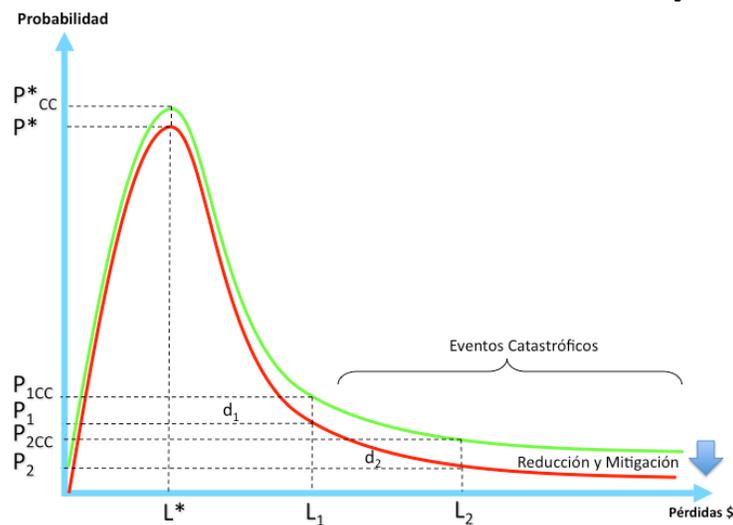
que existe para ciertos tipos de eventos con probabilidad muy pequeña, pero con pérdidas muy grandes. Circunstancias que ya han sido analizadas en la gráfica 6, pero que retomamos en la siguiente gráfica 27, para destacar que a través de la dinámica de la curva es posible explicar la importancia de la reducción y mitigación del riesgo. Como se ha indicado, detrás de la curva existen una serie de activos que al interactuar con la amenaza propician determinado grado de pérdidas. Sin embargo, si realizan actividades encaminadas a que las pérdidas sean menores para el mismo tipo e intensidad de amenaza, propiciará que la distribución completa se modifique.

**Gráfica 27**  
**Distribución de Probabilidad de Pérdidas SIN Considerar Prevención y Mitigación del Riesgo**



En este sentido, la prevención incide en los parámetros de la función de vulnerabilidad de cada uno de los activos sujetos al riesgo, en tal sentido, la distribución de probabilidad refleja el efecto de la prevención en la probabilidad de ocurrencia. Es por ello que en la curva se desplaza hacia abajo (ver gráfica 28), en otras palabras la probabilidad de alcanzar pérdidas similares es menor, precisamente porque el agente ha incurrido en actividades de prevención que reducen las pérdidas futuras.

**Gráfica 28**  
**Distribución de Probabilidad de Pérdidas Considerando Reducción y Mitigación del Riesgo**



Es importante indicar que en la gráfica 28 indica que la diferencia entre una curva y otra, la primera equivalente a la gráfica 27, no considera prevención, en tanto que la curva inferior en la gráfica 28 considera prevención.

Analizando la diferencia entre ambas curvas de la gráfica 28 nos permitirá derivar el beneficio de implementar una estrategia de prevención del riesgo en los activos. En general aplicar dicha estrategia tiene asociado un costo, por ejemplo, obras de reforzamiento de estructuras, como lo puede ser en activos como casas, edificios o infraestructura. Sin embargo, en ocasiones, en el sentido más amplio implica obras como una total y nueva reconstrucción, por tanto, dependiendo de la amenaza y de la vulnerabilidad del activo, se concluirá la viabilidad del costo asociado a la estrategia de prevención.

Como se puede ver, la construcción de las curvas de excedencia esta íntimamente vinculada con las funciones de vulnerabilidad de los activos, es por ello, que para determinar la viabilidad de una estrategia de prevención se requiere conocer la vulnerabilidad de los activos.

En América Latina existe poca literatura empírica sobre la relación costo-beneficio de una estrategia de prevención, en Bitran (2001)<sup>18</sup>, se analizo el caso de México a través de la infraestructura reconstruida con recursos del Fondo de Desastres Naturales (Fonden). Se concluyó un resultado importante, la relación costo-beneficio es de 1:4.4; es decir por un dólar invertido se lograrían ahorros presupuestales de 4.40 dólares.

<sup>18</sup> Programa Especial de Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastres 2001-2006, Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Prevención de Desastres de México.

En otras palabras, en un edificio con valor de reposición de 100 dólares, invirtiendo 10 dólares en prevención y mitigación del riesgo a través del reforzamiento y adecuación del edificio ocasionaría que después del evento costaría 66 dólares su reparación en vez de 100, propiciando un ahorro de 44 dólares. Por tanto, resulta evidente lo atractivo de invertir en estrategias de prevención y mitigación del riesgo.

El análisis realizado para el Fonden implica varios supuestos vinculados al grado en que las características físicas de los activos (edificios, casas, infraestructura, entre otros) comparten dichas características similares. Sin embargo, para otros países es necesario realizar análisis adicionales, particularmente cuando el tipo de activos no comparte dichas características, por ejemplo, en el caso de una casa habitación construida con adobe y palma, ésta tienen una alta vulnerabilidad y la inversión necesaria para prevenir la falta de la vivienda equivale a la reconstrucción total de la vivienda, en tal caso superaría la relación costo beneficio esbozada en el Fonden.

Finalmente, en Bitran (2001) se documenta la experiencia mexicana al respecto y el cómo para muchas economías latinoamericanas se podrían encontrar similitudes cercanas y por tanto, se hace evidente lo enfáticamente atractivo que los gestores del riesgo inviertan en prevención y mitigación, debido a que el atractivo no solo es financiero, además de los ahorros potenciales referidos, socialmente implica abatir o reducir el número de muertes y población después de una catástrofe.

## **6. Valuación teórica del riesgo**

En las secciones pasadas se han analizado diversas perspectivas del riesgo catastrófico y su manejo. La intención de la presente sección es mostrar diversos mecanismos analíticos para conocer el valor teórico del riesgo en términos monetarios.

Existen dos visiones generales en torno a la valoración del riesgo, por un lado la visión actuarial del riesgo, fundada en datos históricos de pérdidas de la aseguradora a partir de los cuales se proyectan costos futuros, además de considerar diversos ajustes el riesgo dadas condiciones de mercado de reaseguro, costo de capital, entre otros factores. Por el otro lado, la visión del mercado de capitales fundada en la teoría financiera de formación de precios, ejemplificada por el *Capital Asset Pricing Model* (CAPM).

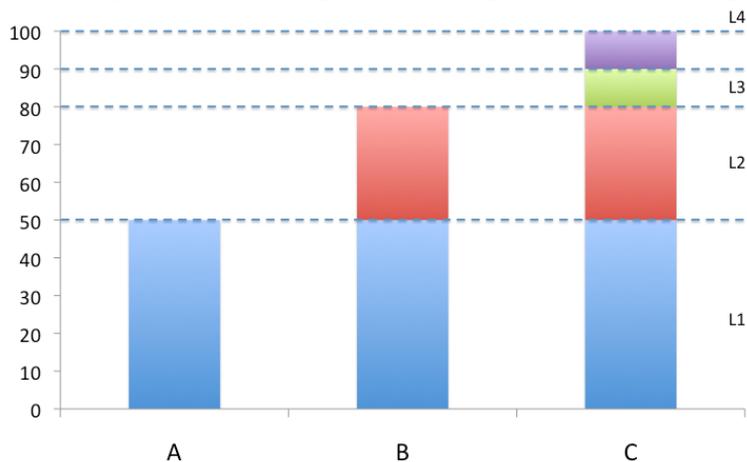
Aunque ambas visiones convergen en un precio, en la literatura se ha buscado la conciliación de ambas visiones (véase Wang 2004). En la siguiente sección se analizará un modelo propuesto por Wang 2004 para la determinación del precio de acuerdo a una visión actuarial. En la sección subsiguiente se analizará el modelo de Lane (2001) para valorar primas de seguros bursatilizados a través de bonos de catástrofe.

### 6.1 Modelo de valuación de primas de seguros

Considérese el caso de una aseguradora o reaseguradora hipotética quien desea transferir eventos catastróficos con una determinada probabilidad de ocurrencia. Como ya se ha explicado, la aseguradora o reaseguradora cede su responsabilidad con el asegurado y/o asegurador. Dicha responsabilidad puede equivaler a una póliza de seguros o reaseguro o la suma de diversas pólizas de seguros o reaseguro, en cuyo caso se trata de un portafolio de riesgo el que es cedido a un tercero.

En el referido caso hipotético supóngase que la aseguradora puede tener pérdidas por tres tipo de eventos catastróficos, en términos de la gráfica 29, los eventos A, B y C. Para el evento A alcanza una pérdida equivalente a 50 unidades monetarias, para el evento B puede llegar a alcanzar 80 unidades y para el evento C puede alcanzar pérdidas por 100 unidades<sup>19</sup>.

**Gráfica 29**  
**Ejemplo de Riesgos Manejados por una Aseguradora o Reaseguradoras**



*Fuente: Sigma*

<sup>19</sup> Las unidades están al nivel y se pueden sustituir por cualquier denominación monetaria.

La aseguradora o reaseguradora conoce la distribución de pérdidas de su portafolio de pólizas que ha emitido y por las cuales es responsable, además dada su experiencia, conoce las pérdidas medias, las cuales supondremos son cercanas a 50 unidades monetarias. Precisamente por dicha experiencia decide retener el riesgo de la primera capa, definida ésta como L1. Dicha capa tendrá un precio, el cual puede estimarse a partir del costo del capital de la aseguradora, debido a que será con sus recursos propios o patrimoniales con los que se hará cargo de dichas pérdidas recurrentes.

Sin embargo, la aseguradora o reaseguradora hipotética buscará alternativas, adicionales a su propio capital para fondar las pérdidas de la capa L2 y las subsiguientes. Una de las alternativas es un contrato de reaseguro en el que cede el riesgo a una reaseguradora.

La pregunta pertinente ahora es ¿cuál es el precio o valor teórico por transferir una o varias capas de riesgo? Para responder a la pregunta céntrese el análisis en determinar el precio de la capa L2 de eventos tipo B. Una vez determinado éste, por derivación se obtendrá para “n” capas.

Cabe señalar que en la jerga de los aseguradores, definir el riesgo en diversas capas se interpreta como excesos de pérdidas con “*stop loss*”, es decir, cada capa por encima de la retención es un exceso de pérdida, limitado hasta una cota de pérdida (*stop loss*) que limita el riesgo en diversas cotas, las cuales para propósitos ilustrativos, se han definido como L1, L2, L3 y L4.

Considérese sólo el caso de la estimación de la prima de reaseguro, la cual se define como, el precio de un contrato de reaseguro, el precio teórico o también conocido como técnico se definen a partir de la:

$$\begin{aligned} & \text{Pérdida Esperada} \\ & + \text{Costo Marginal de Administración de Póliza} \\ & + \text{Costo de Marginal de Capital de la Aseguradora} \\ & + \text{Margen o Ganancia de la Aseguradora} \\ & \hline & = \text{Prima Teórica o Técnica de la Póliza de} \\ & \text{Reaseguro} \end{aligned}$$

En secciones pasadas se ha discutido el papel fundamental que ocupa la determinación de la pérdida esperada. Para ello se requiere de modelos que describan las amenazas y la vulnerabilidad de los activos expuestos al riesgos. Se concluyó que se trata de diversos modelos

que interactúan para determinar como producto final la pérdida esperada de un activo o de un conjunto de activos expuestos.

Por otro lado, en condiciones de mercados competitivos y con estructura de costos eficientes, los costos de administración de la póliza y el margen o ganancia de quien toma el riesgo tenderá a decrecer y aproximarse asintóticamente a cero.

Sin embargo, el monto de capital subyacente para enfrentar las pérdidas por ejemplo de una sola póliza será equivalente a la pérdida máxima probable de dicha póliza, pero en la medida de que la reaseguradora tenga más pólizas bajo su responsabilidad con riesgos de distintos tipos (antropogénicos, industriales, naturales, entre otros) y por otro lado, los riesgos no están correlacionados y sean independientes geográficamente. La pérdida máxima probable tenderá a crecer, pero menos que proporcionalmente la suma aritmética de los riesgos.

Lo anterior obedece a que la probabilidad de que se materialicen todos los riesgos es muy cercana a cero, por tanto la aseguradora demandará menos capital en tanto los riesgos diversifiquen el portafolio de riesgos. Por tanto, una reaseguradora con óptimos niveles de diversificación a escala mundial, podrá ofrecer primas de reaseguro mucho más competitivas que otras con menor presencia mundial.

Retomando el hipotético caso mostrado en la gráfica 29 para un evento tipo B para un exceso de pérdida por encima de las primeras 50 unidades monetarias con un límite hasta por 30 unidades por encima de las primeras 50 primeras. Se busca, la prima de un contrato de reaseguro que ampare a la aseguradora o reaseguradora objeto de este ejemplo de una cobertura de 30 unidades monetarias.

Consideramos por ejemplo, que una vez desarrollado el análisis de riesgos, se concluye que la pérdida esperada anual equivale a 0.75 unidades monetarias.

Los costos de administración de la póliza equivalen al 1% de la cobertura, en este caso 30 unidades x 1%, equivalen a 0.3 unidades monetarias.

El costo de capital marginal por una nueva póliza suscrita equivale a 1.5% del monto de la cobertura, en cuyo caso equivale a 0.45 unidades (30 unidades x 1.5 equivalentes).

Finalmente, el margen o ganancia marginal por dicha cobertura equivale al 10% de la póliza. Lo que representa 0.3 unidades monetarias.

El resumen se presenta a continuación:

### Estimación Conceptual de la Prima

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Pérdida Esperada         | 0,75 |
| Costos de Administración | 0,30 |
| Costos de Capital        | 0,45 |
| Margen o Ganancia        | 0,30 |
|                          | 1,80 |

Los valores son reflejo de parámetros hipotéticos para enfatizar el razonamiento conceptual, *no reflejan condiciones de mercado.*

La prima para una cobertura de 30 unidades monetarias en exceso de las primeras 50 unidades y hasta 80 unidades es de 1.8 unidades.

Con todos los elementos expuestos<sup>20</sup> se cuenta con las herramientas necesarias para platear el caso genérico a partir del cual se deriva los eventos tipo C, así como eventos seccionados en “n” capas de riesgo, para ello se planteará el modelo de Wang (2004).

Considérese a  $X$  como la variable que describe el riesgo, en términos de los párrafos pasados las pérdidas potenciales de una aseguradora o reaseguradora, sea  $X_{\{\alpha, \alpha+\nu\}}$  la pérdida para la capa que se encuentra acotadas por las capas  $\alpha$  y  $\nu$ , equivalentes en el ejemplo de los párrafos anteriores a las capas L1 a L2, L2 a L3 y L3 a L4. La pérdida por capa  $X_{\{\alpha, \alpha+\nu\}}$  esta determinada por la siguiente relación:

$$X_{\{\alpha, \alpha+\nu\}} = \begin{cases} 0 & \text{si } X < \alpha \\ X - \alpha & \text{si } \alpha \leq X < \alpha + \nu \\ \nu & \text{si } \alpha + \nu \leq X. \end{cases}$$

En tanto que la pérdida esperada por capa  $X_{\{\alpha, \alpha+\nu\}}$  equivale el área bajo la curva de excedencia sobre el intervalo  $(\alpha, \alpha + \nu]$  que se muestra en la siguiente expresión:

$$E[X_{(\alpha, \alpha+\nu)}] = \int_{\alpha}^{\alpha+\nu} S(x) dx.$$

---

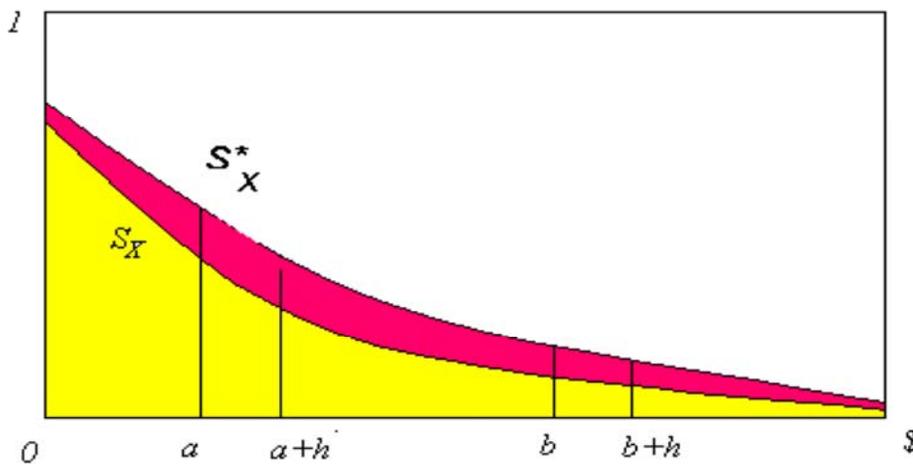
<sup>20</sup> Asumiendo mercados competitivos de riesgo, transparentes y costos eficientes, la prima de reaseguro terminará siendo gobernada por la pérdida esperada.

Finalmente, asumiendo que se cuenta con un precio (prima) observado,  $E^*[X_{(\alpha, \alpha+\nu)}]$ , para una capa lo suficientemente pequeña  $(\alpha, \alpha + \nu]$ , se deriva un precio implícito a partir de la curva de excedencia de probabilidad equivalente a la siguiente expresión.

$$S^*(\alpha) \approx E^*[X_{(\alpha, \alpha+\nu)}] \cdot \frac{1}{\nu}.$$

De acuerdo a Wang (2004) es posible derivar la función de precios implícitos a partir de la curva de excedencia de probabilidad, como una transformación de la misma.

**Grafica 30**  
**Primas de Seguros por Capas Implica Una Transformación a la Distribución**



*Fuente: Wang (2004)*

En las secciones pasadas, en particular en las gráficas 6 y 27 se han seccionado la curva de distribución de probabilidad de pérdidas, cada sección esta asociada a un conjunto de probabilidades, este mismo razonamiento para seccionar la curva se puede aplicar a la curva de excedencia. Obsérvese en la gráfica 24 que para un valor determinado de pérdida (el umbral), se puede también dividir la curva para eventos aún más extremos, dado el umbral.

Precisamente basado en ello, es posible descomponer las pérdidas en una serie de capas, la cuales se ilustran en el gráfico 30, por tanto, utilizando el modelo de Wang (2004) en realidad, lo que hace la transformación de la función de probabilidad de excedencia en la función de precios es crear un mecanismo de valoración que puede generar precios para cada capa, precisamente porque cada capa es condicionante de la anterior.

Por tanto, los elementos mostrados en las secciones anteriores se fusionan en el razonamiento del modelo de Wang (2004), es decir el mecanismos de valuación de precios de Wang por capas es una derivación de la función de probabilidad de excedencia y esta última es una derivación de la curva de probabilidad de ocurrencia. La curva provee los precios justos para cada capa, de ahí se observa que la probabilidad de pérdida al transformarse tiene la connotación de precios justo, efecto que se muestra en la gráfica 30 para aquellos valores de la curva  $S_x^*$ .

Finalmente, como se observa no se ha indicado los costos adicionales por costo de capital, costos de administración y margen, típicamente los modelos de formación de precios asumen a la pérdida esperado como la variable que gobierna el precio. Lo cual es un supuesto admisible en condiciones de competencia y eficiencia en costos.

## ***6.2 Modelo de valuación de primas de seguros de riesgo bursatilizado***

La metodología empírica de valuación de primas de seguros que provienen de riesgo bursatilizado es equivalente a valorar la sobretasa de bonos que pagan por riesgo adicional al costo de oportunidad (LIBOR) de un inversor que invierte en bonos de alto rendimiento. Por tanto estimar dichas primas consiste en estimar la sobre tasa de un bono cuyo probabilidad de incumplimiento es equiparable a la realización de un evento catastrófico de determinadas características. Dichos bonos, como ya se ha mencionados también son conocidos como bonos de catástrofe.

Uno de los modelos empíricos más utilizados en la industria es el de Morton Lane (Gurenko, 2004), él propone un modelo de tres factores para determinar la sobre tasa, dichos factores son:  $M$ ,  $L$  y  $k_i$ , la primera es la probabilidad de primera pérdida (attachment probability), esto es la probabilidad de sufrir la primera pérdida en el bono visto desde la perspectiva para el inversionista o visto desde la perspectiva del asegurado, el bono detone un pago al asegurado. En tanto que  $L$ , es un concepto que introduce Lane(2001) y lo llama Pérdida Esperada Condicional, dicho concepto consiste en la pérdida esperada dada la ocurrencia de un

evento de pérdida, dicho concepto se estima como la pérdida esperada entre la probabilidad de primera pérdida (M). Finalmente,  $k_i$  es una constante.

$$\psi(M, L) = k_1 \cdot M^{k_2} \cdot L^{k_3}$$

Morton Lane proponen los siguientes para las constantes:

| <b><math>K_i</math></b> | <b>Valor</b> |
|-------------------------|--------------|
| $k_1$                   | 0,55         |
| $k_2$                   | 0,49         |
| $K_3$                   | 0,57         |

Sin embargo Morton Lane varia las constantes, ajustándolas por riesgo o por periodo de análisis. Por ejemplo para el caso de terremoto, en Lane (2004) se proponen los siguientes parámetros:

| <b><math>K_i</math></b> | <b>Valor</b> |
|-------------------------|--------------|
| $k_1$                   | 0,192        |
| $k_2$                   | 0,352        |
| $K_3$                   | 0,111        |

Fácilmente se puede observar que la metodología de valoración de Morton Lane se puede aplicar a las diversas capas de riesgos que se ilustraban en la gráfica 34, en realidad para los parámetros dados, i.e., dependiendo las condiciones de mercado, y fundamentalmente la pérdida esperada, se pueden generar precios teóricos de primas de seguros con riesgo bursatilizado para cada capa de riesgo.

Finalmente, una metodología ampliamente utilizada en el mercado es la basada en múltiplos, i.e., cuantas veces equivale la sobre tasa por encima del costo de oportunidad pagado como cupón a un inversionista que compra bonos de catástrofe, en términos de la pérdida esperada. Típicamente la valuación implica para aquellos tomadores de riesgo, el múltiplo, el tipo de amenaza y la región geográfica.

La Tabla 4 muestra la experiencia de los bonos de catástrofes desde 1996 a la fecha, los números representan promedios y están aglutinados por tipo de amenaza y región geográfica. En la Tabla 4 de referencia se ilustra, por ejemplo, el precio promedio de transferir el riesgo deViento en Europa el cual en promedio ha pagado una sobre tasa (o “Rate on Line”) de 5,37%, lo que ha implicado un múltiplo 3,45 veces la pérdida esperada.

**Tabla 4**  
**Resumen de Indicadores Promedio de Bonos de Catastróficos desde 1996 a la Fecha**

|                             | Monto emitido en miles de dólares | Sobre tasa en la emisión | Probabilidad de Attachment | Pérdida Esperada | Múltiplo |
|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------|----------|
|                             |                                   | A                        |                            | B                | C=A/B    |
| Viento en Estados Unidos    | 3,589,700                         | 7.32%                    | 2.15%                      | 1.52%            | 4.82     |
| Terremoto en Estados Unidos | 1,768,600                         | 4.68%                    | 1.30%                      | 1.01%            | 4.61     |
| Viento en Europa            | 1,860,380                         | 5.37%                    | 2.00%                      | 1.56%            | 3.45     |
| Terremoto en Europa         | 100,000                           | 4.33%                    | 3.08%                      | 2.42%            | 1.79     |
| Viento en Japón             | 445,000                           | 3.45%                    | 1.23%                      | 1.02%            | 3.39     |
| Terremoto en Japón          | 952,970                           | 3.96%                    | 1.28%                      | 0.94%            | 4.19     |
| Otros                       | 340,000                           | 3.08%                    | 1.62%                      | 1.51%            | 2.05     |
| Multi-riesgos               | 5,407,294                         | 7.27%                    | 2.53%                      | 1.85%            | 3.92     |

*Nota: la sobre tasa, la probabilidad de attachment y la pérdida espera son promedio ponderados basados en los montos de emisión.*

*Fuente: Lane Financial, LLC*

## 7. Caso práctico: Desarrollo de una estrategia para Honduras

Con lo elementos que se han expuesto, desde la conceptualización del riesgo, las herramientas para su manejo, los mecanismos financieros de transferencia y su valoración, sientan el instrumental conceptual necesario para desarrollar una estrategia aplicable a una economía pequeña en proceso de desarrollo.

Se ha elegido a Honduras como una economía que en el pasado ha mostrado una gran susceptibilidad a grandes desastres naturales, los cuales han generado inestabilidad financiera al gobierno de aquella nación.

El propósito de esta sección es proponer un esquema, acorde a las necesidades de la nación referida, buscando manejar las pérdidas por infraestructura y gastos de emergencia y remoción de escombros, posterior a un desastre natural de severidad extrema y muy baja frecuencia.

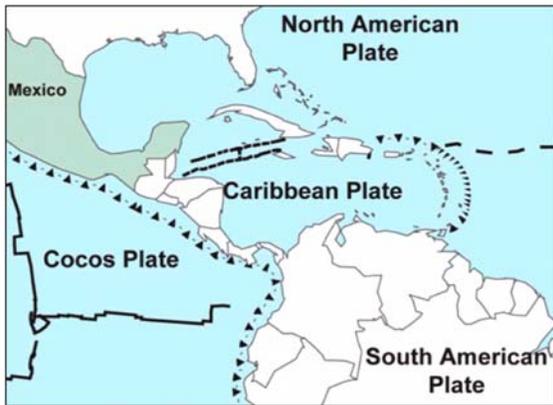
### 7.1 Contexto

La República de Honduras (Honduras) se encuentra en Centroamérica, limitada al oeste por Guatemala, al suroeste por El Salvador y al sureste por Nicaragua y al sur por el Mar Caribe y el Océano Atlántico.

Honduras tiene una población de 7.5 millones, esta dividida en 18 departamentos, de acuerdo al Fondo Monetario Internacional su PIB en PPP al cierre de 2007 fue 30.6 billones de dólares de EU, lo que lo coloca como la nación número 95 de 179 naciones clasificadas. La economía esta centrada fundamentalmente en la producción agrícola.

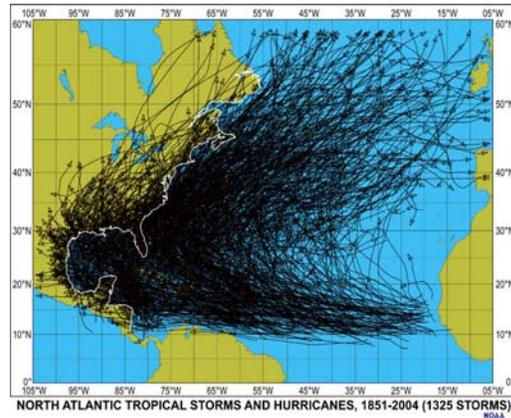
La posición geográfica de Honduras la expone a dos principales amenazas, huracanes provenientes del Mar Caribe, del Océano Atlántico, el Océano Pacífico y terremotos provenientes de la interacción de diversas placas que circunvecinan a dicha nación.

**Gráfica 31**  
**Placas Tectónicas cercanas a Honduras**



*Fuente: AIR*

**Gráfica 32**  
**Trayectorias de Tormentas Tropicales de 1851 a 2004**



*Fuente: NOAA*

La gráfica 31 muestra la interacción de tres placas, la placa de Norte América, la del Caribe y la de Cocos, además de fallas intra-placa, la mas cercana es la placa Motagua que se encuentra en las cercanías a la frontera de Honduras con Guatemala.

La gráfica 32 muestra las trayectorias históricas (desde 1851 hasta 2004) de tormentas tropicales, muchas de ellas derivaron en huracanes. Se observa que precisamente estos se originan en el Océano Atlántico y el Mar Caribe y la gran mayoría pasan cerca o con destino final en Honduras.

Por tanto se puede concluir que Honduras por circunstancias geográficas se encuentra en un territorio donde naturalmente ha estado y continuará enfrentando fenómenos naturales, muchos de los cuales pueden llegar a ser catastróficos.

Como muestra de lo anterior, en 1998 Honduras sufrió la peor catástrofe de su pasado reciente. El huracán Mitch, el cual arrojó pérdidas equivalentes al 38% de su PIB.

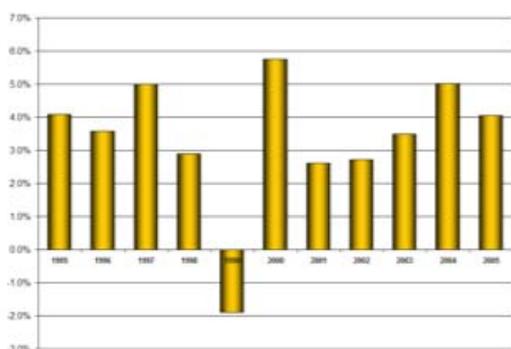
En aquel año, el gobierno de Honduras no contaba con recursos *ex ante* para atender la emergencia y reconstrucción ocasionada por huracanes. La primera medida del Gobierno fue resignar el presupuesto para financiar la atención de la emergencia, sin embargo, dada la

magnitud del fenómeno los recursos se desvanecieron instantáneamente y la el gobierno quedo sujeto a la ayuda que le brindo la cooperación internacional.

En la gráfica 33 se muestra la caída que mostró el PIB de la economía hondureña, en tanto que la gráfica 34 muestra la dinámica del gasto en la atención de la emergencia, los escasos recursos presupuestales del gobierno de honduras que se consumieron antes de iniciar lo peor de la crisis, nótese el crecimiento exponencial de los gastos que fueron financiados por agencias internacionales y que llegaron a cerca de 50 millones de dólares al paso de las primeras semanas posterior a la catástrofe.

**Gráfica 33**

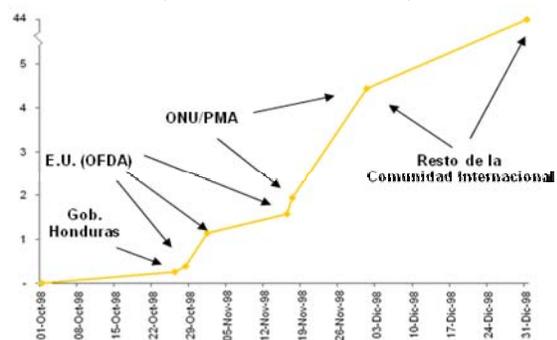
**Tasa de Crecimiento del PIB de Honduras**



Fuente: FMI

**Gráfica 34**

**Costo de la Atención de la Emergencia por el Huracán Mitch en Honduras (Millones de dólares)**



Fuente: ECLA, SUMA y estimaciones propias

Como lo ha documentado Borensztein *et al* (2007), las naciones de bajo desarrollo y expuestas a fenómenos naturales, son más vulnerables a desastres naturales de baja frecuencia y severidad extrema, al grado que un desastres de dichas características puede vulnerar inclusive su estabilidad financiera, tanto hacia dentro de la nación o en la provisión de servicios públicos, como hacia fuera con todos aquellos compromisos de deuda con el exterior.

Precisamente por ello, Honduras es un caso ideal para aplicar metodologías en el manejo de riesgos catastróficos a través de instrumentos financieros, así como medidas de mitigación y reducción del riesgo, lo cual puede ofrecer una estrategia integral en manejo de riesgos catastróficos, tal que se traduzca en reducir la vulnerabilidad financiera y fundamentalmente reducir el número de muertes y afectados, típicos de dichas catástrofes.

## 7.2 Estructuración

Esta subsección esta dividida en dos partes, la primera plantea una estructura de manejo de riesgo para riesgos hidrometeorológicos y terremoto, el esquema se caracteriza por transferir el riesgo de ocurrencia de la pérdida máxima probable. La segunda parte de esta subsección plantea cuatro esquemas a partir de descomponer en capas, las pérdidas mostradas en la primera parte de esta sección.

### 7.2.1 Estructuración preliminar: una sola capa

Se consideran tres amenazas, tormentas tropicales provenientes del Mar Caribe, del Océano Atlántico, del Océano Pacífico, los cuales se referirán como amenazas hidrometeorológicas y terremotos.

Como se ha discutido en secciones pasadas la estructuración financiera esta en función del análisis de riesgo, para objeto de la presente sección se tomarán los resultados del análisis desarrollado por IIASA con Swiss Re<sup>21</sup> sobre Honduras.

La Tabla 5 muestra en esencia, las pérdidas máximas en infraestructura para las amenazas citadas, para cada una de ellas tiene un probabilidad de ocurrencia y una pérdida esperada asignada a dicha probabilidad. Se busca construir un esquema financiero que financie dichas pérdidas potenciales.

**Tabla 5**  
**Distribución de Pérdidas Máximas Probables en Infraestructura y Gastos de Emergencia por Tipo de Amenaza**

| <b>Amenaza:</b>  |                    | <b>Hidrometeorológico</b>                 | <b>Terremoto</b> |
|------------------|--------------------|---|------------------|
| Pérdida Esperada | Periodo de Retorno | Pérdida Esperada (millones dólares de EU) |                  |
| 0,2%             | 500                | 806                                       | 104              |

*Fuente: IIASA/Swiss Re*

Se construyó un esquema de una sola capa, para la suma de las pérdidas máximas probables de ambos riesgos, es decir 806 millones más 104 millones, que equivalen a 910 millones de dólares. El esquema paga pérdidas superiores a 3 millones para terremoto y 21 millones para hidrometeorológicos. En otras palabras, el esquema paga hasta 806 millones de

<sup>21</sup> Financing natural disaster risk in developing countries: the case of Honduras, IIASA, 2004.

dólares para riesgos hidrometeorológico y 104 millones, las pérdidas inferiores a 3 y 21 millones para terremoto e hidrometeorológicos, son financiadas por el país.

### 7.2.2 Propuesta de estructuración: multicapas

Se proponen desarrollar cuatro esquemas, los cuales en la presente subsección serán expuestos y analizados. En la siguiente subsección serán valuados y analizados a través de tamiz que impone descomponer sus costos y beneficios.

En primera instancia, se toma como base la Tabla 6, sin embargo en este caso se descompone el riesgo en diversas capas de riesgo, para finalmente llegar a la última capa mostrada en la Tabla 6. Nótese que la pérdida esperada es acumulativa, esto quiere decir que el tamaño de la capa esta dado por la diferencia entre la capa de análisis y la inmediata anterior, de esta forma por ejemplo, la pérdida acumulada de un evento con periodo de retorno de 500 años para terremotos es de 104 millones, que implica pagos de las capas que esta por debajo con probabilidades superiores. Es decir, implica un pago de 3 (capa 4), 18 (capa 3), 12 (capa 2), 71 (capa 4), en todos los casos millones de dólares. La suma de las capas provee recursos para la pérdida máxima de 104 millones que presupone la capa 4.

**Tabla 6**  
**Distribución de Potenciales Pérdidas en Infraestructuray Gastos de Emergencia por Tipo de Amenaza y Probabilidad**

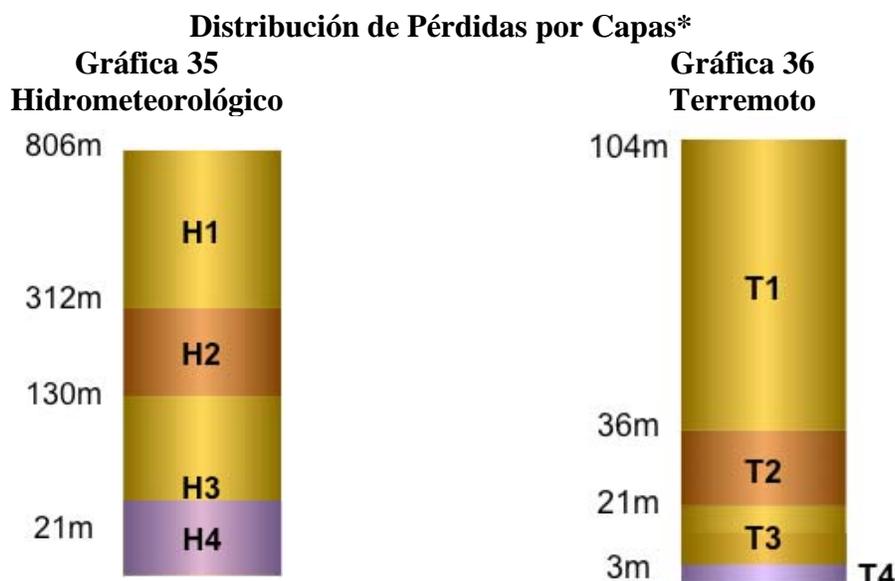
| Capa | Pérdida Esperada | Amenaza:           |   |
|------|------------------|--------------------|---|
|      |                  | Hidrometeorológico | Terremoto                                 |
|      |                  | Periodo de Retorno | Pérdida Esperada (millones dólares de EU) |
| 1    | 0,2%             | 500                | 806                                       |
| 2    | 1,0%             | 100                | 312                                       |
| 3    | 2,0%             | 50                 | 130                                       |
| 4    | 10,0%            | 10                 | 21  |

*Fuente: IIASA/Swiss Re*

Obsérvese en la referida tabla, que la cada probabilidad tiene asignado un periodo de retorno, el cual se interpreta, por ejemplo para el caso de terremoto con pérdidas de 21 millones de dólares se presenta en términos generales uno cada 50 años, en tanto que un desastre proveniente de una amenaza hidrometeorológica con pérdidas equivalentes a 312 millones de dólares se presenta una cada cien años.

Una lectura de las dichas pérdidas es conceptualizar las mismas en diversas capas, en la gráfica 35, se crearon cuatro capas de riesgo para las amenazas de fenómenos hidrometeorológicos, de igual forma se crearon cuatro capas de pérdidas para pérdidas por terremotos (ver gráfico 36).

La lectura de las capas es complementaria al cuadro antes citado, se trata de aquellas pérdidas que suceden de acuerdo al análisis de riesgos, por ejemplo, en el caso de eventos hidrometeorológicos, 1 cada 500 años suceden pérdidas equivalentes a 806 millones de dólares de los EU, en tanto que 1 cada 500 años se tienen pérdidas por terremotos equivalentes a 104 millones de dólares de los EU.



*Fuente: el autor con datos de IIASA y Swiss Re  
/\* Las capas no respetan una escala métrica.*

Se proponen cuatro esquemas que financiaran las capas H1 a H4 y T1 a T4. A continuación se detalla los componentes cada esquema financiero. Se asume que derivado del análisis de riesgo es posible traducir dichas capas en términos de parámetros físicos observables que interactuarán en los modelos de amenazas y vulnerabilidad de los activos expuestos. En otras palabras, es posible traducir las capas H1 en su equivalente en kilómetros por hora para el caso del viento o milímetros de lluvia para precipitación, entre otros parámetros, y para el caso de terremotos, en términos, por ejemplo de la escala de Richter.

El anterior supuesto es fundamental, dado que a partir de ellos, podrá determinarse el esquema de verificación de pérdidas. El cual se propone sea paramétrico o por índices.

### ***Esquemas propuestos:***

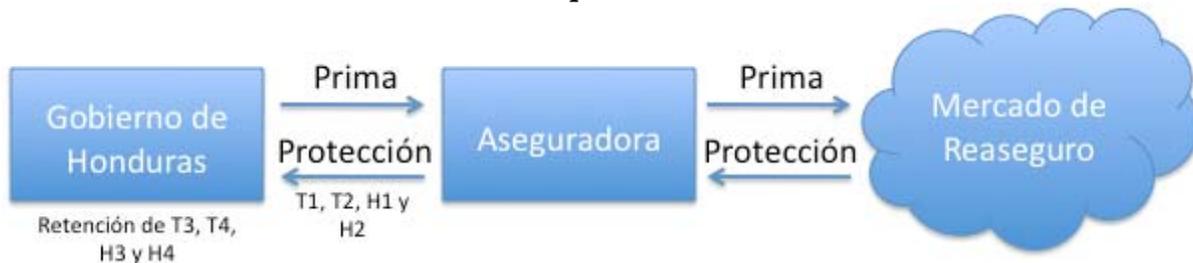
#### **A. Prima de seguro y retención financiada enteramente por el país**

El esquema A ilustrado por la gráfica 37 supone que el país retiene las pérdidas que presuponen las capas T3, T4, H3 y H4. En tanto que se asegura por las capas T1, T2, H1 y H2. Más adelante se analiza la viabilidad financiera de las capas retenidas versus su transferencia. Un supuesto fundamental es el análisis de riesgo que existe detrás de cada una de las capas, asumimos que por donación o con recursos propios logra obtener el estudio y puede llegar a conceptualizar el riesgo en las capas indicadas, además de que cuenta con el conocimiento para plantear la conceptualización del riesgo para transferir y retener.

Se propone que la transferencia del riesgo se da a través de un contrato de seguros paramétrico, el cual es retrocedido en alguna proporción al mercado de reaseguro internacional, el contrato tiene una vigencia anual, tiene un precio equivalente a la prima y la suma asegurada es igual a cada una de las pérdidas equivalentes a las pérdida por cada capa.

Finalmente, se propone un esquema de verificación de pérdidas paramétrico o por índices, el cual al verificarse detona pagos al asegurado.

**Gráfica 37**  
**Esquema A**



*Fuente: El autor.*

Por tanto, los flujos del país son las primas y las retenciones equivalentes a las capas T3, T4, H3 y H4.

#### **B. Retención financiada por el país y prima de seguro financiada por un organismo multilateral**

Los esquemas subsiguientes (B,C y D) siguen los mismos supuestos en cuanto al financiamiento del estudio de riesgos y la conceptualización del riesgo y su estructuración.

En el caso del esquema B, se crea una nueva figura definida como una facilidad financiera, la cual puede tomar la forma de una cautiva. Misma que puede ser creada con un capital inicial, más aquel capital necesario para financiar retención, en el caso de que se busque que la cautiva retenga riesgo. En este caso particular, se propone el país retenga las capas T3, T4, H3 y H4 y no sean transferidas a la facilidad.

Se incorpora una nueva figura, en la forma de un organismo multilateral quien financiaría a través de préstamos el pago de la prima durante los siguientes 25 años, con un periodo de gracia de 5 años, más una tasa de interés que el organismo determine.

**Gráfica 38**  
**Esquema B**



*Fuente: El autor.*

Los flujos del país son: el costo de financiamiento y después del periodo de gracia, las amortizaciones del préstamo, finalmente las primas de los años no financiados.

**C. Prima de seguro financiado por el país y retención financiada por un organismo multilateral**

El esquema C utiliza la misma propuesta del esquema B, sin embargo, el organismo multilateral en vez de financiar la prima, financia la retención, la cual en este caso particular se hace a partir de la facilidad financiera. Es decir el organismo multilateral financia a la facilidad por cuenta del país, en un préstamos que se contabiliza como deuda del país con el organismo. La facilidad, por su parte celebra un contrato de reaseguro por las capas T1, T2, H1 y H2. Mismo que financia a partir de las primas que pagará el país.

**Gráfica 39  
Esquema C**



*Fuente: El autor.*

Los flujos del país corresponderán al costo de financiamiento de la retención y las primas de reaseguro por las capas transferidas a la facilidad.

Observese que en el esquema que nos ocupa, la facilidad gestiona todo el riesgo, desde el primer dólar de pérdida hasta la pérdida máxima probable. Dichas circunstancias no se presentaban en los esquemas A y B.

**D. Prima de seguro y retención financiada por un organismo multilateral**

El esquema se diferencia del C porque el organismo multilateral financia tanto la retención de la capa H3, H4, T3 y T4, así como las primas para transferir las zonas T1, T2, H1 y H2.

**Gráfica 40. Esquema D**



*Fuente: El autor.*

Los flujos del país corresponden al costo de financiamiento de la retención y las primas de transferencia después del periodo de gracia.

### 7.3 Valoración del riesgo

Se ha valorado el riesgo utilizando múltiplos de la pérdida esperada. Para ello se ha desarrollado una prima en términos de la suma asegurada, ratio que es conocido como “Rate on Line” (RoL).

Los múltiplos se derivan de la tabla 7, mismos que se basan en un consenso del mercado a junio de 2008. Destaca que para eventos verdaderamente catastróficos aunque la prima o RoL es el más bajo, el múltiplo es el más alto.

**Tabla 7.**

|         | <b>RoL</b> | <b>EL</b> | <b>Múltiplo</b> |
|---------|------------|-----------|-----------------|
|         | A          | B         | C=A/B           |
| Capa H1 | 3.90%      | 0.20%     | 19.50           |
| Capa H2 | 4.80%      | 1.00%     | 4.80            |
| Capa H3 | 6.60%      | 2.00%     | 3.30            |
| Capa H4 | 21.50%     | 10.00%    | 2.15            |
| Capa T1 | 4.40%      | 0.20%     | 22.00           |
| Capa T2 | 5.30%      | 1.00%     | 5.30            |
| Capa T3 | 7.10%      | 2.00%     | 3.55            |
| Capa T4 | 21.50%     | 10.00%    | 2.15            |

*Fuente: consenso del mercado a junio de 2008*

Se valoró el esquema más simple indicado en la subsección 7.2.1, debido fundamentalmente a que el seguro gestiona el riesgo en una sola capa, la prima generada es una de las más altas. Esto es 196 millones de dólares (ver Tabla 8) y su valor presente de 1,440 millones de dólares. Lo que implícitamente nos hace ver que un esquema en una sola capa, con escasa retención es un esquema inviable, el valor presente del flujo de caja es el más alto de todos los esquemas.

Más adelante esta valoración permitirá contrastar con la valoración de los otros esquemas propuestos, en ellos se analizará como el costo para el país puede disminuirse aplicando una gestión del riesgo más eficiente.

**Tabla 8.**

| Capa Unica          | Monto de Pérdida | Manejo del Riesgo             | RoL Teórico | Prima Teorica de Transferencia | Tamaño de la capa |        |        |        |        |
|---------------------|------------------|-------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| Capa Unica          | 910              | Transferencia                 | 21.50%      | 195.65                         | 910               |        |        |        |        |
| Total Retenido H    | <21              |                               |             |                                |                   |        |        |        |        |
| Total Transferido H | 806              | Total Transferido por el País | 759         |                                |                   |        |        |        |        |
| Total Retenido T    | < 3              | Total Retenido por el País    | 151         |                                |                   |        |        |        |        |
| Total Transferido T | 104              |                               |             |                                |                   |        |        |        |        |
| Año 1               | Año 2            | Año 3                         | Año 4       | Año 5                          | Año 6             | Año 7  | Año 8  | Año 9  | Año 10 |
| 195.65              | 195.65           | 195.65                        | 195.65      | 195.65                         | 195.65            | 195.65 | 195.65 | 195.65 | 195.65 |
| VP                  | 1,440            |                               |             |                                |                   |        |        |        |        |

En los cuatro esquemas se han asumido los RoL indicados en la tabla 7 para las amenazas analizadas con periodos de retorno similares, para distintos niveles de pérdidas clasificadas por el periodo de retorno.

Basado en la distribución de pérdidas desarrollada por IIASA y Swiss Re, se generaron los tamaños de cada unas de las capas de riesgo, a partir del cual se estimó el valor de la prima teórica por capa.

Una vez conocidas las primas teóricas por capa, se analizó intertemporalmente los flujos que el país tendría en un horizonte de 10 años, por concepto de erogaciones a sus presupuestos por primas de transferencia y en su caso por la retención cuando ésta es financiada.

Se asumido un costo de financiamiento del país de 6%, un costo de fondeo del organismo multilateral de 4% y el retorno sobre la inversión de 5%.

En todas las Tablas (9 a la 12) se indica un flujo del país, éste corresponde al flujo que el país gastará o eroga en el esquema de manejo de riesgo que corresponda, a efecto de considerar el costo de oportunidad de los recursos en el tiempo, se presente el flujo en valor presente neto. De esta forma el hacer de política podrá contrastar el costo y el beneficio del esquema en el tiempo.

El esquema A es analizado en la tabla 9, obsérvese que el país retiene las capas H3, H4, T3 y T4. En tanto que transfiere H1, H2, T1 y T2. La prima por dichas capas equivale a 31.78 millones de dólares, misma que resulta de la adición de las primas teóricas. Obsérvese también que las pérdidas son grandes, por lo que no es evidente que las RoL son crecientes con forme se acerca a las capas más bajas, en tanto que las pérdidas son más grandes con forme las capas son más altas. En este esquema, el valor presente de los flujos del país equivalen a 234 millones de dólares.

El esquema B (la tabla 10) sigue el espíritu del A, sin embargo, incorpora la posibilidad de que un organismo multilateral financie la prima. Precisamente, gracias a la participación del

organismo multilateral, el valor presente de los flujos equivale a 158 millones de dólares. Lo cual marca una importante diferencia del esquema anterior, la reducción se explica, en buena medida por la diferencia entre la tasa de fondeo del país y el costo de financiamiento.

En el esquema C (la tabla 11), se incorpora la posibilidad de financiar la retención en vez de las primas. Por su parte, corresponderá financiar con sus recursos la retención. En este esquema, el valor presente de los flujos es de 291 millones de dólares. Como se observa, se incrementa dicho valor debido fundamentalmente a que en este caso de financia montos (retención) muchos más grandes que las primas de transferencia. Sin embargo, destaca que el país en este esquema tiene gestionado la totalidad del riesgo, desde el primer dólar de pérdida, hasta la pérdida máxima probable.

El esquema D (la tabla 12), fusiona el esquema B y C, en él, el organismo multilateral tiene un papel preponderante, dado que financia las primas de transferencia y la retención. En este esquema, el valor presente es el menor de todos los casos. Por otro lado, tiene la bondad, al igual que el esquema C, en el que el país tiene un control total del riesgo, adicionalmente los costos del desastres están distribuidos en el tiempo, lo cual permite una gestión óptima del riesgo.

Finalmente, la tabla 13 muestra el valor presente de los flujos de caja de cada uno de los esquemas. El primero en ser descartado es el de una sola capa, aunque en efecto, no hay retención del país, por lo que la prima es excesivamente grande. En los otros casos la relación entre retención y transferencia, particularmente quién financia la retención hace la diferencia. Destacan que los menores flujos de caja (menores costos) son los esquemas B y D, sin embargo en el caso de B, el país financia la retención, escenario que puede tornarse poco atractivo en aquellos casos en que el país no cuente con liquidez o recursos disponibles. Por tanto, el esquema más atractivo para el país es aquel donde el organismo multilateral participa y financia tanto la retención como la transferencia, es decir el esquema D.

**Tabla 9. Esquema A**

| Parametros Financieros |    |  |  |
|------------------------|----|--|--|
| Tasa fondeo BID        | 4% |  |  |
| Costo fondeo país      | 6% |  |  |
| Retorno de Capital     | 5% |  |  |

| Esquema A           | Monto de Pérdida | Manejo del Riesgo             | RoL Teórico | Prima Teorica de Transferencia | Tamaño de la capa |          |          |          |          |           |
|---------------------|------------------|-------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Capa H1             | 806              | Transferencia                 | 3.90%       | 19.266                         | 494               |          |          |          |          |           |
| Capa H2             | 312              | Transferencia                 | 4.80%       | 8.736                          | 182               |          |          |          |          |           |
| Capa H3             | 130              | Retención                     | 6.60%       | 7.194                          | 109               |          |          |          |          |           |
| Capa H4             | 21               | Retención                     | 21.50%      | 4.515                          | 21                |          |          |          |          |           |
| Capa T1             | 104              | Transferencia                 | 4.40%       | 2.992                          | 68                |          |          |          |          |           |
| Capa T2             | 36               | Transferencia                 | 5.30%       | 0.795                          | 15                |          |          |          |          |           |
| Capa T3             | 21               | Retención                     | 7.10%       | 1.278                          | 18                |          |          |          |          |           |
| Capa T4             | 3                | Retención                     | 21.50%      | 0.645                          | 3                 |          |          |          |          |           |
| Total Retenido H    | 130              |                               |             |                                |                   |          |          |          |          |           |
| Total Transferido H | 676              | Total Transferido por el País | 759         |                                |                   |          |          |          |          |           |
| Total Retenido T    | 21               | Total Retenido por el País    | 151         |                                |                   |          |          |          |          |           |
| Total Transferido T | 83               |                               |             |                                |                   |          |          |          |          |           |
| <b>Año</b>          | <b>1</b>         | <b>2</b>                      | <b>3</b>    | <b>4</b>                       | <b>5</b>          | <b>6</b> | <b>7</b> | <b>8</b> | <b>9</b> | <b>10</b> |
| <b>Flujo</b>        | 31.7890          | 31.7890                       | 31.7890     | 31.7890                        | 31.7890           | 31.7890  | 31.7890  | 31.7890  | 31.7890  | 31.7890   |
| <b>VP</b>           | 233.9698         |                               |             |                                |                   |          |          |          |          |           |

Fuente: El autor.

**Tabla 10. Esquema B**

| <b>Esquema B</b>         | <b>Monto de Pérdida</b> | <b>Manejo del Riesgo</b>      | <b>RoL Teórico</b> | <b>Prima Teórica de Transferencia</b> | <b>Tamaño de la capa</b> |          |          |          |          |           |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Capa H1                  | 806                     | Transferencia                 | 3.90%              | 19.266                                | 494                      |          |          |          |          |           |
| Capa H2                  | 312                     | Transferencia                 | 4.80%              | 8.736                                 | 182                      |          |          |          |          |           |
| Capa H3                  | 130                     | Retención                     | 6.60%              | 7.194                                 | 109                      |          |          |          |          |           |
| Capa H4                  | 21                      | Retención                     | 21.50%             | 4.515                                 | 21                       |          |          |          |          |           |
| Capa T1                  | 104                     | Transferencia                 | 4.40%              | 2.992                                 | 68                       |          |          |          |          |           |
| Capa T2                  | 36                      | Transferencia                 | 5.30%              | 0.795                                 | 15                       |          |          |          |          |           |
| Capa T3                  | 21                      | Retención                     | 7.10%              | 1.278                                 | 18                       |          |          |          |          |           |
| Capa T4                  | 3                       | Retención                     | 21.50%             | 0.645                                 | 3                        |          |          |          |          |           |
| Total Retenido H         | 130                     |                               |                    |                                       |                          |          |          |          |          |           |
| Total Transferido H      | 676                     | Total Transferido por el País | 759                |                                       |                          |          |          |          |          |           |
| Total Retenido T         | 21                      | Total Retenido por el País    | 151                |                                       |                          |          |          |          |          |           |
| Total Transferido T      | 83                      |                               |                    |                                       |                          |          |          |          |          |           |
| <b>Año</b>               | <b>1</b>                | <b>2</b>                      | <b>3</b>           | <b>4</b>                              | <b>5</b>                 | <b>6</b> | <b>7</b> | <b>8</b> | <b>9</b> | <b>10</b> |
| Prima pagada             | 0.0000                  | 0.0000                        | 0.0000             | 0.0000                                | 0.0000                   | 40.2610  | 40.2610  | 40.2610  | 40.2610  | 40.2610   |
| Prima financiada         | 31.7890                 | 63.5780                       | 95.3670            | 127.1560                              | 158.9450                 | 148.3487 | 137.7523 | 127.1560 | 116.5597 | 105.9633  |
| Pago de capital          | 0.0000                  | 0.0000                        | 0.0000             | 0.0000                                | 0.0000                   | 22.2630  | 22.2630  | 22.2630  | 22.2630  | 22.2630   |
| Costos de financiamiento | 1.2716                  | 2.5431                        | 3.8147             | 5.0862                                | 6.3578                   | 5.9339   | 5.5101   | 5.0862   | 4.6624   | 4.2385    |
| Flujo total              | 1.2716                  | 2.5431                        | 3.8147             | 5.0862                                | 6.3578                   | 46.1949  | 45.7711  | 45.3472  | 44.9234  | 44.4995   |
| <b>VP</b>                | <b>158.3413</b>         |                               |                    |                                       |                          |          |          |          |          |           |

Fuente: El autor.

**Tabla 11. Esquema C**

| Esquema C                         | Monto de Pérdida | Manejo del Riesgo             | RoL Teórico | Prima Teórica de Transferencia | Tamaño de la capa |          |          |          |          |          |
|-----------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Capa H1                           | 806              | Transferencia                 | 3.90%       | 19.266                         | 494               |          |          |          |          |          |
| Capa H2                           | 312              | Transferencia                 | 4.80%       | 8.736                          | 182               |          |          |          |          |          |
| Capa H3                           | 130              | Retención                     | 6.60%       | 7.194                          | 109               |          |          |          |          |          |
| Capa H4                           | 21               | Retención                     | 21.50%      | 4.515                          | 21                |          |          |          |          |          |
| Capa T1                           | 104              | Transferencia                 | 4.40%       | 2.992                          | 68                |          |          |          |          |          |
| Capa T2                           | 36               | Transferencia                 | 5.30%       | 0.795                          | 15                |          |          |          |          |          |
| Capa T3                           | 21               | Retención                     | 7.10%       | 1.278                          | 18                |          |          |          |          |          |
| Capa T4                           | 3                | Retención                     | 21.50%      | 0.645                          | 3                 |          |          |          |          |          |
| Total Retenido H                  | 130              |                               |             |                                |                   |          |          |          |          |          |
| Total Transferido H               | 676              | Total Transferido por el País | 759         |                                |                   |          |          |          |          |          |
| Total Retenido T                  | 21               | Total Retenido por el País    | 151         |                                |                   |          |          |          |          |          |
| Total Transferido T               | 83               |                               |             |                                |                   |          |          |          |          |          |
| Año                               | 1                | 2                             | 3           | 4                              | 5                 | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       |
| Prima pagada                      | 31.7890          | 31.7890                       | 31.7890     | 31.7890                        | 31.7890           | 31.7890  | 31.7890  | 31.7890  | 31.7890  | 31.7890  |
| Retención financiada              | 175.0000         | 175.0000                      | 175.0000    | 175.0000                       | 175.0000          | 175.0000 | 175.0000 | 175.0000 | 175.0000 | 175.0000 |
| Capital acumulado en la facilidad | 175.0000         | 175.0000                      | 175.0000    | 175.0000                       | 175.0000          | 175.0000 | 175.0000 | 175.0000 | 175.0000 | 175.0000 |
| Retorno del capital               | 8.7500           | 8.7500                        | 8.7500      | 8.7500                         | 8.7500            | 8.7500   | 8.7500   | 8.7500   | 8.7500   | 8.7500   |
| Pago de capital                   | 0.0000           | 0.0000                        | 0.0000      | 0.0000                         | 0.0000            | 22.2630  | 22.2630  | 22.2630  | 22.2630  | 22.2630  |
| Costos de financiamiento          | 7.0000           | 7.0000                        | 7.0000      | 7.0000                         | 7.0000            | 7.0000   | 7.0000   | 7.0000   | 7.0000   | 7.0000   |
| Flujo total                       | 30.0390          | 30.0390                       | 30.0390     | 30.0390                        | 30.0390           | 52.3020  | 52.3020  | 52.3020  | 52.3020  | 52.3020  |
| VP                                | 291.1674         |                               |             |                                |                   |          |          |          |          |          |

Fuente: El autor.

Tabla 12. Esquema D

| Esquema D                                | Monto de Pérdida | Manejo del Riesgo             | Rol. Teórico | Prima Teórica de Transferencia | Tamaño de la capa |          |          |          |          |          |
|--|------------------|-------------------------------|--------------|--------------------------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Capa H1                                  | 806              | Transferencia                 | 3.90%        | 19.266                         | 494               |          |          |          |          |          |
| Capa H2                                  | 312              | Transferencia                 | 4.80%        | 8.736                          | 182               |          |          |          |          |          |
| Capa H3                                  | 130              | Retención                     | 6.60%        | 7.194                          | 109               |          |          |          |          |          |
| Capa H4                                  | 21               | Retención                     | 21.50%       | 4.515                          | 21                |          |          |          |          |          |
| Capa T1                                  | 104              | Transferencia                 | 4.40%        | 2.992                          | 68                |          |          |          |          |          |
| Capa T2                                  | 36               | Transferencia                 | 5.30%        | 0.795                          | 15                |          |          |          |          |          |
| Capa T3                                  | 21               | Retención                     | 7.10%        | 1.278                          | 18                |          |          |          |          |          |
| Capa T4                                  | 3                | Retención                     | 21.50%       | 0.645                          | 3                 |          |          |          |          |          |
| Total Retenido H                         | 130              |                               |              |                                |                   |          |          |          |          |          |
| Total Transferido H                      | 676              | Total Transferido por el País | 759          |                                |                   |          |          |          |          |          |
| Total Retenido I                         | 21               | Total Retenido por el País    | 151          |                                |                   |          |          |          |          |          |
| Total Transferido T                      | 83               |                               |              |                                |                   |          |          |          |          |          |
| Año                                      | 1                | 2                             | 3            | 4                              | 5                 | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       |
| Prima pagada                             | 0.0000           | 0.0000                        | 0.0000       | 0.0000                         | 0.0000            | 31.7890  | 31.7890  | 31.7890  | 31.7890  | 31.7890  |
| Prima financiada                         | 31.7890          | 63.5780                       | 95.3670      | 127.1560                       | 158.9450          | 148.3487 | 137.7523 | 127.1560 | 116.5597 | 105.9633 |
| Retención financiada                     | 175.0000         | 175.0000                      | 175.0000     | 175.0000                       | 175.0000          | 175.0000 | 175.0000 | 175.0000 | 175.0000 | 175.0000 |
| Capital acumulado en la facilidad        | 175.0000         | 175.0000                      | 175.0000     | 175.0000                       | 175.0000          | 175.0000 | 175.0000 | 175.0000 | 175.0000 | 175.0000 |
| Financiamiento (capital facilidad+prima) | 206.7890         | 238.5780                      | 270.3670     | 302.1560                       | 333.9450          | 311.6820 | 289.4190 | 267.1560 | 244.8930 | 222.6300 |
| Retorno del capital                      | 8.7500           | 8.7500                        | 8.7500       | 8.7500                         | 8.7500            | 8.7500   | 8.7500   | 8.7500   | 8.7500   | 8.7500   |
| Pago de capital                          | 0.0000           | 0.0000                        | 0.0000       | 0.0000                         | 0.0000            | 22.2630  | 22.2630  | 22.2630  | 22.2630  | 22.2630  |
| Costos de financiamiento                 | 8.2716           | 9.5431                        | 10.8147      | 12.0862                        | 13.3578           | 12.4673  | 11.5768  | 10.6862  | 9.7957   | 8.9052   |
| Flujo total                              | -0.4784          | 0.7931                        | 2.0647       | 3.3362                         | 4.6078            | 57.7693  | 56.8788  | 55.9882  | 55.0977  | 54.2072  |
| VP                                       | 184.6356         |                               |              |                                |                   |          |          |          |          |          |

Fuente: El autor.

**Tabla 13. Comparación Entre Esquemas**

| <b>Esquemas</b>          | <b>Valor presente del flujo de caja para el país (10 años)</b> | <b>Fuente de financiamiento de la retencion</b> | <b>Organismo multilateral participa financiado</b> |
|--------------------------|--|---|--|
| Esquema de una sola capa | 1440   | NA  | No   |
| Esquema A                | 233.96   | País  | No   |
| Esquema B                | 158.34   | País  | Prima de Seguro                                    |
| Esquema C                | 291.16   | Organismo Multilateral                          | Riesgo retenido por el país                        |
| Esquema D                | 184.63   | Organismo Multilateral                          | Prima de seguro + riesgo retenido.                 |

## 8. Conclusiones

El presente documento fue orientado a hacedores de política pública con un vínculo en materia de gestión de riesgos catastróficos.

Se expuso una breve introducción al marco teórico de la gestión del riesgo, se analizaron a diversos agentes económicos, i.e., los individuos, agentes especializados en riesgos como las aseguradoras y reaseguradoras. Se analizó nuevas fuentes de capital para el manejo de riesgos, particularmente los catastróficos. Finalmente, se introdujo al gobierno como un agente que también gestiona riesgos, se concluyó que si bien el análisis teórico es un terreno virgen, existe suficientes elementos para proponer esquemas que redunden en una eficiente manejo del riesgo tal que maximice el bienestar de una economía.

Se analizaron los mercados de seguros y reaseguro, debido fundamentalmente a que el marco teórico de manejo de riesgos, nació a partir de buscar una mejor comprensión de dichos mercados. Se analizó también al mercado de capitales, como fuente alterna de capital para financiar pérdidas catastróficas. En el caso del gobierno como agente económico, se explicó que dada su naturaleza y potencial cuantía de las pérdidas, el financiamiento de pérdidas catastróficas tiene diversas aristas, para cada una de ellas, debiese construirse esquemas particulares.

Se analizaron la experiencia en los cada uno de los agentes analizados, en el mercado de seguros, se expuso lo desarrollado del mismo, la complementariedad del mercado de capitales con el mercado de seguros, en ambos casos buscando aprender de la gran experiencia en el manejo de riesgos catastróficos de las aseguradoras y reaseguradoras. Finalmente, para el sector público se analizó el caso de diversos países que han desarrollado esquemas catastróficos.

En el caso del análisis del riesgo, se analizaron la cuantificación y modelación del riesgo, como factor determinante en la comprensión del riesgo, mismo que se constituye como la piedra angular para el manejo eficiente del riesgo.

Respecto a la prevención y mitigación del riesgo, se enfatizaron como factores determinantes en el manejo eficiente de los riesgos, se mostró la experiencia de México y el cómo otras economías podrían verse beneficiadas por esquemas de prevención y mitigación del riesgo.

Se analizaron diversos modelos para valorar el riesgo y asignar un valor teórico en términos monetarios, de forma tal se analicen los costos y beneficios de transferir el riesgo del agente que gestiona el riesgo. Para ello se expusieron un modelo básico para aseguradoras y

reaseguradoras, un modelo para valorar cupones de bonos de catástrofe y el método de múltiplos para riesgo catastrófico, aplicable tanto a riesgo bursatilizado como contratos de seguros regulares.

Finalmente, se propuso cuatro esquemas aplicando todos los elementos analizados a lo largo del documento, a efecto de gestionar el riesgo de una economía pequeña en proceso de desarrollo. Se propusieron cuatro esquemas, en los cuales se enfatiza la importancia de que organismos multilaterales apoyen a dichas economías. Se demostró que con dicho apoyo, las economías reducen sus costos de financiamiento de pérdidas por catástrofes naturales al suavizar dicho financiamiento en el tiempo, lo que propicia además de los beneficios financieros citados, crear un marco propicio para la prevención y mitigación de los riesgos. Todo ello redundando en maximizar el bienestar social, al reducir potencialmente el número de muertes y afectados por desastres naturales.

Los esquemas son un ejemplo del potencial nicho de mercado que para un organismo multilateral podría desarrollar como gestor y asesor en riesgos catastróficos, las propuestas son material de discusión y pueden ser la punta de lanza para una discusión concreta del cómo gestionar los riesgos eficientemente de un país o grupo de países.

## Referencias

- Arrow, K.J. 1953. "Le role des valeurs boursieres pour la repartition la meilleure des risques". *Econometrie* (CNRS, Paris): 41-47.
- . 1963. "Uncertainty and the welfare economics of medical care". *American Economic Review* 53: 941-969.
- Arrow, K., y R. Lind. 1970. "Uncertainty and the evolution of public decision". *American Economic Review* 60(3): 364-378.
- Borch, K. 1962. "Equilibrium in a reinsurance market". *Econometrica* 30: 424-444.
- Bitran, D. 2001. "Programa Especial de Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastres 2001-2006: Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Prevención de Desastres de México". México, Distrito Federal, México: Secretaria de Gobernación, CENAPRED.
- Borensztein, E., E. Cavallo y P. Valenzuela. 2007. "Debt sustainability under catastrophic risk: The case for government budget insurance". Research Department Working Paper 607. Washington, DC, Estados Unidos: BID.
- Cardenas, V. et al. 2007. "Sovereign financial disaster risk management: The case of Mexico". *Environmental Hazards* 7: 40-53.
- Culp, C. 2006. *Structured Finance and Insurance: The ART of Managing Capital and Risk*. Hoboken, Estados Unidos: John Wiley.
- Debreu, G. 1959. *Theory of value*. Nueva York, Estados Unidos: John Wiley.
- Doherty, N. 1997. "Financial Innovation in the Management of Catastrophe Risk". Center for Financial Institutions Working Paper 98-12. Philadelphia, Estados Unidos: University of Pennsylvania, Wharton School of Business.
- Dionne, G. 2001. *Handbook of Insurance*. Huebner International Series on Risk, Insurance and Economic Security. Nueva York, Estados Unidos: Springer.
- Ehrlich, J. y G. Becker. 1972. "Market insurance, self insurance and self protection". *Journal of Political Economy* 80, 623-648
- Fisher, A. 1973. "Environmental externalities and the Arrow-Lind public investment theorem". *American Economic Review* 63(4): 722-725.
- Foldes, L.P., y R. Rees. 1977. "A note on the Arrow-Lind theorem". *American Economic Review* 67(2): 188-193

- Friedman, M., y L. Savage. 1948. "The utility analysis of choices involving risk". *Journal of Political Economy* 56: 279-304.
- Froot, K. 2001. "The market for catastrophe risk: A clinical examination". NBER Working Paper 8110. Cambridge, Estados Unidos: National Bureau of Economic Research.
- Froot, K. y P. O'Connell. 1997a. "On the pricing of intermediate risk: Theory and application to catastrophe reinsurance". NBER Working Paper 6011. Cambridge, Estados Unidos: National Bureau of Economic Research.
- . 1997b. "The pricing of US catastrophe reinsurance". NBER Working Paper 6043. Cambridge, Estados Unidos: National Bureau of Economic Research.
- Ghesquiere, F. y O. Mahul. 2007. "Sovereign Natural Disasters Insurance for Developing Countries: A paradigm shift in catastrophe risk Financing". World Bank Policy Research Working Paper 4345. Washington, DC, Estados Unidos: Banco Mundial.
- Grossi, P., y H. Kunreuther. 2005. *Catastrophe modeling: A new approach to managing risk*. Springer.
- Gurenko, E. 2004. *Catastrophe risk and reinsurance*. Londres, Reino Unido: Risk Books.
- Gurenko, E., y O. Mahul. 2003. "Combining Insurance, Contingent Debt and Self-Retention: An Optimal Corporate Risk Financing Strategy". World Bank Policy Research Working Paper 3167. Washington, DC, Estados Unidos: Banco Mundial.
- Gurenko, E., y O. Mahul. 2006. "The Macro Financing of Natural Hazards in Developing Countries". World Bank Policy Research Working Paper 4075. Washington, DC, Estados Unidos: Banco Mundial.
- Lane, M.N. 2001. "Analyzing the pricing of 2001 risk-linked securities transactions". Wilmette, Estados Unidos: Lane Financial LLC. <http://www.lanefinancialllc.com>
- Lintner, J. 1965. "Security prices, risk and maximal gain from diversification". *Journal of Finance* 20: 587-615.
- Markowitz, H.M. 1959. *Portfolio selection: Efficient diversification of investment*. Nueva York, Estados Unidos: John Wiley.
- Mechler, R. 2004. "Financing natural disaster risk in developing countries: The case of Honduras". Presentación ante la International Institute for Applied Systems Analysis, 10 de mayo.

- Neumann, J., y O. Morgenstern. 1947. *Theory of games and economic behavior*. Princeton, Estados Unidos: Princeton University Press.
- Pratt, J. 1964. "Risk aversion in the small and in the large". *Econometrica* 32: 122-136.
- Rothschild, M., y J. Stiglitz. 1970. "Increasing risk: I. A. definition:". *Journal of Economic Theory* 2: 225-243.
- Savage, L. 1954. *Foundation of statistics*. Nueva York, Estados Unidos: John Wiley.
- Sharpe, W. 1964. "Capital assets prices: a theory of market equilibrium under condition of risk". *Journal of Finance*, 19, 425-442.
- Wang, S. 2004. "Cat bond pricing using Probability Transforms". *Geneva Papers* 278: 19-29.
- Ye, T., M. Yokomatsu y N. Okada. 2007. "Optimal combination of international and intertemporal diversification of disaster risk: Role of government". *Annual of Disaster Prevention Research (Kyoto University)* 50B: 225- 232.
- <http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/dat/nenpo/no50/ronbunB/a50b0p23.pdf>