



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"ELEMENTOS ACTUARIALES PARA LA DETERMINACION DE LA PERDIDA MAXIMA PROBABLE"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
ACTUARIA
PRESENTA:
MARIA FERNANDA CORTINA LEON



DIRECTOR DE TESIS: ACT. PEDRO AGUILAR BELTRAN

MEXICO, D. F.

DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES



2000

FACULTAD DE CIENCIAS SECCION ESCOLAR

274687



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD DEL
ATLÁNICO DE
MÉXICO

MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO
Jefa de la División de Estudios Profesionales
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

"ELEMENTOS ACTUARIALES PARA LA DETERMINACION DE LA PERDIDA
MAXIMA PROBABLE"

realizado por MARIA FERNANDA CORTINA LEON

Con número de cuenta 9136174-1 , pasante de la carrera de ACTUARIA

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de tesis ACT. PEDRO AGUILAR BELTRAN
Propietario

Propietario ACT. LAURA MIRIAM QUEROL GONZALEZ *L.M. Q. G.*

Propietario ACT. AURORA VALDES MICHEL *[Firma]*

Suplente ACT. NOEMI VELAZQUEZ SANCHEZ *Noemi Velazquez Sanchez*

Suplente ACT. LUIS ARMANDO LUNA GAMBOA *[Firma]*

Consejo Departamental de Matemáticas
M. en A. P. MA. DEL PILAR ALONSO REYES

AGRADECIMIENTOS

A MI MADRE:

*POR TODA TU FUERZA Y AMOR QUE ME HAS DADO, Y ESE APOYO
INCONDICIONAL PARA LOGRAR UNA META MAS EN MI VIDA.
SIN TI NO SOY LO QUE SOY Y CONTIGO SIEMPRE ESTARA MI
CORAZON.*

TE AMO MAMA.

A MI ABUELITA IRENE

*SABIENDO QUE EN EL FONDO DE MI ALMA SIEMPRE HA
RESPLANDECIDO LO MAS GRANDE QUE ME DISTE: LA FE.*

A MIS HERMANAS LORENA Y CLAUDIA

POR SU AMOR Y APOYO, COMPARTIENDO NUESTRAS VIDAS SIEMPRE.

A MI TIO FERNANDO

POR TU CARIÑO Y APOYO

A ARMANDO

POR TU CONFIANZA Y AMOR PARA TERMINAR ESTA META.

A NACHO

*MIS MEJORES MOMENTOS LOS HE COMPARTIDO CONTIGO
GRACIAS POR TU AMISTAD, LO LOGRE!*

*A TODOS MIS AMIGOS Y SINODALES QUE ME APOYARON A
TERMINAR ESTA ETAPA DE MI VIDA, A MI DIRECTOR PEDRO
AGUILAR, Y MI AMIGO RAFAEL ZARAGOZA.*

GRACIAS SEÑOR POR TODAS LAS BENDICIONES QUE ME DAS

"TODO LO PUEDO EN CRISTO QUIEN ME FORTALECE"

(FILIPENSES 4:13)

Elementos Actuariales para la Determinación de la Pérdida Máxima Probable

INDICE

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. CAPITULO I EL RIESGO Y SU ANALISIS.....	3
1.1. Definición de Riesgo.....	3
1.2. La frecuencia, la severidad de los riesgos.....	3
1.3. Clasificación de los riesgos.....	7
1.4. La importancia económica en la prevención del riesgo..	8
1.5. Planeación estratégica de la administración de riesgos...	9
1.6. Proceso propuesto para un análisis de riesgo.....	9
1.7. Matriz de Riesgo.....	11
1.8. Retención y Transferencia del Riesgo.....	12
1.9. Los diferentes tipos de riesgos.....	13
1.10. Los riesgos típicos en la industria.....	15
1.11. Métodos de Evaluación de Riesgos.....	19
3. CAPITULO II LA PERDIDA MAXIMA PROBABLE Y EL SEGURO DE INCENDIO.....	34
2.1 Concepto de Siniestro máximo probable.....	34
2.2 Los distintos peligros o riesgos.....	35
2.3 Diferencias del SME y SMP entre los diferentes riesgos.	35
2.4 Bases Técnicas del P.M.L.....	37

2.5 Estimación del Siniestro máximo probable en Incendio..	39
2.6 Ejemplo de Calculo de PML.....	42
4. CAPITULO III	
LA PERDIDA MAXIMA PROBABLE EN LOS RIESGOS DE LA NATURALEZA.....	55
3.1 Estimación de la carga siniestral por evento para terremoto.....	55
3.2 Ejemplo Práctico para terremoto: Chile.....	59
3.3 Representación esquemática del concepto de Siniestro Máximo Estimado para peligros de la Naturaleza.....	65
3.4 Estimación de la carga siniestral por evento para tempestad.....	66
3.5 Estimación de la carga siniestral por evento para Inundación.....	68
3.6 Actualización Para El Cálculo Del PML De Terremoto En México.....	70
5. CAPITULO IV	
LA CUOTA DEL SEGURO DE TERREMOTO PARA UNA REGION ESPECIFICA.....	95
4.1 Antecedentes.....	95
4.2 Determinación de la cuota pura de riesgo.....	95
4.3 Cálculo de la cuota pura de riesgo con coaseguro y deducible a primer riesgo.....	99
4.4 Constitución de la reserva en el seguro de terremoto.....	101
4.5 Estudios de pérdidas esperadas por sismo en la ciudad de México	102

6. CONCLUSIONES.....	107
7. ANEXO I EL SEGURO DE TERREMOTO Y EXPLOSIÓN VOLCÁNICA.....	111
8. ANEXO II ESCALAS DE INTENSIDADES DE MERCALLI.....	128
9. ANEXO III HURACANES; ESCALAS DE INTENSIDADES SEGÚN SAFFIR/SIMPSON.....	130
10. BIBLIOGRAFIA.....	131
11. TABLAS.....	132

Introducción General

El concepto de pérdida máxima probable, con sus siglas en ingles P.M.L. (Possible/Probable Maximun Loss), es esencial para la determinación de tarifas en los seguros de las cosas, en particular en seguro de daños, como es terremoto, incendio, y otros riesgos catastróficos.

Este concepto está ligado al daño parcial que se puede producir sobre un bien por la ocurrencia de un evento fortuito. Esto se debe a que dada la ocurrencia de un siniestro¹ la pérdida que se produce sobre el objeto asegurado no necesariamente es total, es decir, el bien asegurado se puede ver afectado solo en alguna de sus partes.

La técnica de tarificación que se adopta en los seguros de daños, en ciertos ramos, considera la frecuencia con que ocurren los siniestros y el monto máximo que puede alcanzar la pérdida que produce el siniestro, a lo cual se le llama pérdida máxima probable. Este concepto solo se aplica en ciertos ramos tales como incendio, terremoto, tempestad, inundación, entre otros.

En la práctica común existen claros ejemplos de daños parciales tal es el caso de un incendio donde la pérdida se produce solo sobre la materia prima y no sobre la estructura del edificio que alberga dicha materia prima, asimismo se puede encontrar una gran diversidad de ejemplos en que la pérdida ocasionada sobre un bien no produce la pérdida total de dicho bien.

En el seguro de daños materiales, para un riesgo aislado y un peligro "normal" como incendio y /o explosión, se puede dar una respuesta en general suficientemente precisa a la cuestión del daño máximo posible mediante la determinación de la pérdida máxima probable.

Para eventos naturales como terremoto, tempestad o inundación, cuyo potencial siniestral puede ser bastante mayor que el de incendio, este patron no sirve, cierto que también en éste campo se utilizan el concepto de P.M.L., pero los métodos para su averiguación son a menudo poco claros y la información disponible es también insuficiente.

Para el asegurador hay diferencia esencial entre los peligros "convencionales " como incendio y explosión y los peligros catastróficos de las fuerzas de la naturaleza, como por ejemplo terremoto o tempestad.

En el caso normal, un incendio afectará a uno o a varios edificios; en el peor de los casos a todo un complejo o toda una planta de producción. En casos de eventos naturales, pueden

¹ Se entiende como siniestro el daño que se produce de un bien a raíz de la ocurrencia de un evento fortuito que se encuentra cubierto por un plan de seguros

resultar dañados o destruidos como riesgos individuales e incluso toda una cartera. En caso extremo, un terremoto puede afectar a una zona de 100,000 kilómetros cuadrados, y una tempestad o un huracán aun bastante más.

Es cierto que para un solo edificio la frecuencia de daños de incendio es ciertamente pequeña, pero para toda una cartera de determinado tamaño es relativamente elevada y bastante equilibrada. En cambio, la frecuencia de siniestros grandes originados por peligros de la naturaleza es normalmente baja, incluso en relación con toda una cartera.

Sin embargo, para poder estimar la pérdida máxima probable para dichos ramos, no es posible obtener un método de determinación en general dado que para eventos naturales como terremoto, inundación, tempestad, etc., el potencial siniestral puede ser distinto que el de incendio y/o explosión.

Por esto la estimación de la pérdida máxima probable para el seguro de incendio se expone en forma separada en el Capítulo II y para los riesgos de la naturaleza tales como terremoto, tempestad, inundación en el tercer capítulo, exponiendo en el Capítulo IV, un resumen de la base técnica para la cuota del seguro de terremoto para una región específica.

Por otra parte tener un análisis mas detallado referente ala definición y evaluación del riesgo, nos permite de forma más precisa estimar la pérdida máxima probable, exponiéndolo en el primer capítulo.

El objeto de ésta tesis es exponer los elementos técnicos que se utilizan en la determinación de la pérdida máxima probable para ciertos ramos, así como su aplicación en los seguros de daños.

Capítulo I

El Riesgo Y Su Análisis

1.1 Definición De Riesgo

El riesgo forma parte de nuestra vida diaria, manifestándose de diferentes maneras. Cuando nos transportamos en el automóvil para ir al trabajo, el riesgo de fallecer en un accidente automovilístico está presente, el riesgo de que alguien robe nuestro automóvil en la vía pública e incluso en el estacionamiento, y hasta el riesgo de una ama de casa de quemarse mientras cocina o seccionarse un dedo mientras corta verdura o carne.

El riesgo se manifiesta de diferentes formas aún en la vida cotidiana, pero de acuerdo con el Diccionario de la Lengua, riesgo, es la contingencia o proximidad de un daño y también cada una de las contingencias que puede ser objeto un contrato de seguros.

Por otra parte se define contingencia a todo aquello que puede o no puede suceder.

Para nuestro análisis de definición de Riesgo, la segunda definición es la que nos enfocaremos, es decir, "cada una de las contingencias que puede ser objeto un contrato de seguros" definiendo la contingencia o proximidad de un daño como "peligro".

1.2 La Frecuencia, Severidad Y Variación Del Riesgo.

El riesgo se puede definir como la probabilidad que se produzca un daño en las personas o en las cosas por las consecuencias que éste peligro conlleva, obteniendo un valor numérico permitiéndonos una aproximación más exacta entre varios sucesos.

Entonces cuando se define un riesgo debe pensar tanto en la probabilidad de que suceda como en las previsible consecuencias.

Por tanto, la Gerencia de riesgos será aquella actividad que analiza e interpreta las posibilidades de riesgos, estudiando su repercusión y adoptando medidas tendientes a su minimización, elevando costos de implantación y considerando posibilidades de transferencia, de forma que su ocurrencia no ponga en peligro el desarrollo normal o que en su caso el grado de afectación sea mínimo.

El análisis de los riesgos proporciona información suficiente a fin de estar en condiciones de una aceptable evaluación de los riesgos. Para su medición existen varias técnicas, pero se debe pensar en poder medirlo y jerarquizarlo, entendiéndose como medir el darle un valor al riesgo previamente mientras que jerarquizar implica conocer los recursos financieros de la empresa para conocer el orden de prioridad para la atención de los riesgos.

La evaluación se puede manejar con las siguientes preguntas:

- ¿Qué tan frecuente ocurren las pérdidas?
- ¿Qué tan graves pueden ser?
- ¿Que tanto pueden atentar contra la estabilidad financiera de la empresa?

La relación del impacto financiero de los riesgos casi no se aprovecha (el soporte que proporciona las técnicas contables y el análisis e interpretación de estados financieros). En otros países la evolución del impacto financiero, se ha desarrollado desde las reglas empíricas denominadas “ De Dedo” hasta el uso más sofisticados de simulacros financieros.

La evaluación de los riesgos se puede hacer mediante el uso de ciertas técnicas, las cuales se encuentran principalmente en tres áreas que son las Cuantitativas, las Cualitativas y la Valuación de Activos.

La evaluación de un riesgo se realiza tomando en consideración la ocurrencia de tres conceptos, severidad, frecuencia y variación.

1. Severidad

Por severidad se entiende a la magnitud de los daños o las pérdidas, fijadas en una cantidad monetaria existiendo cuatro tipos de severidades generalmente aceptadas, las cuales son:

- Severidad Absoluta

Es el registro de un siniestro en una cierta fecha y el importe de las pérdidas, por ejemplo el siniestro del 19 de septiembre de 1985 cuyo costo fue de 578 millones de dólares.

- Severidad Relativa

Es aquella en la que se relaciona un valor de los bienes con respecto a las pérdidas por siniestros, por ejemplo:

Inventario total	10 millones de dólares
Inventario de la bodega principal	2 millones de dólares
Suma asegurada de inventarios	8 millones de dólares
Siniestro al inventario	1 millón de dólares

La severidad relativa será	10% sobre el total de inventarios 50% sobre la bodega principal 12.5 sobre la suma asegurada
----------------------------	--

- Severidad Global

Es la acumulación de la pérdida en unidades monetarias en un lapso de tiempo determinado por ejemplo en el año de 1989, hubo una pérdida total acumulada de 379 millones de dólares por siniestro de incendio.

- Severidad Media

Es el promedio aritmético de las pérdidas por siniestros ocurridos en cierto lapso de tiempo.

A fin de tener una idea aproximada de las severidades relativas medias a continuación se presenta una relación ilustrativa.

Severidad	Porcentual por año	Riesgos
Baja	Menos de 5 %	Automóviles Gastos Médicos Transportes de carga
Mediana	Entre 5 % y 20%	Incendio y Coberturas adicionales Ramos técnicos Rotura de Maquinaria Equipo electrónico Vida Accidentes personales Cascos
Alta	Mayor a 20%	Riesgos Catastróficos (Terremotos, Inundaciones, Huracanes, Tornados, Contaminación, etc.) Riesgos únicos especiales raros o poco comunes

Una vez determinada la severidad de un riesgo, ésta debe ser ponderada por una medición de la probabilidad de que ocurra.

2. Frecuencia

Por frecuencia se entiende el número de veces que se presenta un evento en un cierto lapso de tiempo.

La frecuencia puede significar un dato histórico o una estimación a futuro. La primera ya ocurrió, la segunda puede ocurrir y por lo tanto es manejable en la Administración de Riesgos. Hay cuatro tipos de frecuencia generalmente aceptadas:

- Frecuencia absoluta

Es aquella que considera el número de veces que le ocurrió a un siniestro a un elemento individual, por ejemplo un vehículo ha chocado dos veces al año.

- Frecuencia Relativa

Se expresa en términos de porcentaje y relaciona el número de veces que se presenta un evento al número de exposiciones, por ejemplo una fábrica tiene seis plantas distribuidoras en la República Mexicana y ha habido dos siniestros en tres de ellas en el año.

- Frecuencia Global

Es aquella que acumula todos los eventos de un grupo o una colectividad en un lapso de tiempo, por ejemplo hubo veinte siniestros en el año en la planta de productos químicos.

- Frecuencia media

Es aquella que se obtiene de promediar las diferentes frecuencias de riesgos ocurridos en un tiempo determinado, ejemplo:

Año	Frecuencia
1988	18
1989	15
1990	26
1991	11
1992	9
1993	23

Promedio aritmético es $(18 + 15 + 26 + 11 + 9 + 23)/6 = 17$, por lo tanto se esperan 17 eventos en el período.

A fin de tener una idea aproximada de las frecuencias relativas medidas en las operaciones y ramos de seguros, a continuación se presenta una relación.

Frecuencia	Porcentaje por año	Riesgos
Baja	Menos de 20%	Incendio y Coberturas adicionales Montaje de maquinaria y obran civil Responsabilidad Civil General Seguro de vida
Media	Entre 20 y 50%	Rotura de Maquinaria Equipo electrónico Accidentes personales Cascos
Alta	Mayor a 50%	Robo y asalto Automóviles Gastos médicos Transporte de carga

3. Variación

Por variación se refiere a la forma en la cual se presentan los riesgos su severidad y frecuencia, con relación al tiempo, pudiendo ser:

- Uniforme creciente, constante o decreciente.
- Desigual. Cuando la ocurrencia del riesgo se presenta sin que permita establecer algún tipo de pronóstico.

Desde este punto de vista, es mayor la gravedad de un riesgo que se presenta en forma desigual, que aquel que se presenta en un grado uniforme.

1.3 Clasificación De Los Riesgos

Desde un punto de vista global un Gerente de riesgos puede hacer tres posibles actuaciones:

- Eliminarlo
- Reducirlo
- Aceptarlo

Al hablar de eliminar un riesgo podemos pensar en desaparecerlo como arte de magia, pero esto no siempre es posible.

Por ejemplo, retomando el caso del riesgo de morir en un accidente automovilístico al transportarnos al trabajo o a la escuela, lo podemos eliminar no usando el coche e incluso no saliendo de casa, pero esto no es posible. Sin embargo en algunos casos sí lo es, por ejemplo en una gasolinera prohibir estrictamente fumar y apagar el motor del coche cuando se permanece en el lugar, es eliminar el riesgo de que se provoque un incendio o una explosión.

Es importante dejar en claro el significado de la palabra riesgo, pues en el sector asegurador, riesgo se puede referir al propio peligro y a veces del propio bien expuesto al peligro.

El Gerente de riesgos tiene la misión de identificar y prevenir el riesgo minimizando los siniestros y haciendo un correcto análisis de asunción o transferencia de Riesgo

La reducción del riesgo es aquella que en algunas ocasiones se da con mayor facilidad efectuando actuaciones que llevan a su minimizando, por ejemplo la construcción de un almacén en hormigón armado reduce el peligro de incendio respecto a un tinglado de madera o la realización de un túnel de desvío de la construcción de una presa, reduce el riesgo de inundación en la fase de ejecución.

La prevención es quizás la labor en donde el Gerente de Riesgo puede efectuar una tarea más eficaz toda vez que lo que se trata es de minorar las consecuencias del daño, que un determinado peligro puede generar, así una instalación de rociadores no evita el incendio pero si funciona correctamente limitará sin duda el daño a la zona de apertura.

1.4 La Importancia Económica En La Prevención Del Riesgo.

Como se mencionó antes hay casos en los que el riesgo no se pueden eliminar y no queda otra opción que afrontando las posibles consecuencias que puedan suceder, de tal forma que podamos reducirlo por medio de la prevención.

Muchas de las industrias prefieren no "invertir" en cuanto a elementos de calidad que pueden en, determinado momento, reducir cualquier riesgo. Por ejemplo, en construcción de edificios, las organizaciones de control de calidad evalúan en el 1% el costo de sus servicios, sin embargo, los estudios realizados sobre la incidencia que los daños producidos por la inexistencia de control representan, sitúan los costos en un 10% del valor de la edificación.

Con una sencilla operación matemática, si el costo del control es del 1% y el costo del no-control es del 10%, el control no cuesta dinero, sino más bien ahorra el 9%.

En general tendremos que evaluar costos de protección y pérdidas esperadas, en caso de no existir *medidas de protección*, reflejando los mismos en un gráfico que nos permita optimizar la inversión, puesto que en algunos casos el gasto desmesurado en medidas de prevención no ofrece disminuciones tangibles en las posibles pérdidas.

1.5 Planeación Estratégica de la Administración de Riesgos

El Gerente de riesgos tiene como objetivo general la administración de riesgos, es decir, *anticiparse a los acontecimientos y/o los previstos para después de los accidentes*, es por eso que se sugiere tener una buena planeación estratégica dentro de la empresa que cubra lo anterior.

Como estrategia de supervivencia para administración de riesgos se puede referir:

1. Definir su misión. Es decir, definir la existencia del departamento de administración de riesgos tanto su autoridad que tiene en la empresa o industria como sus necesidades, objetivos generales y organización.
2. Formulamiento de sus metas. Programas a largo o corto plazo.
3. Análisis del ambiente. Visión del observador externo así como interno de su programa de administración de Riesgos.
4. Selección de Estrategias. Procesos de Planeación y metas establecidas.
5. Desarrollo de programas Complementarios de estrategias.
6. Producir planes financieros de largo alcance cuando menos abarcar cinco años, considerar: desarrollo de programas, uso de cautivas, incrementar deducibles, retención, reducción de límites de coberturas, conocer el mercado del seguro local, seleccionar cia. de seguros, seleccionar broker o asesor.

7. Considerar Planes de Contingencia

1.6 Proceso Propuesto Para Un Análisis De Riesgos.

Como primer punto es importante reconocer los potenciales peligros a los que está expuesto nuestro bien ya sea una persona o cosa, así como valorar las consecuencias económicas de los mismos.

Se propone un proceso lógico de la siguiente manera:

- Susceptibilidad de las distintas materias primas, aditivos de proceso, productos intermedios y productos terminados, al fuego, a la humedad, explosividad, toxicidad,...
- Potenciales peligros del proceso, tales como auto ignición, explosión, recalentamiento de piezas, derrames, fallos informáticos.
- Dependencias energéticas, fallo de suministros, agua, luz, vapor, etc.

Con objeto de establecer un criterio de estudio, cada peligro puede ser enumerado determinando sus posibles causas, lugar en donde se produce, consecuencias inmediatas, valorización de dichas consecuencias y probabilidad de ocurrencia, teniendo en cuenta que las consecuencias de un peligro determinado pueden ser a su vez origen de nuevos daños.

Así por ejemplo, el choque de una carretilla en un tanque de disolventes puede producir el *derrame del mismo con la consiguiente pérdida económica*, pero a su vez puede existir un punto caliente que genera su inflamación y el consiguiente incendio generalizando en la nave almacén.

Tendríamos pues un cuadro genérico encabezado por:

No.	Peligro	Causa	Lugar	Consecuencia	Valoración	Probabilidad
-----	---------	-------	-------	--------------	------------	--------------

Como siguiente paso es valorar las consecuencias económicas con mayor o menor precisión, incluso apoyándose en conceptos globales tales como, daños insignificantes, pequeños, críticos o catastróficos que puedan reflejar el impacto que el peligro en estudio supone para la industria.

Sin embargo no perdamos de vista, que existen peligros con consecuencias pequeñas pero su probabilidad de ocurrencia hacen que las consecuencias sean de mayor consideración, por ejemplo el botín que se llevaría una banda organizada tras el robo de un banco como el *Crédit Suisse*, en Suiza, sería sin duda mucho mayor que el que se obtiene robando un cajero automático, sin embargo la probabilidad que el primer caso ocurra es más reducida, por su vigilancia y prevención contra robos, mientras que a diario se producen acciones contra cajeros o pequeñas sucursales bancarias.

El siguiente paso es el análisis de la probabilidad de ocurrencia, siendo en algunos casos muy fáciles y en otros más complicados. Por ejemplo, si analizamos el peligro de inundación de una factoría situada en las proximidades de un río, contamos probablemente con el conocimiento de distintos caudales para distintos periodos de retorno, lo cual quiere decir, que si el caudal X tiene un período de retorno Y, el caudal X se produce una cada Y años, esto es, la probabilidad de que se produzca en un año la avenida de caudal X, tiene una probabilidad de $1/Y$.

Sin embargo si analizamos el peligro de explosión de explosión de la caldera de licor en una papelera, tendremos menos elementos de juicio para evaluar la probabilidad de ocurrencia, debiendo buscar estadísticas siniestralas o jugar con términos cualitativos, tales como, frecuente, esporádico, raro, improbable, etc.

1.7 Matriz De Riesgo

Sin duda el producto probabilidad por consecuencia es lo más básico que se maneja en el análisis de riesgos, pensando en aquellos riesgos donde la probabilidad de siniestro es reducida pero que su ocurrencia puede tener consecuencias irreparables que tenemos que estar preparados.

Se debe contar con un método práctico y sencillo para aquellos riesgos que pueden ser generalizados y métodos con mayor elaboración y por tanto con un estudio complejo para su análisis y prevención, que por tal tardaría mucho más tiempo su cálculo.

Es por eso que para aquel riesgo donde se pueden reducir a un proceso corto y eficaz, se puede tomar en cuenta el siguiente planteamiento.

Si para la probabilidad de ocurrencia fijamos los términos:

- A. Improbable
- B. Raro
- C. Esporádico
- D. Frecuente

y para las consecuencias nos limitamos a:

- 1. Insignificante
- 2. Pequeño
- 3. Crítico
- 4. Catastrófico

Para cada peligro podríamos confeccionar una matriz de 4 x 4 que nos indicaría su situación dentro de las 16 posibles combinaciones

A				
B				
C				
D				
	1	2	3	4

Así si un peligro se evalúa como esporádico y de consecuencias pequeñas ocuparía la casilla 2C.

A				
B				
C		■		
D				
	1	2	3	4

1.8 Retención Y Transferencia Del Riesgo

En la innumerable lista de peligros con los que nos enfrentamos en nuestra industria, la probabilidad de que existan pérdidas o daños más o menos importantes a causa de estos, nos lleva a la necesidad de afrontarlos aceptarlos o transferirlos con la ayuda del seguro y el reaseguro.

Es importante señalar que la asunción o transferencia de un riesgo se basa en la regla de oro de no poner en peligro la estabilidad económica de nuestra industria a causa de la asunción de éste, es decir, que los daños ocasionados no interfieran de manera importante con el equilibrio económico y por tanto político existencial de la industria.

Es por eso que después de un análisis pormenorizado del riesgo optemos por la asunción o la transferencia del riesgo.

Siguiendo con el análisis de matrices, dentro de la matriz de cada peligro se puede fijar una línea que marque la separación entre aquello que se puede retener y aquello que se debe transferir.

Se generaría así una ficha del tipo anterior, en donde se reflejaría las zonas a asumir (sombreado) y las zonas a transferir (blanco).

A				
B				
C		■		
D				
	1	2	3	4

La evaluación y el análisis de las consecuencias que los distintos peligros acechan a la industria llevan a un gerente de riesgos a la realización de un examen minucioso de los datos para decidir que puede asumir y que debe transferir, para garantizar en caso de accidente la continuidad del negocio.

Es aquí donde el sector asegurador se involucra ofreciéndose a una compañía la transferencia de los riesgos no asumidos por él, solicitando su cotización, es decir, la fijación de la prima necesaria para hacer frente a los daños producidos por materialización de los peligros.

El gerente de riesgos se enfrenta en la mayoría de los casos, a negocios que no cuentan con estudios previo precisos sobre, los peligros existentes, sus probabilidades de ocurrencia y las consecuencias que en su caso conllevarían.

Muchas veces ni los propios asegurados conocen los peligros a los que están expuestos, por lo cual en la mayoría de las ocasiones solicitan directamente un seguro de forma genérica como paraguas que les cubra para cualquier eventualidad y son los gerentes de riesgos los que deben estudiar coberturas posibles y condicionados específicos que sobre la base de estadísticas de siniestralidad nos permite aplicar las tasas que en la teoría suministren las reservas necesarias para hacer frente a las indemnizaciones.

Aunque el número de riesgos hacen que se estudien éstos en forma casi mecánica, la correcta labor de la compañía aseguradora al menos en el sector industrial, debería partir de su adecuado conocimiento, con descripción de los peligros que puedan asegurarse, de las mínimas medidas de prevención y de la estimación del costo máximo que un siniestro pueda suponer.

1.9 Los Diferentes Tipos De Riesgos

Entre los diferentes tipos de riesgos mencionares los más comunes y un proceso práctico de prevención.

1. Riesgos a los que están expuestas las propiedades.

Incendio.

Evitar instalaciones eléctricas visibles o provisionales, y colocar las tapas faltantes a las cajas de registro que carezcan de ellas.

Todas las ubicaciones cuentan con extintores, por lo tanto a continuación se hacen las siguientes sugerencias:

- Que una persona no tenga que caminar mas de 15Km. para llegar a la unidad más cercana.
- Mantener libre el acceso a los mismos.

- Observar las recomendaciones del fabricante en cuanto a los periodos de recargo.
- Adiestrar al personal sobre su uso, llevando a cabo simulacros periódicos.
- Identificar la existencia de un extintor, colocando en una superficie de color contraste con su respectivo letrero.
Corto circuito, arco voltaico, electricidades atmosféricas y efectos similares de la energía eléctrica.

Elaborar programas de mantenimiento preventivo a sus equipos e instalaciones en general, revisando que los elementos de protección sean los adecuados.

2. Riesgos por actos delictuosos

Huelgas, Sabotaje:

Indudablemente que mantener buenas relaciones con el personal sindicalizado, es la mejor forma de reducir estos riesgos. Así mismo, los sueldos, gratificaciones, reparto de utilidades y en general los planes de beneficios para empleados, contribuyen para mejorarlas.

Robo y Asalto:

Dinero y Valores

- Repartir la nómina inmediatamente después de que ésta llegue a sus oficinas.
- Evitar el pago de aguinaldos y utilidades, que coincidan con los pagos de sueldos.
- Evitar que se acumulen fuertes cantidades en efectivo en las ventanillas, mediante periódicos depósitos en las bóvedas.
- Acordar con el servicio de protección que las entregas de efectivo se hagan directamente en la bóveda de las sucursales, y no en las ventanillas de atención al público.
- Recordarle al personal que en ningún momento deberá abandonar las camionetas blindadas y en caso de alguna emergencia, procurar que siempre esté custodiada mientras reciben ayuda.

Mobiliario de Oficina

En algunas ubicaciones llevan a cabo rondas de vigilancia, controladas con reloj de velador cuando se suspenden las labores; esto reduce la posibilidad de que sufran un robo.

Actos Fraudulentos de Personal

La implantación de buenos sistemas de control para vigilar constantemente al personal que maneja dinero y valores, reduce considerablemente este tipo de actos.

3. Riesgos que nacen de la Ley.

- Revisar periódicamente que los anuncios luminosos se encuentren en buen estado y bien instalados.
- Vigilar que los pisos sean los adecuados y se mantengan limpios para evitar que las personas sufran caídas.

1.10 Los Riesgos Típicos en la industria

Independientemente de los peligros específicos de un proceso productivo, cuyas características varían sensiblemente de unas industrias a otras, existen, desde la óptica de incendios, una serie de puntos específicos que como gotas de agua se repiten entre distintos tipos de riesgos.

Se recomienda en los informes de inspección dividir las recomendaciones en seis grandes grupos:

- Construcción
- Calefacción y aire acondicionado (climatización)
- Instalaciones eléctricas
- Materiales y mercancías (almacenamiento)
- Orden y Limpieza
- Alarma y extinción

Estos conceptos pueden llegar a ser elementos comunes de casi todos los tipos de industrias.

- a) Construcción

El comportamiento frente al fuego de las estructuras, la carga térmica de revestimientos y las posibilidades de transmisión de un incendio son fundamentales en el análisis de riesgo. que junto al establecimiento de recintos estancos por muros corta fuegos o por las separaciones existentes entre edificaciones, nos llevan a considerar recomendaciones puntuales comunes a la mayoría de las industrias, destacando entre ellas:

- Ignición de estructuras metálicas
- Sustitución de elementos combustibles en revestimientos, falsos techos y cubiertas
- Protección pasiva en pasos de cables y creación de corta fuegos en *grandes longitudes*
- Construcción de muros, colocación de puertas y cierre de pasos o conductos, tendentes a la creación de recintos estancos en zonas de peligrosidad especial

b) Climatización

Las instalaciones de calefacción y aire acondicionado pueden convertirse en focos de ignición o en elementos transmisores a través de conductos.

En general, debe ponerse especial cuidado a:

- Eliminación de elementos individuales de calefacción, sobre todo con llama directa y "artesanales".
- Seccionamiento de conductos de ventilación o aire acondicionado

c) Instalaciones eléctricas

Son sin duda los riesgos más comunes a todo tipo de industrias, y aunque existen normas legales tendientes a garantizar la idoneidad de las instalaciones, se realizan frecuentemente cambios puntuales a las que hay que prestar atención, así como al mantenimiento general de las mismas.

Por tanto, es frecuente tener que realizar una serie de recomendaciones, entre las que se puede señalar:

- Mantener cerradas las cajas de distribución
- Evitar instalaciones provisionales con especial cuidado a los trabajos realizados por *subcontratistas*
- Eliminar enchufes múltiples y vigilar el uso de aparatos individuales de calefacción o ventilación

- Disponer los puntos de luz en la vertical de espacios libres
- Comprobar la existencia de instalaciones protegidas o antideflagantes en puntos de especial riesgo (pinturas, disolventes, generación de polvo, etc.,)
- Proteger zonas de cableado que puedan verse afectadas por golpes o acciones directas de vapor o humedad

d) Almacenamiento

La zona de almacenes se corresponde usualmente con la mayor concentración de carga térmica, existiendo además cierta anarquía en función de la concentración de stocks que en cada momento puedan producirse.

Como ideas básicas a tener en cuenta se puntualiza:

- Procurar que la zona de almacenamiento constituya en lo posible recinto aislado, separando aquellas mercancías de especial carga térmica o riesgo (cartonaje, pinturas, disolventes, etc.,)
- Marcar listas de almacenamiento que dejen fácil acceso para poder atacar un incendio incipiente.
- Colocar cubetos de recogida en depósitos o almacenes de gases (bombonas, aerosoles, etc.,), poniendo especial cuidado en su apilamiento y manipulación.
- Aislar de la zona de almacenamiento el lugar destinado para cargar baterías de carretillas elevadoras.

e) Orden y limpieza

Sin duda alguna tenemos aquí un parámetro real para conocer la preocupación de una industria por la prevención de incendios y valorar consecuentemente el riesgo.

Infinidad de pequeños detalles podrían ser causa de posteriores siniestros, limitándose por cuestión de espacio y tiempo a significar los más representativos.

- Sujetar las bombonas de gases comprimidos a la pared y utilizarlas siempre en sus carros correspondientes.
- Prohibir el uso de calentadores o infiernillos en lugares no específicos.
- Realizar periódicamente la limpieza de residuos, embalajes, bidones, trapos, etc., de las zonas de producción o almacenamiento.

- Utilizar siempre papeleras ignífugas previstas de tapa.
- Proceder a la limpieza de polvo acumulado sobre bandejas de cables, tuberías o conductos, que puede favorecer la propagación de un incendio.
- Prohibir fumar en sitios específicos, disponiendo lugares especiales para tal fin si se considera preciso.
- No almacenar paletas de madera, bidones, etc., adosados al cerramiento de naves, de forma que reduzcan separaciones reales entre distintos edificios o puedan ser causas de inicio de incendio.
- Eliminar hierbas y matorrales exteriores que puedan propagar un fuego externo.
- Exigir permiso de fuego, firmado por el responsable de seguridad para iniciar cualquier trabajo de corte o soldadura.
- No obstruir puertas corta fuegos, pasos entre islas de almacenamiento, ni accesos a aparatos de extinción de incendios.

f) Alarma y extinción

El análisis de éste último punto depende fundamentalmente de las medidas que se hayan adoptado para dotar a la industria de adecuados sistemas para la rápida extinción de un incendio. De forma genérica deberán estudiarse previamente los sistemas de protección que se consideren necesario, recomendando su instalación siguiendo las normas internacionales o específicas del país, recogiendo seguidamente aspectos puntuales que inciden en el mantenimiento y buen uso de aquéllos.

- Señalizar los equipos de extinción
- Proteger hidrantes si se encuentran próximos a viales, así como BIE en zonas de paso de carretillas, rociadores accesibles desde el suelo.
- Disponer ventosas adecuadas para el levantamiento de falso suelo.
- Instruir al personal en el uso de los sistemas de extinción y elaborar un plan de emergencia.

Como punto final para todos los apartados, se deberá tener en cuenta el plan de mantenimiento programado, tanto para maquinaria de procesos como para instalaciones y sistemas de alarma y extinción.

1.11 Métodos De Evaluación De Riesgos

A continuación se presentan algunos de los métodos para evaluar los riesgos:

- **Criterio de Frecuencia de Pronty**

Este criterio clasifica a los riesgos según su probabilidad de ocurrencia en:

1. **Riesgo Poco Frecuente.** Si la probabilidad de pérdida es casi nula (prácticamente el evento no sucede).
2. **Riesgo Moderado:** Es aquel que sucede una vez en un lapso de tiempo.
3. **Riesgo Frecuente.** Es aquel que sucede regularmente.

- **Criterio de Gravedad**

Este criterio clasifica a los riesgos según el impacto financiero que tenga en la empresa en:

1. **Riesgo Leve.** El impacto financiero de las pérdidas se puede llevar contra el presupuesto de los gastos
2. **Riesgo Moderado.** El impacto financiero de las pérdidas hace necesario una autorización fuera del presupuesto para sobrellevarlo financieramente.
3. **Riesgo Grave.** El impacto financiero de las pérdidas afecta las utilidades pero se mantiene la continuidad de la empresa.
4. **Riesgo Catastrófico.** El impacto financiero de la pérdida pone en peligro la supervivencia de la empresa.

- **Método de Evaluación Probabilística**

Este modelo evalúa la probabilidad de ocurrencia.

Evaluación general. Califica según la frecuencia estadística de ocurrencia de cada riesgo, dicha clasificación es:

- **Altísima:** de horas a siete días
- **Muy Alta:** de una a cuatro semanas
- **Alta:** de uno a doce meses
- **Media:** de uno a diez años
- **Baja:** de diez a cien años
- **Muy baja:** de 100 a 500 años

- Remota: mayor a 500 años
- Cuestionario Sistemático

El cuestionario debe de ser revisado en su totalidad, dividiéndolo en subsistemas y analizándolo de acuerdo al cuestionario de Análisis de Riesgos.

El propósito del cuestionario es estimular la imaginación y la experiencia de los altos niveles organizacionales, quienes podrán colaborar a determinar las principales exposiciones de la pérdida.

El cuestionario de análisis de riesgos debe contar con los siguientes componentes:

1. Localización del riesgo: Se refiere al área física, al equipo empleado, los procesos, el trabajo, los materiales, etc.
2. Resultados de la Pérdida: Una vez que ocurriera el daño, determinar el mejor y el peor de los casos.
3. Causa de la Pérdida: Determinar las causas posibles de los riesgos.
4. Probable Costo de la Pérdida: Que se puede obtener mediante la siguiente expresión.

$$\text{Pérdida Máxima Posible} = \text{CH} + \text{CR} + \text{GE} + \text{RC} + \text{AP} + \text{GB}$$

Donde:

CH = Costo de Reposición
 CR = Costo de Restauración
 GE = Gastos Extras
 RC = Daños a Terceros y Responsabilidades Legales
 AP = Heridos y Lastimados
 GB = Interrupción de Operaciones

La Pérdida Máxima Posible, además debe reflejar los elementos de prevención para disimular la pérdida.

5. Nivel de Confianza de la Pérdida Máxima Probable. Se debe estimar en porcentaje el nivel de confianza para las estimaciones de las pérdidas máximas posibles y probables.
6. Frecuencia Estimada. Aquí se aplica la pregunta ¿Qué tan frecuente ocurrirá éste daño? Por ejemplo se puede establecer:

- Alto. Para eventos que puedan ocurrir una vez cada 5 años
- Moderado. Para eventos entre 5 y 50 años.
- Bajo. Para eventos de más de 50 años.

7. Controles Recomendables. Todos los controles sugeridos, para reducir la probabilidad de que el sistema pueda ser interrumpido por riesgos.

- **Análisis Preliminar de Riesgos**

Este sistema nos ayuda a identificar los principales problemas por áreas que nos ayudará a establecer los problemas identificados y soluciones en una sola página.

Las categorías de los riesgos que consideran, son condiciones tales como errores de las personas, el medio ambiente, características del diseño, deficiencias de procedimientos o fallas de componentes.

- Categoría 1 Leve. Puede lastimar sin herir o dañar a las personas
- Categoría 2 Marginal. Puede resultar a daños a las propiedades
- Categoría 3 Crítico. Pueden resultar heridas las personas y/o daños a las propiedades que requieren acciones correctivas inmediatas.
- Categoría 4 Catastrófico. Pueden causar heridas graves o hasta la muerte y/o diversas daños graves a las propiedades.

Las categorías de las propiedades son las siguientes y están relacionadas con las mejoras propuestas.

- A. Rutinarios: Programas de trabajo
- B. Especiales: En adición a lo programado
- C. Crítico: Requiere especial atención de la Administración
- D. Urgente: Medidas e inmediatas dictadas por la administración.

- **Método Simplificado de Evaluación de los Riesgos (MESERI)**

Contempla dos bloques diferenciados de factores.

1. Factores propios de las instalaciones

- 1.1 Construcción
- 1.2 Situación
- 1.3 Procesos
- 1.4 Concentración
- 1.5 Destructibilidad

2. Factores de protección

- 2.1 Extintores (EXT)
- 2.2 Bocas de Incendio equipadas (BIE)
- 2.3 Columna de hidrantes extintores (CHE)
- 2.4 Detectores automáticos de incendios (DET)
- 2.5 Rociadores automáticos (ROC)
- 2.6 Instalaciones fijas especiales (IFE)

Cada uno de los factores de riesgo se subdivide a su vez, teniendo en cuenta los aspectos más importantes a considerar, como se verá a continuación.

A cada uno de los factores se le aplica a un coeficiente dependiendo de que propicien o no el riesgo de incendio, desde cero en el caso más desfavorable, hasta diez en el caso más favorable.

Es importante señalar que este método es lo más aproximado al que se usa en el seguro de incendio para su tarificación.

A) Factores Propios de las Instalaciones.

1. Construcción

Altura del Edificio

Se entiende por altura de un edificio la diferencia de las cuotas entre el piso de la planta baja o último sótano y el forjado o cerchas que soportan la cubierta, es decir del piso al techo.

Número de Pisos	Altura	Coeficiente
1 o 2	Menor que 6 metros	3
3, 4 o 5	Entre 6 y 15 metros	2
6, 7, 8 o 9	Entre 15 y 30 metros	1
10 o más	Más de 30 metros	0

Entre el coeficiente correspondiente y el número de pisos y el de la altura se toma el menor

Si el edificio tiene distintas alturas y la parte más alta ocupa más del 25% de la superficie en planta de todo el conjunto, se tomará el coeficiente a esa altura.

Mayor Sector de Incendio

Se entiende por sector de incendio la zona del edificio limitada por elementos resistentes al fuego, (soporte 120 minutos). En caso de que sea un edificio aislado, se tomará su superficie total, aunque se tenga resistencia menor.

<u>Superficie</u>	<u>Coeficiente</u>
De 0 a 500m ²	5
De 501 a 1500 m ²	4
De 1501 a 2500 m ²	3
De 2501 a 3500 m ²	2
De 3501 a 4500 m ²	1
Más de 4500 m ²	0

Resistencia al Fuego

Se entiende como resistencia al fuego una estructura de hormigón o una estructura metálica (la cual es no combustible si es distinta de las dos anteriores. Si la estructura es mixta se tomará un coeficiente intermedio entre los datos de la tabla.

<u>Resistencia al Fuego</u>	<u>Coeficiente</u>
Resistencia al fuego (hormigón)	10
No combustible	5
Combustible	0

Techos Falsos

Se entiende como tal, a los recubrimientos de la parte superior de la estructura, especialmente en naves industriales, colocados como aislantes térmico, acústico o decoración.

Se consideran incombustibles a los clasificados como Mo y M1 (características del material) y los clasificados superior se consideran combustibles.

Techos Falsos	Coefficiente
Sin techos falsos	5
Con techos falsos incombustibles	3
Con techos falsos combustibles	0

II Factores de Situación

Son los que dependen de la ubicación del edificio. Se consideran dos:

Distancia de los Bomberos

Se tomará, perfectamente el coeficiente correspondiente al tiempo de respuesta de los bomberos, utilizándose la distancia como un orientador.

Distancia	Distancia de Bomberos Tiempo	Coefficiente
Menor de 5 Km	5 minutos	10
Entre 5 y 10 Km	entre 5 y 10 minutos	8
Entre 10 y 15 Km	entre 10 y 15 minutos	6
Entre 15 y 25 Km	entre 15 y 25 minutos	2
Mas de 15 Km	Mas de 25 minutos	0

Accesibilidad del edificio

Se clasificará de acuerdo con la anchura de la vía de acceso, siempre que cumpla con una de las otras dos condiciones de la misma fila o superior, de lo contrario se rebajará al inmediato inferior.

Accesibilidad Del edificio	Anchura de la vía de acceso	Puertas (Fachadas)	Distancia entre puertas	Coefficiente
Buena	Mayor a 4 metros	3	Menor a 25 metros	5
Media	Entre 2 y 4 metros	2	Menor a 25 metros	3
Mala	Menor a 2 metros	1	Mayor a 25 metros	1
Muy mala	No existe	0	Mayor a 25 metros	0

EJEMPLOS:

- A) Vía de acceso de 32 metros de ancho, con tres puertas y la distancia entre las puertas es mayor a los 25 metros. Accesibilidad media, cumple con la condición de anchura entre 2 y 4 metros y además hay entradas, coeficiente 3
- B) Vía de acceso de 3 metros de ancho, con una puerta y la distancia entre las puertas es menor a los 25 metros. Accesibilidad media, cumple con la condición de anchura entre 2 y 4 metros y la distancia entre puerta es inferior a 25 metros.
- C) Vía de acceso de 3 metros de ancho con una puerta y la distancia entre puertas es mayor a los 25 metros. Accesibilidad mala, cumple con la condición de anchura entre 2 y 4 metros, pero las otras condiciones están en filas inferiores, coeficiente 1.

III Proceso

Deben recogerse las características propias de los procesos de fabricación que realizan y productos utilizados.

Peligro de Activación

Intenta recoger la posibilidad del inicio del incendio. Se debe considerar fundamentalmente el factor humano, que con impudencia puede activar la combustión de algunos productos.

Otros factores son los relativos a las fuentes de energía de los riesgos:

- Instalación eléctrica. Centros de Transformación, redes de distribución de energía, mantenimiento de las instalaciones, protección y dimensiones correctas.
- Calderas de vapor agua caliente. Distribución de combustible y estado de mantenimiento de los quemadores.
- Puntos específicos peligrosos. Operación a llama abierta, como soldaduras y sección de barnizados.

<u>Peligro de activación</u>	<u>Coficiente</u>
Bajo	10
Medio	5
Alto	0

Carga Térmica

Se entenderá como la cantidad de calor, medida de MCA(miles de caloría) desprendida de los productos e incluyendo las partes combustibles del edificio. En este caso se considera.

<u>Carga Térmica</u>	<u>Coefficiente</u>
Baja Cuando $Q < 100$ MCAL/M2	10
Media Cuando $100 < Q < 200$ MCAL/M2	5
Alta Cuando $Q > 200$ MCAL/M2	0

Combustibilidad

Se debe considerar que tan combustible es el material y depende de la clasificación existente.

<u>Combustibilidad</u>	<u>Coefficiente</u>
Bajo M0 y M1	5
Medio M2 y M3	3
Alto M4 y M5	0

Orden y Limpieza

Se debe considerar el orden y la limpieza del lugar.

<u>Orden y Limpieza</u>	<u>Coefficiente</u>
Bajo	0
Medio	5
Alto	10

Almacenamiento en altura

Se ha hecho una simplificación en el factor de almacenamiento, considerado únicamente la altura, por entenderse que una mala distribución en superficie puede asumirse como falta de orden en el apartado anterior.

<u>Almacenamiento en altura</u>	<u>Coefficiente</u>
Menor se 2 m	3
Entre 2 y 4 m	2
Entre 4 y 6 m	1
Más de 6m	0

IV Factor De Concentración

Representa el valor en pesos del contenido de las instalaciones a evaluar. Es necesario tener en cuenta que las protecciones deben ser superiores en caso de concentraciones altas de capital.

<u>Factor de Concentración</u>	<u>Coefficiente</u>
Menor a \$150,000	3
Entre \$150,001 y \$500,000	2
Entre \$500,001 y \$750,000	1
Más de \$750,001	0

V Propagabilidad

Se entenderá como tal a la facilidad de propagarse el fuego dentro del sector del incendio; es necesario tener en cuenta la disposición de los productos y existencias, además de la forma del almacenamiento y los espacios libres de productos combustibles.

- En vertical

Se refleja la posible transmisión del fuego entre pisos atendiendo a una adecuada separación y distribución.

<u>En vertical</u>	<u>Coefficiente</u>
Bajo	5
Medio	3
Alto	0

Ejemplos:

- A) En un edificio con una sola planta no hay posibilidad de comunicación a otros. Coeficiente 5
- B) Un edificio de dos plantas, comunicadas por escaleras sin puertas contra el fuego en el que por problemas de congestión se almacena latas de barniz en la escalera. Coeficiente 0.
- C) Un taller de carpintería de madera de varias plantas sin puertas contra fuego entre las plantas. Coeficiente 3.

- En horizontal

Se medirá la propagación del fuego en horizontal, atendiendo también a la calidad y distribución de los materiales.

En Horizontal	Coficiente
Bajo	5
Medio	3
Alto	0

Ejemplos:

- A) Un taller metalúrgico, limpio, en que los aceites de mantenimiento se almacenen en un recinto aislado. Coficiente 5.
- B) Una nave de espumación de plásticos en molde abierto, sin pasillos de separación entre los productos y con un techo falso de porexpan. Coficiente 0.
- C) Una fábrica de calzado, con líneas independientes de montaje, separadas 5 metros, en condiciones adecuadas de limpieza. Coficiente 3.

- Destructibilidad

Se estudia la influencia del aumento de temperatura y existencia. Si el efecto es francamente negativo, se aplica el coeficiente mínimo. Si no afecta el contenido afecta el máximo.

- Calor

Se reflejará la influencia del aumento de temperatura en la maquinaria y existencias. Este coeficiente difícilmente será 10 ya que el calor afecta generalmente al contenido de las instalaciones.

Baja: Cuando las existencias no se destruyan por el calor y no exista maquinaria de precisión que pueda deteriorarse por dilataciones. Coficiente 10 (ejemplo, Almacén de ladrillos para construir)

Media. Cuando las existencias se degradan por el calor sin destruirse y la maquinaria es escasa. Coficiente 5 (ejemplo Fabricación de productos incombustibles, con escasa maquinaria)

Alta. Cuando los productos se destruyen por el calor. Coeficiente 0.

- Humo

Se estudiarán los daños por humo a la maquinaria y existencias.

Baja. Cuando el humo afecta poco a los productos bien porque no se prevé su producción o porque la recuperación posterior será fácil. Coeficiente 10 (Ejemplo: almacén de productos enlatados sin etiquetas).

Media. Cuando el humo afecta parcialmente a los productos o se prevé escasa formación de humo. Coeficiente 5.

Alta. Cuando los productos se destruyen por el humo. Coeficiente 0 (Ejemplo. Fabricación de productos alimenticios o fabricación productos farmacéuticos)

- Corrosión

Se tiene en cuenta la destrucción de edificios, maquinaria y existencias a consecuencia de gases oxidantes desprendidos en la combustión. Un producto que se debe tener especialmente en cuenta es el cloruro (CIH) producido en la descomposición del PVC.

Baja. Cuando no se prevé la formación de gases corrosivos o los productos no se destruyen por oxidación. Coeficiente 10 (ejemplo. Cerámica que no se utilicen envases de PVC, Fábricas de cemento).

Media. Cuando se prevé la formación de gases de combustión oxidantes, que no se destruyen por oxidación. Coeficiente 10 (ejemplo: Edificio de estructura de hormigón armado, conteniendo almacén de frutas).

Alta Cuando se prevé la formación de gases oxidantes que afectaran el edificio y/o la maquinaria de forma importante. Coeficiente 0 (ejemplo: Fábrica de juguetes con utilización del PVC en un edificio de estructura metálica).

- Agua

Es importante considerar la destructibilidad por agua ya que será elemento fundamental para conseguir la extinción del incendio.

Baja. Cuando el agua no afecte a los productos. Coeficiente 10

Media. Cuando algunos productos o existencias sufran daños irreparables y otros no. Coeficiente 5.

Alta. Cuando los productos y existencia se destruyan totalmente. Coeficiente 0.

B) Factores de Protección

La existencia de medios de protección adecuados se considera en este método de evaluación fundamentales para la clasificación del riesgo. Tanto es así, que con una protección total, la clasificación nunca sería inferior a 5.

Naturalmente, un método simplificación en el que se pretende gran agilidad, debe reducir la amplia gama de medidas de protección de incendios al mínimo imprescindible, por lo que solo se consideran las más usuales.

Los coeficientes a aplicar se ha calculado de acuerdo con las medidas de protección existentes en las instalaciones y atendiendo a la existencia o no de vigilancia permanente se entiende como vigilancia la operación permanente de una persona durante 7 días de la semana a lo largo de todo el año.

Este vigilante debe estar convenientemente adiestrado en el manejo del material de extinción y disponer de un plan de emergencia.

Se ha considerado también la existencia o carencia de medios tan importantes como la protección parcial de puntos peligrosos, con las instalaciones fijas especiales (IFE) sistema fijo de CO₂, halón y polvo y la disponibilidad de brigadas contra incendios (BCI).

	Sin Vigilante	Con Vigilancia
EXT	1	2
BIE	2	4
CHE	2	4
DET	0	4
ROC	5	8
IFE	2	4

- Extintores (EXT)
- Bocas de Incendio Equipadas (BIE): Para Riesgos Industriales debe ser de 40 mm de diámetro (No sirven las de 25mm).
- Columnas de Hidrantes Exteriores (CHE)

- Detectores Automáticos de Incendio: En este caso se considera también vigilancia a los sistemas de transmisión directa de alarma a bomberos y policías. Aun que no exista ninguna vigilancia en las instalaciones.
- Rociadores Automáticos (ROC)
- Instalaciones Fijas Especiales (IFE)

Se consideran aquellas instalaciones fijas distintas de las anteriores que protejan las partes más peligrosas del proceso de fabricación o la totalidad de las instalaciones. Fundamentalmente son:

- Sistema fijo de espuma de alta expansión
- Sistema de CO₂
- Sistema fijo de Halón

Observaciones

Entre las observaciones, se debe indicar cualquier construcción aledaña que pueda causar algún peligro, como una gasolinera.

Clasificación del Material Combustible

Con carácter únicamente, ya que las distintas composiciones, procesos de fabricación, espesores y formas de aplicación pueden variar la clasificación de un material, se relacionan seguidamente los valores de reacción al fuego de los productos más utilizados en la construcción.

M0

- Hierro y todas sus variantes
- Aluminocobre
- Bronce
- Latón
- Zinc
- Plomo
- Piedra natural en general
- Cemento
- Hormigón
- Aminato-cemento
- Arcilla y cerámica

- Lana mineral
- Fibra de vidrio
- Vidrio
- Yeso

M1

- Madera aglomerada ignifugada (clase especial)
- Policloruro de vidrio rígido
- Estratificados de melamina
- Estratificados de urea-formol

M2

- Madera aglomerada ignifugada (clase normal)
- Poliester reforzado con fibra de vidrio (ciertas clases)
- Moquetas de lana (100%), algunas pueden ser M3
- Poliolefinas ignifugadas

M3

- Madera en listones y tablonces de espesor superior a 10mm
- Madera aglomerada en espesores superiores a 14mm
- Poliamidas
- Resinas epoxi reforzadas con base incombustible
- Policloruro de vinilo (estratificados)
- Copolimero ABS
- Moquetas de poliamida, algunas pueden ser M4

M4

- Madera aglomerada en espesores inferiores a 14mm
- Polimetacrilato de metilo
- Tejidos de revestimiento mural y cortinajes de poliester
- Moquetas acrílicas de pelo corto y basamento de yute

M5

- Tejido de revestimiento (sin soporte) y cortinajes acrílicos (100%)
- Espuma de poliuretano
- Poliestireno expandido
- Moquetas acrílicas de pelo largo y basamento de proliproleno o espuma

Método de cálculo

Una vez complementado el correspondiente cuestionario de evaluación de riesgos se efectuará el cálculo numérico conforme las siguientes pautas.

Sea X la suma de todos los coeficientes correspondientes a los factores propios de las instalaciones.

Sea Y la suma de los coeficientes correspondientes a los medios de protección existentes.

El coeficiente de protección frente al incendio, se calculará aplicando la siguiente fórmula.

$$P = \frac{5X}{129} + \frac{5Y}{22}$$

En caso de existir brigada contra incendio (BCI) se le sumará un punto al resultado *obtenido anteriormente*.

El riesgo se considera aceptable cuando $P \geq 5$

Capítulo II

La Pérdida Máxima Probable Y El Seguro De Incendio

2.1 Concepto De Siniestro Máximo Probable

La retención que un buen gerente de riesgos debe de recomendar a su compañía ya sea asegurado, asegurador o reasegurador, debe basarse en su capacidad para hacer frente al pago de los posibles siniestros.

En el caso de consecuencias catastróficas, aunque el evento sea muy improbable, la cuantía de los daños puede incluso hacer necesario la intervención de varios aseguradores o reaseguradores para la transferencia del riesgo que fijarán su participación en función de la capacidad disponible para hacer frente al siniestro máximo.

Las siglas M.P.L., tienen dos palabras de claro significado.

M	=	Maximun	=	Máximo
L	=	Loss	=	Siniestro/Pérdida

Y una distinta interpretación

¿P	=	Possible?
¿P	=	Probable?

Pero de acuerdo con las definiciones de la CEA (Comité Europeenne des Assurances): "Siniestro máximo posible" S.M.P. ("Maximun Possible Loss", M.P.L.) es aquel que puede producirse en la ocurrencia de un modo más o menos extraordinario, de las circunstancias o situaciones más desfavorables, cuando el fuego no puede ser combatido y solo puede ser detenido por un obstáculo insalvable o por falta de alimento. *En general la pérdida máxima posible puede encontrarse cercana al 100 % cuando no existe dispersión de ubicaciones.*

"Siniestro máximo probable o estimado" S.M.E. ("Estimated Maximun Loss", E.M.L.), es aquel que puede producirse bajo las condiciones ordinarias de explotación, del uso y de defensa contra daños del edificio en cuestión, sin tener en consideración circunstancias extraordinarias (accidente o evento imprevisto) que podrían modificar esencialmente el riesgo.

En el primer caso estamos ante la máxima exposición para un determinado peligro, para el supuesto que ninguna de las medidas de prevención o protección funcionen, mientras que en el segundo damos por supuestas dichas medidas y evaluamos el alcance de los siniestros que pudieran producirse tras el adecuado funcionamiento de las mismas.

Fijar retenciones o capacidades en función del E.M.L. representa sin duda una decisión arriesgada, ya que los grandes llevan siempre tras de sí, una causa extraordinaria en quien nadie pensó como el siguiente ejemplo nos muestra.

Nos encontramos en una industria en la que nadie fuma, pero los niños jugando en los alrededores introducen una colilla en un contenedor de basura que se encontraba sin cerrar, el incendio del contenedor, adosado a una pared, provoca la ignición de ventanales y lucernarios de techo PVC, transmitiéndose a través de éstos últimos a toda una nave provista de rociadores, originándose múltiples focos de incendio que generan la apertura de más elementos de los provistos en el área de diseño, haciendo ineficaces a los mismos.

En resumen, el M.P.L. o E.M.L. no sólo nos presenta la cuantía máxima de nuestras pérdidas sino también involucra un análisis detallado de las medidas de protección y prevención frente la ocurrencia de diferentes escenarios de siniestros.

2.2 Los Distintos Peligros O Riesgos

Por estas razones la tarificación o el cálculo de la prima en base a la experiencia siniestral es posible para peligros convencionales. En cambio, para los peligros de la naturaleza faltan tales bases o éstas son demasiado poco sólidas. Puesto que los eventos siniestros de mayores proporciones son relativamente poco frecuentes, se tiende a subestimar las primas necesarias para cubrirlos.

Por otra parte, la denominada "ley de los grandes números" es decir el mejor equilibrio de los resultados con un creciente número de riesgos, no funciona con los peligros de la naturaleza. En una zona afectada por el mismo evento, cuanto mayor es la densidad de los riesgos tanto mayores serán también los daños.

2.3 Diferencias Del S.M.E. Y S.M.P. Entre Los Diferentes Riesgos.

S.M.E. y S.M.P. son una medida para el potencial siniestral del riesgo en cuestión, expresado en un importe de dinero o en porcentajes de la suma asegurada. Para su determinación se supone ciertos escenarios: para el S.M.E. el "evento normal" y para el S.M.P. un "caso extremo" con la intervención de una serie causal extraordinaria de circunstancias desfavorables.

Consiguientemente, las reglas para la cuantificación del S.M.E. y del S.M.P. para los escenarios de base y las suposiciones están fijadas de un modo *relativamente claro*. Por esta razón, los valores son un módulo confiable, aplicables en la determinación del potencial siniestral del riesgo en cuestión, al menos si han sido calculados con suficiente experiencia y bases técnicas.

De todas maneras, S.M.E. y S.M.P. de un riesgo individual no dicen nada sobre cuántas veces se producirá un correspondiente evento siniestral, y no puede predecirse con qué frecuencia es de esperar un tal siniestro.

Como consecuencia de lo dicho, la importancia de la información sobre la cartera asegurada en el caso de los peligros de la naturaleza es diferente que en relación con los peligros convencionales. Para poder calcular un posible monto siniestral de terremoto, tempestad o inundación, habrán de conocerse *primeramente los valores expuestos*, y de ser posible clasificados en base a su situación geográfica, tipo de riesgo o vulnerabilidad.

Si bien la suma total asegurada bajo terremoto en una zona determinada puede ser calculado por ejemplo mediante el denominado control *cúmulos*, con ello no está aún resuelta la cuestión de qué parte de ella puede resultar afectada en un evento de mayores proporciones o en un caso extremo.

Para peligros de la naturaleza y para carteras de riesgos se carece de un concepto similar claramente configurado. Si por ejemplo alguien dice que el S.M.E. de terremoto para la ciudad de México es del 12.5%, surge al respecto toda una serie de cuestiones:

- ¿Con qué escenario se obtuvo esta cifra?
- ¿Con qué frecuencia se presentará un siniestro de esta magnitud?
- ¿Es este 12.5% el límite superior absoluto, o puede también ser superado?
- ¿De qué gravedad fueron los daños causados por el terremoto de septiembre de 1985 en comparación con este S.M.E.?
- ¿A qué suma asegurada es aplicable el valor porcentual? ¿a la de una zona de cúmulo, a la de una zona de cúmulo, a la de toda la ciudad (3 zonas), o también ha de incluirse la zona circunvecina (Estado de México)?
- El valor del S.M.E., ¿es válido sólo para la suma total asegurada para edificios, o también están incluidas las pólizas de contenidos y de lucro cesante?
- ¿Cómo se determinaron el tipo de construcción y la calidad de los edificios asegurados?

- El SME, ¿se refiere únicamente a los daños producidos por la oscilación o también considera el peligro de “ incendio tras terremoto ” ?
- ¿Qué influencia tienen las condiciones de seguros originales (por ejemplo deducible) sobre del S.M.E.?
- ¿Cómo se tuvieron en cuenta las pólizas a primer riesgo?

Como puede verse, sin un previo concepto aceptable claro con suposiciones y condiciones límites determinadas, un valor de S.M.E. no es significativo para peligros de la naturaleza.

2.4 Bases Técnicas Del P.M.L.

La valuación del riesgo tiene dos componentes fundamentales, la frecuencia y la severidad, en la primera se tiene como base la ocurrencia del siniestro con relación a la masa de riesgos homogéneos expuestos. En la severidad, se trata de medir el monto del siniestro, por lo que se vuelve relevante conocer la distribución del monto de las reclamaciones, para determinar este valor.

La severidad promedio, se determina como un valor esperado cuando se conoce la función de distribución del monto de los siniestros, en efecto:

$$Sp = \int_0^{\infty} Sf(s) ds$$

Sin embargo, este concepto de “severidad promedio” es viable de aplicación cuando se tiene una cantidad suficiente de unidades económicas en riesgo, y cuyo valor es entre unas y otras tiene un alto grado de homogeneidad.

En ciertos riesgos es importante solo tomar en cuenta la frecuencia y tratar de determinar la prima como frecuencia aplicada al valor de M.P.L., particularizando el M.P.L. de cada riesgo. En términos de probabilidad, se puede ver el M.P.L. como el valor esperado máximo probable de la pérdida, bajo la hipótesis de la ocurrencia del siniestro.

$$P.M.L. = E(S/O)$$

En algunos riesgos es necesario plantearse la ocurrencia de siniestro en diversas condiciones realistas, y adoptar el supuesto que origine la pérdida más grande y probable.

$$P.M.L. = \text{Max}(PML1, PML2, \dots, PMLi) = \text{Max}(E(S1/O1), E(S2/O2) \dots E(Si/Oi))$$

Supongamos por ejemplo que se tiene una fábrica constituida por un almacén de materia prima, sala de máquinas, oficinas, contenedores.

Debido a que cada unidad del riesgo es distinta se pueden plantear cuatro escenarios. previendo que el incendio se origina en cada una de estas unidades de fuego.

Escenario 1.

El incendio se origina en el almacén de materia prima, en donde se concentra un capital correspondiente del 35%, distribuido en un 25% en materia prima y 10% en edificio e instalaciones. Al ocurrir el siniestro los daños producidos solo alcanzan ésta unidad de riesgo y no llegan a propagarse hacia las otras áreas por la distancia que existe entre ellas.

Los daños producidos en la materia prima son del 70% y en un 60% en edificios e instalaciones por las características que presenta, es decir:

- Daños en materia prima 70%: $70 \times 25/100 = 17.5 \%$
 - Daños en edificios e instalaciones 60%: $60 \times 10/100 = 6.0 \%$
-
- PML1= 24.5%

Escenario 2

El incendio se origina en la sala de máquinas, en donde se concentra un capital asegurado correspondiente al 25%, siendo un 20% en maquinaria e instalaciones y un 5% en edificio.

Por la alta tecnología de la maquinaria ésta solo sufre daños en un 45%, y un 80% en instalaciones, pero por el alto en producción existen pérdidas consecuenciales de hasta un 40% pues no sólo la producción se detiene sino la pérdida de la materia prima es total por ser de género perecedero. El edificio sufre un daño del 80%. De igual forma el fuego no se expande a las otras unidades de riesgo por existir una separación considerable entre ésta y las demás unidades. Por lo tanto:

- Daños en maquinaria 45%: $45 \times 20/100 = 9 \%$
 - Daños en instalaciones 80%: $80 \times 20/100 = 16 \%$
 - Daños en edificios 80%: $80 \times 5/100 = 4 \%$
-
- PML2= 29.0%

Escenario 3

El fuego se origina en las oficinas, en donde se concentra un capital asegurado correspondiente al 10%, correspondiendo un 5% a edificios y 5% a maquinaria e instalaciones. Al ocurrir el siniestro el fuego se propaga a los contenedores por la cercanía estas dos áreas, produciendo un daño total en los contenedores, donde su capital asegurado corresponde en un 40%. Por lo tanto:

- Daños a edificios 85%: $85 \times 10/100 = 8.5\%$
- Daños a maquinaria e instalaciones 80%: $80 \times 10/100 = 8 \%$
- Daños a los contenedores 100%: $100 \times 40/100 = 40 \%$

$$PML3 = 56.5\%$$

Escenario 4

El fuego se origina en los contenedores que corresponde a un 40% del capital asegurado. Los daños son totales y afectan al área de oficinas en un 30%, por lo tanto:

- Daños a contenedores 100%: $100 \times 40/100 = 40 \%$
- Daños a oficinas 30%: $30 \times 10/100 = 3 \%$

$$PML3 = 43.0\%$$

Por lo tanto la Pérdida Máxima Esperada se encuentra en el escenario 3.

2.5 Estimación Del Siniestro Máximo Probable En Incendio

En la estimación de valores se puede decir que tanto el M.P.L. como el E.M.L. no son términos exactos sino que dependen de numerosas variables y modificaciones que con el tiempo pueden efectuarse, tal que nos lleva a pensar que tiene que existir una continua actualización para garantizar su fiabilidad.

Situados en la planta industrial debemos conocer en detalle los distintos sectores en los que podamos subdividir el riesgo, valorando el continente o edificio, los equipos industriales y sus instalaciones, así como las existencias máximas que se encuentren en cada subdivisión.

Deberemos después imaginar los posibles escenarios de siniestro y evaluar sus consecuencias, lo que requiere de unos mínimos conocimientos técnicos sin los cuáles será difícil obtener cifras fiables, por ejemplo ante la existencia de billetes de banco en una cámara acorazada totalmente llena, alguien puede pensar la posibilidad de un siniestro catastrófico, sin embargo, a puerta cerrada, el oxígeno existente solo permite la combustión de un mínimo porcentaje del valor expuesto.

Lo usual por otra parte es que una empresa industrial importante tenga varias situaciones de riesgo, a veces incluso en países distintos, debiendo fijarse los valores de cada planta dentro del total para posteriormente estudiar los M.P.L. particulares, pudiéndose dar el caso de que el M.P.L. máximo no coincida con la situación del máximo capital asegurado.

Centrándose en una situación determinada y como anteriormente comentábamos, el cálculo de los M.P.L. o E.M.L. por otra parte de los aseguradores no es tarea fácil, ya que las pólizas de daños tienden a valorizaciones globales, lo cual dificulta las estimaciones de daños en sectores concretos y solo un análisis con la colaboración de personal asegurado nos permitirá una evaluación mas o menos correcta. Es recomendable la siguiente forma para estimar el M.P.L. o el E.M.L.:

- Visita a la planta
- Obtención de planos de distribución
- Fijar sectores de riesgo
- Determinar valoraciones de los distintos sectores
- Estudiar posibles escenarios de siniestros
- Evaluar las respectivas consecuencias

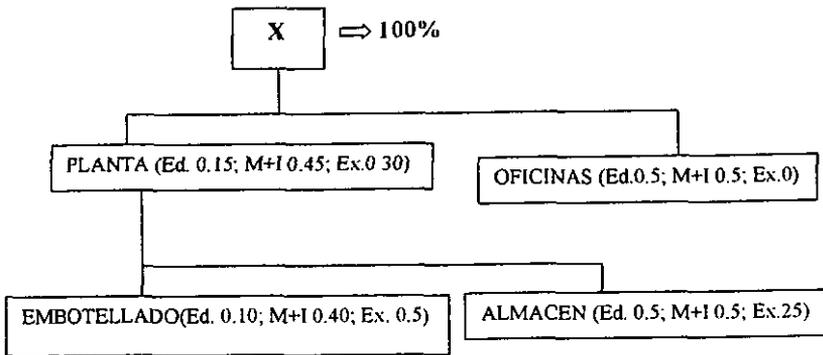
Como ya se mencionó en la sección anterior para estimar el M.P.L. es necesario plantearse distintos hipótesis (escenarios), de como se puede producir el siniestro. A continuación presentamos un ejemplo.

El capital asegurado en el riesgo X es de 100 millones de pesos. Dicho capital se distribuye en un 90% en la planta industrial y el 10% en las oficinas ubicadas a 15km de la planta.

Dentro de la planta hay dos sectores bien diferenciados, por un lado la línea de embotellado de agua y por otro el almacén de expedición donde se almacena el cartón y plástico de embalaje, la granza de PVC para la fabricación de botellas y los productos embalados. En la planta de embotellado la estructura del edificio es de hormigón armado, disponiéndose en ella la maquinaria y las existencias de proceso. En el almacén, el edificio es de estructura mecánica, existiendo sólo las máquinas de retractilado y envases en cajas de cartón.

La estimación de valores por sectores podría ser pues:

Edificios \Rightarrow 20%
 Maquinaria e Instalaciones \Rightarrow 50%
 Existencias \Rightarrow 30%



El origen del incendio que suponemos en las máquinas de embotellado, muestra el pésimo escenario, que afecta también a cintas transportadoras e instalaciones y en menos medida al edificio, dadas las características y la baja carga térmica, estimando:

- Daños en edificios 10%: $10 \times 10/100 = 1.0 \%$
 - Daños en maquinaria e instalaciones 60%: $60 \times 40/100 = 24.0 \%$
 - Daños en existencias 80%: $80 \times 5/100 = 4.0 \%$
- 29.0 %

En el almacén, la alta carga térmica de cartón y plástico, las cantidades almacenadas y las características estructurales del edificio, conjuntamente con el destino del producto para el consumo humano, nos hace estimar los daños producidos por un incendio generalizado en:

- Daños en edificios 80%: $80 \times 5/100 = 4.0 \%$
 - Daños en maquinaria e instalaciones: $100 \times 5/100 = 5.0 \%$
 - Daños en existencias: $100 \times 25/100 = 25.0 \%$
- 34.0 %

Veremos pues que a pesar del menor valor del sector almacén, el P.M.L. del riesgo se concentra en ésta zona, dependiendo del coeficiente de ignorancia, también llamado por los técnicos de seguridad, que queremos introducir si mantenemos como valor final el 34% o se incrementa por ejemplo al 40%.

Para la evaluación del E.M.L., el proceso es similar, debiendo introducir únicamente las protecciones existentes y su grado de efectividad, aunque como anteriormente comentábamos, sólo en riesgos especialmente protegidos como es el caso de centrales nucleares o plantas petroquímicas los resultados obtenidos tendrán la fiabilidad suficiente.

2.6 Ejemplo Del Cálculo Del P.M.L. En Incendio.

La empresa Central Lechera Iberoamericana se dedica en su factoría de la Rioja al norte de España al tratamiento integral de productos lácteos con una planta de tratamiento y envasado de leche y manteca, torres de leche en polvo, fábrica de yogures y almacenes generales con las correspondientes instalaciones energéticas. Además y para el servicio de los ganaderos de la zona tiene en el mismo recinto una fábrica de piensos.

Dentro del tratamiento y envasado de leche hay una sección que fabrica botellas de plástico con serigrafiado en las mismas del logotipo y marca comercial. Como complemento de los almacenes generales, cada fábrica tiene su propio almacén en donde se encuentra el cartón para la fabricación de cajas para embalaje y brik, además del retráctil para el envasado en palets termorretractilados. La producción está robotizada y comandada por un ordenador central ubicado en el edificio social.

Como primera instancia, se debe reconocer los peligros potenciales a los que esta expuesta nuestra industria con su respectiva incidencia en la industria.

Para el establecer la aceptación propia del riesgo y la transferencia al reaseguro, como gerentes de riesgos, es preciso evaluar el M.P.L. Conociendo los valores totales asegurados en continente, contenido y existencias, se evalúa la distribución porcentual, teniendo las siguientes conclusiones:

	Continente	Contenido	Existencias
Tratamiento y envasado de leche y manteca	40%	50%	25%
Fábrica de yogures	10%	20%	10%
Fábrica de leche polvo	10%	15%	15%
Fábrica de piensos	20%	10%	15%
Almacenes generales	10%	1%	35%
Varios	10%	4%	
Total	100%	100%	100%

Escenarios

Escenario 1

Supongamos que el incendio se origina en la planta de Tratamiento y Envasado de Leche y Manteca. Los daños producidos se estiman de la siguiente forma:

- Daños en continente 30%: $30 \times 40/100 = 12 \%$
- Daños en contenido 50%: $50 \times 50/100 = 25 \%$
- Daños en existencia 50%: $50 \times 25/100 = 12.5\%$

$$P.M.L. = 49.5\%$$

Escenario 2

Supongamos que el incendio se origina en la Fábrica de Yogures. Los daños producidos se estiman de la siguiente forma:

- Daños en continente 10%: $10 \times 10/100 = 1.0 \%$
- Daños en contenido 20%: $20 \times 20/100 = 4.0 \%$
- Daños en existencia 100%: $100 \times 10/100 = 10.0\%$

$$P.M.L. = 15.0\%$$

Escenario 3

Supongamos que el incendio se origina en la Fábrica de Leche en Polvo. Los daños producidos se estiman de la siguiente forma:

- Daños en continente 75%: $75 \times 10/100 = 7.5 \%$
- Daños en contenido 100%: $100 \times 15/100 = 15.0 \%$
- Daños en existencia 75%: $75 \times 15/100 = 11.25\%$

$$\text{P.M.L.} = 33.75\%$$

Escenario 4

Supongamos que el incendio se origina en la Fábrica de Piensos. Los daños producidos se estiman de la siguiente forma:

- Daños en continente 60%: $60 \times 20/100 = 12.0 \%$
- Daños en contenido 100%: $100 \times 10/100 = 10.0 \%$
- Daños en existencia 100%: $100 \times 15/100 = 15.0 \%$

$$\text{P.M.L.} = 37.0\%$$

Escenario 5

Supongamos que el incendio se origina en los Almacenes Generales. Los daños producidos se estiman de la siguiente forma:

- Daños en continente 40%: $40 \times 10/100 = 4.0 \%$
- Daños en contenido 100%: $100 \times 1/100 = 1.0 \%$
- Daños en existencia 100%: $100 \times 35/100 = 35.0\%$

$$\text{P.M.L.} = 40.0\%$$

Escenario 6

Supongamos que el incendio se origina Varios. Los daños producidos se estiman de la siguiente forma:

- Daños en continente 100%: $100 \times 10/100 = 10.0 \%$
- Daños en contenido 100%: $100 \times 4/100 = 4.0 \%$

$$\text{P.M.L.} = 14.0\%$$

P.M.L. Máximo es 40% Escenario 4.

Informe de Valorización de Riesgos

- Asegurado: Central lechera Iberoamericana
- Tipo de Riesgo: Tratamiento de leche y fabricación de productos lácteos alimentación animal.
- Situación: Tudelilla – La Roja – España
- Objeto del informe:

Primera inspección del riesgo (X)

Informe de seguimiento ()

Cumplimentación de medidas ()

Otros ()

- Fecha de visita: 5 junio –1998

- Coberturas Existentes:

Incendio y Daños materiales (X) Pérdida de Beneficios(X)

Avería de Maquinaria () Robo (X)

Deterioro en Cámaras (X) R.C. ()

- Coberturas en Estudio

Documentación

	Solicitada	Recibida
Plano de planta	(X)	(X)
Flujo de producción	(X)	()
Memoria ejercicio precedente	(X)	(X)
Fotografías	(X)	()
Memoria Constructiva	(X)	()

Plan de emergencia (X) (X)

Valorización en póliza (en miles de \$ USA)

- Continente 10,000
- Mobiliario 30,000
- Existencias máximas 25,000

Existencias en cámaras 2,000

Beneficios bruto 20,000

Beneficio neto 2,000

- Información sobre el riesgo

En general

- Año de construcción : 1980
- Plantilla: Propia : 450
- Subcontratas : 50

- Horario de trabajo : 3 turnos, 24 horas/día. 365 días/año.

- Actividad y características de las operaciones
(Diagrama de flujo, o en su caso esquematizaer proceso productivo)
(Gráfico de flujo en Draw)

- Fábrica de:

 - Tratamiento y envasado de leche
 - Recepción
 - Homogenización
 - Uperizado
 - Embbotellado
 - Fabricación botellas plástico
 - Serigrafiado
 - Envasado
 - Tetra Brik
 - Almacenamiento

- Yogures
 - Recepción
 - Fermentación
 - Envasado
 - Fabricación de envases
 - Serigrafiado
 - Almacenamiento

- Leche en polvo
 - Recepción
 - Secado
 - Extracción
 - Ensecado
 - Almacenamiento
 - Piensos compuestos

- Recepción
- Secado
- Molienda
- Homogenización
- Ensacado
- Almacenamiento

▪ Características de los edificios

Edificio industrial multiuso () Edificios exclusivos (X)

Número de plantas : 1
 Superficie total finca : 80.000 m2
 Superficie edificada en planta : 25.000 m2
 Superficie total edificada : 30.000 m2
 Alturas en plantas : 5 – 20 metros
 Estructuras :

Hormigón ()
 Acero (X)

Sin proteger (X)
 Protegida ()

Tipo de protección :
 Especificar características:

Mixta ()

Cerramientos externos : Bloque de hormigón

Cerramientos internos	:	Ladrillo ½ pie guarnecido con yeso
Cubierto	:	Fibro cemento Falsos techos de porexpan en fabricación
Lucernarios	:	Corridos en zona de almacenes
Elementos cortafuegos internos:		No hay
▪ Exposición a fenómenos externos		
Vecindad		Norte autovía A 68
Sur		Explotación Forestal
Este		plásticos del Norte
Oeste		Vía Férrea
Inundación:		Río Sequillo En verano las tormentas causan importantes crecidas Fábrica protegida con diques para períodos de retorno de avenidas de 50 años
Lluvias, tormentas y otros fenómenos climatológicos :		
		Fuertes tormentas en verano Vientos racheados de hasta 100 Km / hora
Terremotos. Grado sísmico:		Zona de grado sísmico IV
Volcanes:		No hay
Pasillo aéreo:		Fábrica en la vertical del pasillo de aterrizaje al Aeropuerto de Recayo (5 kms.) Frecuencia de tráfico reducida (20 vuelos diarios)
▪ Accesos		
Vías de acceso		Autovía A 68
Congestión		Baja
Parques de bomberos		A 10 kms. por Autovía
▪ Electricidad		

Suministro	Hidroeléctrica del Norte 1 Línea de entrada a 25,000 V.
Subestaciones	Varios transformadores de 500 a 2,000 KVA Relación de transformación 25,000/220-380 V
Grupos electrógenos	Grupo de emergencia para cámara frigoríficas
Cogeneración	No hay

▪ Instalación eléctricas

Instalaciones protegidas	(X)
Antideflagrante en zonas necesarias	()
Cajetines y cuadros eléctricos cerrados	(X)
Ausencia de enchufes múltiples	(X)
Carga baterías aislada y ventilada	()
Trafos protegidos	(X)
Pararrayos	(X)

▪ Calefacción y climatización

Elementos portátiles de calefacción	()
Elementos fijos o aerotermos	(X)
Centralizada por agua caliente o aire	()
Inexistente	()

▪ Calderas vapor

Producción en T/hora	10 T/h
Presión máxima	12 Kg/cm ²
Número de calderas	3
Tipo de combustible	Gasóleo

▪ Aire

Potencia instalada	200 CV
Presión máxima	14 Kg/cm ²
Tipo de motores	Eléctricos

- Líquidos y /o gases combustibles

Tipo de producto	Deposito	Capacidad	Protecciones
Gasóleo	Aéreo	2 x 30,000 l.	Sin protección

- Clasificación riesgo (CEPREVEN)

RL	ROI	ROII	RE()	()	(X)	()
)						

- Almacenes

Materias primas	
Materias intermedias	
Productos terminados	Embalaje y almacenamiento

Leche natural	Tanques refrigerados de acero inoxidable
Productos terminados	Almacenes junto a zonas de fabricación y almacén general.
Granza PVC	En zonas de fabricación de botellas y envases
Cartón/Tetra Brik	En almacenes junto a zonas de fabricación

Islas de almacenamiento y altura adecuada	()
Islas de almacenamiento y altura excesiva	(X)
Islas de almacenamiento y altura adecuada	()
Sin islas de almacenamiento y altura adecuada	()
Sin islas de almacenamiento	()

- Prohibición de fumar

	Sí	No	Sí
Necesaria	(X)	()	Conveniente ()
Existe	(X)	()	
Se cumple	()	(X)	Sólo se cumple en fabricación , No en almacenes

Hay lugares
Específico
para fumadores () (X)

▪ Trabajos de corte y soldadura

Cumplimentación del permiso escrito de trabajo () Si
() Subcontratistas
(X) No

▪ Mantenimiento

Adecuado (Contrato y programa escrito) ()

Aceptable (personal específico) (X)

Inadecuado ()

▪ Orden y Limpieza

Eliminación diaria de basuras (X)

Papeleras ignífugas y con tapa ()

Elementos de extinción libres y accesibles (X)

Ausencia de polvo /pelusa sobre bandejas (X)

Botellas gases amarradas ()

Limpieza exterior adecuada (X)

Puertas cortafuego libres y sin obstáculos ()

Paso de cables sellados ()

▪ Prevención y protección de incendios

Alarma

Vigilancia permanente : Si hay
Detectores
Instalación : No hay
Zonas Cubiertas :
Cuadros de control :

Pulsadores	:	Si hay
Por teléfono	:	En portería
Puesto de alarma	:	En portería

▪ Medidas Normales

Extintores	:	Si hay, suficientes y bien mantenidos
Bocas de incendio equipadas	:	Si hay

Suministro de agua:		
Reserva total	:	Red pública
Presión	:	6 / Kg/cm ²
Bombas	:	No hay

Distribución de agua	:	Hay junto a leche en polvo y yogures
Hidrantes	:	No hay
Monitores	:	No hay
Mangueras y lanzas	:	guardadas en portería

Cuerpo propio bomberos	:	
Número de personas	:	6 personas de mantenimiento
Equipo	:	Ligero

Cuerpo público bomberos	:	
Número de personas	:	6 personas de mantenimiento
Equipo	:	Ligero

Cuerpo público bomberos	:	
Distancia	:	10 Kms
Tiempo de llegada	:	10 minutos
¿Conocen el riesgo?	:	No

▪ Medidas especiales

Rociadores automáticos	:	Sólo en ciclones de leche en polvo
------------------------	---	------------------------------------

Presión		
Densidad (mm/m ²)		
Area cubierta (m ² /cabeza)		
Zonas cubiertas		
Suministro de agua		

Instalación de agua pulverizada	:	No hay
---------------------------------	---	--------

▪ Presión

Zonas cubiertas

Columnas : No hay

Húmedas

Secas

Zonas cubiertas

Otros sistemas fijos de protección :

CO2, polvo, halón espuma, agua ligera, anillos de vapor:

Descripción:

CO2 en transformadores

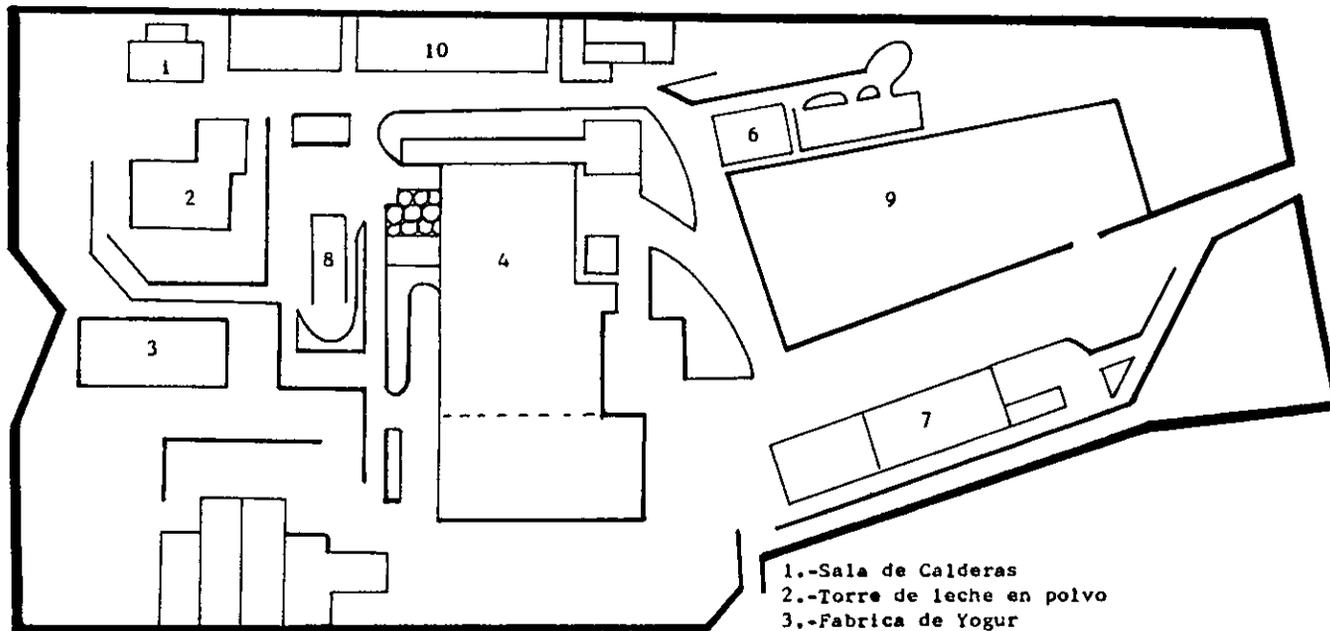
▪ Factores humanos y de seguridad

Jefe de seguridad con dedicación exclusiva	(X)
Grupo de prevención con tareas asignadas	()
Cursos de seguridad	(X)
Plan de emergencia	(X)
Mantenimiento instalaciones contra incendio	()
Presupuesto específico para seguridad C.I.	()
Salidas de emergencia	(X)
Alumbrado de emergencia	(X)

▪ Siniestralidad

Sin siniestros	(X)
Frecuencia reducida	()
Frecuencia elevada o alta siniestralidad	()

PLANO DE DISTRIBUCION DE RIESGOS DE LA CENTRAL LECHERA



- 1.-Sala de Calderas
- 2.-Torre de leche en polvo
- 3.-Fabrica de Yogur
- 4.-Tratamiento y Envasado de leche y manteca
- 5.-Almacenes Generales
- 6.-Edificio Social
- 7.-Fabrica de piensos
- 8.-Recepcion
- 9.-Estacionamiento
- 10.-Deposito de Agua

Capítulo III

La Pérdida Máxima Probable En Los Riesgos De La Naturaleza

3.1 Estimación De La Pérdida Máxima Probable Por Evento Para Terremoto

Como ya se mencionó, para la estimación de los daños en el ámbito de los peligros de la naturaleza no podemos tomar como base ni los valores de la experiencia ni conceptos conocidos y aceptados en general. Ciertamente se conocen SMÉs o SMPs para todos los peligros y zonas posibles, pero no así las consideraciones o los escenarios en que se basan. Por ello, para una cuantificación de los mismos estamos obligados a recurrir a un método de cálculo basado en la exposición de los valores asegurados y a adoptar un concepto adecuado.

Si reflexionamos sobre de qué depende la importancia del daño producido por un evento siniestral, surgen básicamente cuatro factores diferentes:

1. Peligro:
Frecuencia y fuerza de los terremotos en la región bajo consideración.
2. Vulnerabilidad:
Calidad de los intereses asegurados en relación con el peligro de terremoto.
3. Valores asegurados:
Importe y distribución de los compromisos bajo terremoto.
4. Condiciones de seguro:
Extensión y condiciones de la cobertura.

El método del cálculo basado en la exposición de los valores asegurados consiste en cuantificar independientemente estos cuatro aspectos y seguidamente en relacionarlos de modo apropiado.

Para poder cuantificar la exposición a terremotos deberemos conocer primeramente las unidades de medición. Para describir la fuerza de un terremoto hay dos escalas, que a pesar de ser básicamente diferentes en sus descripciones se confunden con frecuencia:

- Magnitud

La escala de las magnitudes, también llamada escala de Richter (su creador) da una medida para la cantidad de energía liberada en el terremoto. La magnitud se calcula en base a las oscilaciones del suelo registradas por sismógrafos. Se habla también de la "escala Richter abierta hacia arriba", dado que no puede fijarse un límite mayor. Los valores máximos registrados hasta ahora llegan a una magnitud de alrededor de 8.5. Dicho de modo muy resumido, los daños a los edificios son posible a partir de una magnitud de aproximadamente 5. También ha de decirse que ésta es una escala logarítmica. Una diferencia de un grado de magnitud supone aproximadamente un factor de 30 de diferencia en la energía liberada.

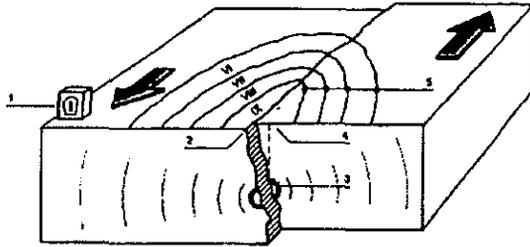
- Intensidad

La escala de intensidades no se basa en una medición, sino en la observación de los efectos del terremoto en las personas, en los edificios y en la naturaleza en la zona afectada. Hay varias escalas; una de ellas a menudo usada es la escala Mercalli Modificada, de 12 grados (ver anexo III). Normalmente las intensidades se representan en números romanos, con lo que se supone de manifiesto que nos trata de valores exactos y mensurables, sino de valores descriptivos.

De este modo para un determinado evento hay una magnitud medida, así como una cierta distribución de intensidades sobre la zona afectada (determinada por observación y interpretación), con una intensidad máxima que en general se da en la zona epicéntrica.

Las unidades de medida de la fuerza de un terremoto

- 1 Magnitud, calculada en base a registros sismográficos
- 2 Superficie de ruptura
- 3 Hipocentro (foco sísmico)
- 4 Epicentro
- 5 Distribución de las intensidades, en base a observaciones



- Exposición

Para cuantificar el grado de exposición de una región determinada necesitamos registros de los eventos sísmicos del pasado. Tales registros de terremotos son fácilmente obtenibles, aunque periodo de observación cubierto e integridad de los registros pueden variar mucho de una región a otra. Los terremotos que potencialmente pueden causar daños, es decir a partir de la magnitud 5, se registran completamente en todo el mundo desde 1964.

Hay países con una historia sísmica de muchísimos años y bien documentada, que disponen de registros de terremotos que datan de siglos e incluso de milenios (como ejemplo China).

Los registros más antiguos suelen describir los efectos de los terremotos, por lo que pueden clasificarse en base a la actual escala de las intensidades. Los registros modernos contienen la magnitud, pues al ser un dato resultante de una medición es un indicador más preciso y objetivo.

Fundamentalmente hay dos posibilidades de cuantificar o de contar los eventos registrados:

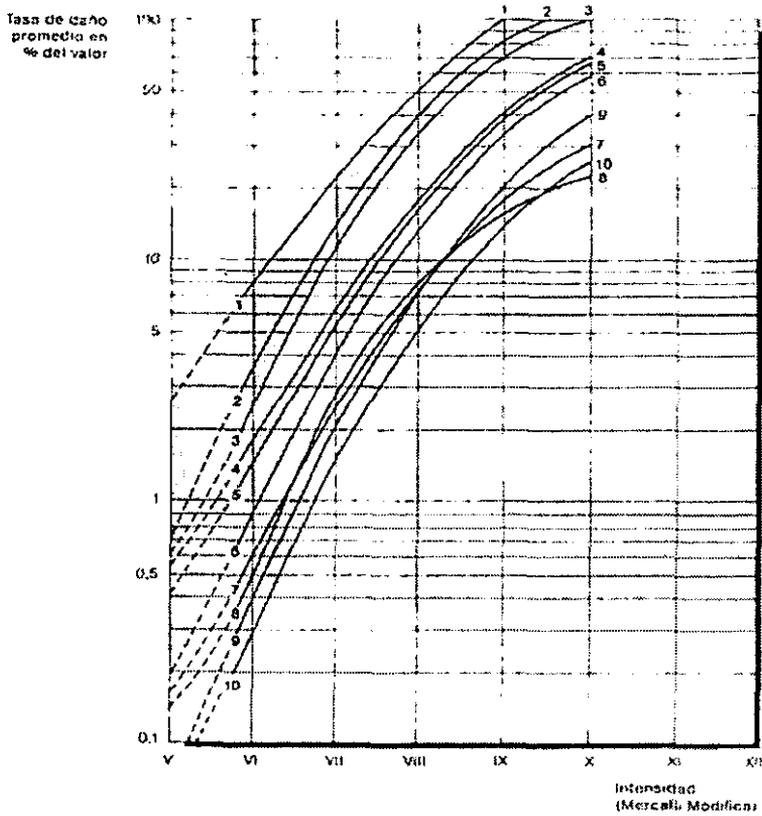
1. Para un punto determinado o un lugar se cuenta el número de terremotos observados por grado de intensidad en el periodo de tiempo disponible. Dividiendo el periodo de tiempo por el número de los eventos observados se obtiene el denominado periodo de recurrencia de la intensidad correspondiente.
2. Dentro de una determinada región o de una determinada superficie se cuenta el número de eventos por clase de magnitud.

Sin embargo, ambos métodos tienen ventajas y desventajas: Los datos sobre las intensidades son imprecisos, pues se trata solamente de observaciones o estimaciones y probablemente son incompletos. Los registros de las magnitudes abarcan solo un corto espacio de tiempo. Ciertamente existe una relación entre magnitud y distribución de las intensidades de un evento: cuanto mayor es la magnitud más elevada es la máxima intensidad y tanto mayor es la superficie afectada, aunque también hay otros factores que desempeñan un papel, como calidad del suelo de construcción, profundidad del foco sísmico, tectónicas, etc.

Por lo que la exposición podemos cuantificarla combinando los dos métodos y averiguando los periodos de recurrencia para las intensidades. El periodo de recurrencia informa de la frecuencia media con que ha de esperarse una determinada intensidad en un lugar.

Para la cuantificación de la vulnerabilidad lo más adecuado es tomar la denominada tasa de daño promedio, es decir la suma del importe de los daños en tanto por ciento del valor de los edificios. Se puede determinar ciertas categorías de edificios, y mediante la evaluación de los daños de terremoto calcular las tasas de daño promedio para estas categorías en dependencia de la intensidad del terremoto.

Tales relaciones han sido reducidas por varios autores como ejemplo las curvas de Shah y Sauter.



Tasas de daño promedio para edificios (según Shah/ Sauter, 1978). Tipos de construcción:

1. Adobe
2. Mampostería sin reforzar, sin diseño sísmico
3. Marcos de concreto reforzado, sin diseño sísmico
4. Marcos de acero, sin diseño sísmico
5. Mampostería reforzada, calidad media, sin diseño sísmico
6. Marcos de concreto reforzado, con diseño sísmico
7. Estructura a base de muros de corte, con diseño sísmico
8. Artesonado de madera, con diseño sísmico
9. Marcos de acero, con diseño sísmico
10. Mampostería reforzada, muy buena calidad, con diseño sísmico

En la utilización de estas curvas ha de tenerse presente que siempre se trata de valores medios de toda una cartera de riesgos. Las tasa de daño de un solo edificio para una determinada intensidad puede moverse en un amplio sector. El tipo de construcción solo (muro de mampostería, marco de concreto, etc.) no es mas que una medida aproximativa de la calidad. Otros factores como solidez del suelo, edad del edificio, simetría, altura o calidad del material y de la ejecución de la obra tienen también una gran importancia.

3.2 Ejemplo Práctico para terremoto: Chile

Base de partida

Exposición : Supongamos que nuestro análisis de la sismicidad en base a los registros de terremotos y otras fuentes ha dado los siguientes periodos de recurrencia para las ciudades más importantes de las zonas de cúmulo de 1 a 5.

Zona	Ciudad	Periodos de recurrencia (años) para Int. MM				
		VI	VII	VIII	IX	X-XII
Z.1	Antofagasta	12	36	110	340	1300
Z.2	Valparaíso	6	20	60	180	650
Z.3	Santiago	9	27	80	250	900
Z.4	Concepción	8	24	100	300	1100
Z.5	Valdicia	10	30	90	250	800

Vulnerabilidad: Supongamos que la cartera considerada contiene solamente pólizas de edificios. Se compone sobre todo de construcciones de concreto reforzado modernas y corresponde en promedio a la categoría 6 de las curvas de tasa de daño según Shah/Sauter. Las tasas de daño promedio en tanto por ciento de los valores asegurados son, consiguientemente:

Intensidad:	VI	VII	VIII	IX	X
Tasas de daño promedio (%)	1	4	13	33	60

La distribución geográfica de los valores asegurados la daremos en base a los ejemplos, y el efecto de las condiciones de seguro lo trataremos más adelante.

Ejemplo 1: Cartera concentrada

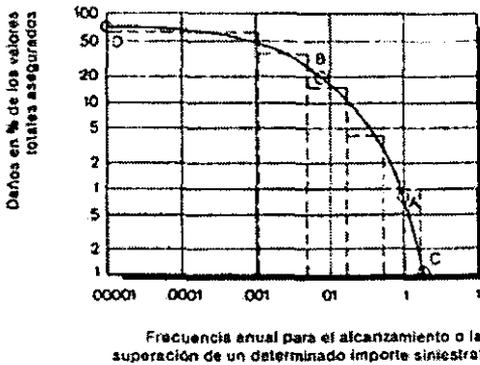
1. Prima de riesgo

Supongamos que toda la cartera está concentrada en la capital, Santiago. De los datos anteriores sobre la sismicidad y vulnerabilidad, ahora podemos sin más calcular cuál ha de ser la prima pura de riesgo para el peligro de temblor de tierra: si cada 9 años se produce una intensidad VI y destruye el 1% de nuestra cartera además cada 27 años una intensidad VII con una destrucción del 4%, y así sucesivamente para las intensidades restantes, la prima de riesgo, es decir la fuerza del evento siniestral repartido regularmente a lo largo de los años, sería:

$$1/9 + 4/27 + 13/80 + 33/250 + 60/900 = 0.62\%$$

2. Curva de Siniestros – Frecuencia

Aquí nos interesa sobre todo el SME o el SMP para terremoto, por lo que dibujamos el siguiente diagrama, utilizando para ambos ejes (para mayor comprensión y claridad) la escala logarítmica:



De los periodos de recurrencia de cada grupo de intensidad calculamos las frecuencias anuales para el alcanzamiento o la superación de una intensidad determinada. Comenzamos con la intensidad mayor, X, y para las intensidades menores sumamos cada vez las frecuencias. Así, obtendremos:

- Intensidad X: 1/900
- Intensidad IX: 1/900 + 1/250
- Intensidad VII: 1/900 + 1/250 + 1/80 = 0.0176
- Etc.

El número 0.0176 por ejemplo es la frecuencia anual para el acaecimiento de una intensidad VIII o mayor. Estos valores los pasamos al eje horizontal.

Sobre el eje vertical, para cada grado de intensidad marcamos la correspondiente tasa de daño.

De este modo resulta el diagrama en escalera punteado que vemos en la figura anterior.. Esta línea escalonada la allanamos con una curva, puesto que nuestra escala escalonada de intensidades es solamente un modelo, pero en realidad también son posibles todas las tasas entre las tasas de daño promedio supuestas. De este modo obtenemos la curva de siniestros - frecuencia trazada.

La curva indica la frecuencia con la que ha de contarse con un siniestro de ciertas proporciones o de proporciones superiores.

Del diagrama podemos derivar lo siguiente:

- Aproximadamente cada 10 años (frecuencia anual 0.1) habremos de contar con daño del 0.8% ó mayor de nuestros valores totales en cartera (punto A).
- Una vez cada 140 años en promedio se produce un daño del 20% (frecuencia anual de 0.007, punto B).
- Aproximadamente cada 5 años hay un siniestro (frecuencia anual de 0.2, punto C).
- El siniestro máximo posible es de alrededor del 70% (punto D).

Ejemplo 2: Cartera Repartida

1. Prima de riesgo

En el caso normal, la cartera contendrá valores de diversas zonas de cúmulos. Supongamos que el control de cúmulos nos da la siguiente distribución porcentual:

- Zona 1: 15%
- Zona 2: 20%
- Zona 3: 40%
- Zona 4: 15%
- Zona 5: 10%

Para el cálculo de la prima de riesgo es análogo al de la cartera concentrada. Sin embargo, para el evento siniestral, dado que un terremoto puede afectar al mismo tiempo varias zonas, la amplitud de la superficie afectada y su situación para la distribución de los valores sobre las zonas de cúmulos es un aspecto importante en cuanto al monto de los daños. Por ello no es posible sin más un procedimiento manual como en el caso de una cartera concentrada, pero sí se puede obtener de métodos sencillos ciertas conclusiones.

Dibujamos la repartición de las intensidades de un supuesto “evento máximo de esperar” y la comparamos con el mapa de la distribución de valores. En la fig.8 muestra la repartición de intensidades teóricas para un terremoto de magnitud 8.5 con epicentro cerca de Valparaíso (zona 2). Este epicentro corresponde al del terremoto del 3 de marzo de 1985, si bien la magnitud entonces fue algo menor ($M=7.8$).

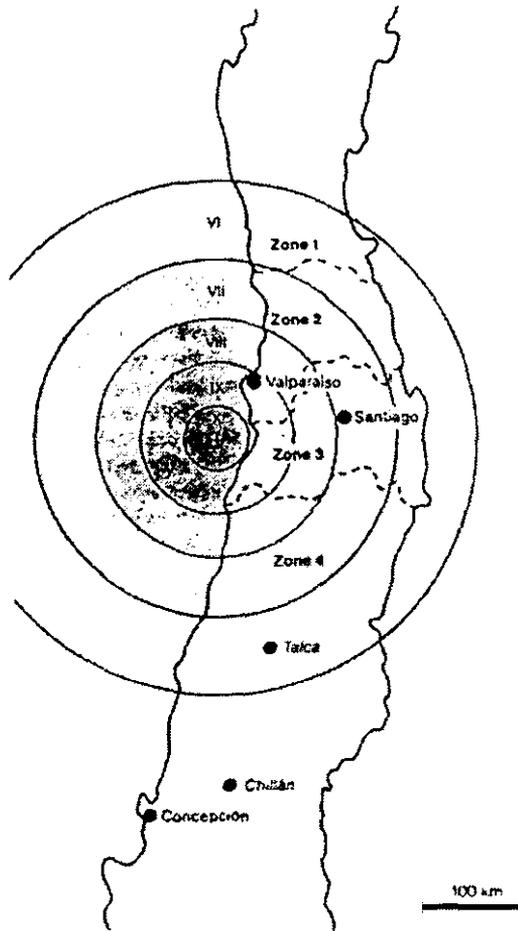


Fig. 8 Repartición supuesta de intensidades de un terremoto con una magnitud de 8.5

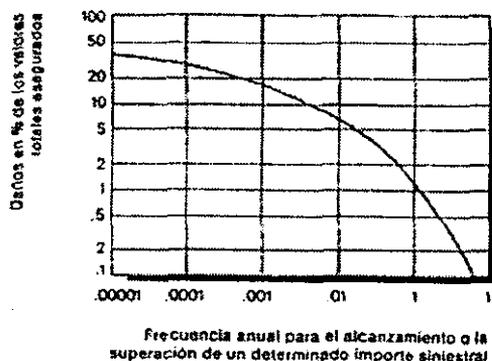
Con esta base podríamos estimar con qué fuerza afectaría las diversas zonas y ciudades un tal evento supuesto o "terremoto modelo". Valparaíso tendría aquí una intensidad de IX, Santiago de VII y Talca de VI. El daño total por este evento puede calcularse multiplicando las tasas de daño correspondiente a las intensidades por cada proporción de la cartera y sumando los resultados.

Este método puede repetirse cuantas veces se desee para otros escenarios, es decir, para otras magnitudes o epicentros.

Se puede estimar por ejemplo cuál sería el peor siniestro posible, es decir el evento siniestral más fuerte imaginable en el lugar más desfavorable. O se puede determinar el efecto de eventos históricos sobre la cartera actual. De todos modos éste método no permite derivar con qué frecuencia han de esperarse siniestros de estas proporciones.

2. Curva de siniestros- frecuencia

Una curva como la expuesta anteriormente puede también calcularse. Pero para ello se necesitan no solamente los períodos de recurrencia para las diferentes zonas, sino también datos sobre las frecuencias de las magnitudes en la región considerada y sobre la relación entre la magnitud y la superficie afectada. Los cálculos serán tan onerosos que se necesita un programa por computadora. Para la repartición de valores arriba expuestos se obtiene así la curva de siniestro – frecuencia. Siendo análogo su interpretación que el de la cartera concentrada, por ejemplo, el valor máximo es ahora de solamente 36%, puesto que no toda la cartera puede ser afectada por un mismo evento.



De aplicación práctica son las curvas sobre todo en un ámbito medio, donde también los elementos de partida (períodos de recurrencia y tasas de daño promedio) están mejor fundamentados. La curva de siniestro – frecuencia, ofrece aquí para consideración de SME una alternativa interesante para el método de escenarios. En lugar de operar con un escenario siniestral o con un evento “modelo” podemos definir el evento del SME mediante una determinada frecuencia de acaecimiento.

3. Influencia de las condiciones de seguro

Las tasas de daño promedio utilizadas en nuestros ejemplos son válidas para coberturas completas limitadas, contra daños por sacudidas sísmicas (es decir excluyendo incendio a consecuencia de terremoto). En el caso normal, la cobertura de terremoto está limitada por una cláusula de coaseguro o por un deducible.

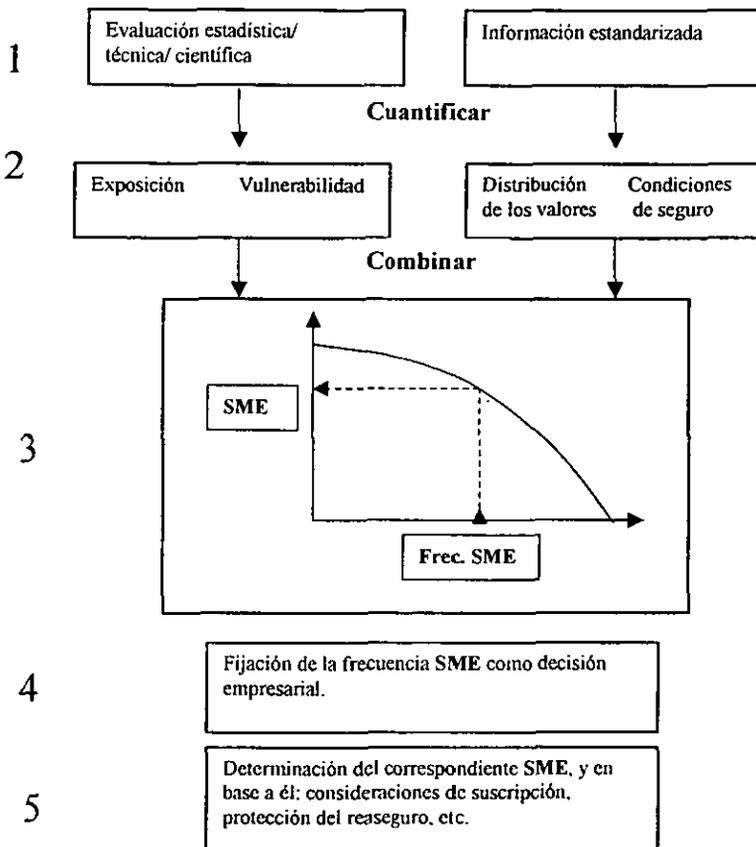
El coaseguro, o sea la participación porcentual del asegurado en los daños, se puede tener en cuenta en el método de cálculo. En lugar de los valores totalmente expuestos, nosotros utilizamos sencillamente las sumas aseguradas reducidas en la proporción asegurada.

4. Siniestro Máximo Probable

Comparando la definición del SMP para un riesgo individual, para cartera y peligro de la naturaleza podríamos decir análogamente que el SMP es del 70% en el prime ejemplo y del 36% en el segundo, según el máximo valor de la curva, pues éste es el peor evento imaginable. Este resultado será naturalmente sólo tan bueno como nuestras bases de partida; por ejemplo, la tasa de daño supuesta para una intensidad X tiene un fuerte efecto sobre el SMP. De todos modos, según ésta definición, el SMP carece casi de importancia práctica, puesto que si bien los correspondientes eventos siniestros son teóricamente posibles, son muy improbables en la realidad. De acuerdo con las curvas, la frecuencia es menor de una vez cada 10,000 años. Por esta razón para las aplicaciones prácticas, a continuación no nos basaremos en el SMP, sino que utilizaremos períodos temporales algo más realistas.

3.3 Representación Esquemática Del Concepto De Siniestro Máximo Estimado Para Peligros De La Naturaleza

Partiendo de factores de sismicidad y vulnerabilidad mediante métodos técnicos, científicos o estadísticos, la distribución de valores y las condiciones del seguro, se puede calcular la curva de siniestros – frecuencia, eligiendo desde el punto de vista empresarial una frecuencia SME y podemos derivar de la curva correspondiente SME, y basar en él consideraciones. Es decir:



Sin embargo, se debe considerar también lo siguiente:

- Interés asegurado: solo para edificios se dispone de tasas de daños promedio bien fundamentada: Para daños a los contenidos o para el seguro de lucro cesante, las experiencias siniestral tienen una base menos sólida, lo que implica más inseguridad.
- Peligros secundarios: Peligros como incendio tras terremoto, licuefacción del suelo, embates del mar por maremoto, corrimientos del terreno, y erupción volcánica en relación con terremotos.
- Otros ramos: El concepto descrito cubre estrictamente solo el ramo de incendio. Pero en un evento siniestral de mayores proporciones pueden ser afectados otros ramos como transportes, cascos de automóviles, ingeniería, responsabilidad civil, y vida
- Condiciones del seguro: las tasas de daño solo pueden aplicarse en coberturas a valor entero; las pólizas en base a primer riesgo hay que tratarlas especialmente.

La cuantificación confiable de estos aspectos es difícil e incluso imposible en la mayor parte de los casos, puesto que dependen de muchos factores de influencia y dado que no hay datos sacados de la experiencia. Por esta razón hay que recurrir a suposiciones simplificadoras o a valores estimados.

3.4 Estimación De La Carga Siniestral Por Evento Para Tempestad

El modelo presentado para la estimación de la carga siniestral para terremoto es aplicable para otros peligros de la naturaleza tales como tempestad. Sin embargo visto de modo internacional la carga siniestral para la industria del seguro producida por las tempestades y los huracanes supera con mucho a la de los terremotos, por lo cual es importante conocer el cálculo "correcto" del SME para tempestad tanto como del SME para terremoto.

De igual manera que para terremoto, la importancia del daño producido por un evento siniestral para tempestad o huracán, se pueden basar en cuatro factores diferentes:

1. Peligro:
La exposición se puede tratar de estimar por ejemplo en forma de períodos de recurrencia de velocidades del viento(para tempestad) o de niveles del agua (para inundación).
2. Vulnerabilidad:
Puede, en sí, estimarse y cuantificarse como en el caso de terremoto, es decir, evaluando eventos siniestral según categorías de edificios.
3. Valores asegurados:
Importe y distribución de los compromisos bajo terremoto.
4. Condiciones de seguro:

Extensión y condiciones de la cobertura.

Ejemplo 1

Tempestad Tropical

Por sus características, las tempestades tropicales son bastante similares. La medición de los factores presión del aire y velocidad del viento permite caracterizar bastante bien la fuerza del evento, y también existe una escala al respecto: la escala Saffir/Simpson. Para ciertas regiones, por ejemplo la costa oriental de los EUA, existen registros de huracanes desde hace más de 100 años, por lo que la exposición a los mismos puede estimarse de un modo bastante confiable.

Para el efecto destructor es determinante sobre todo la velocidad del viento, de modo que a este respecto mediante el estudio de siniestros de huracanes han podido elaborarse tasas de daño promedio para diferentes clases de construcción. La figura siguiente muestra un correspondiente diagrama de un trabajo de Friedman.

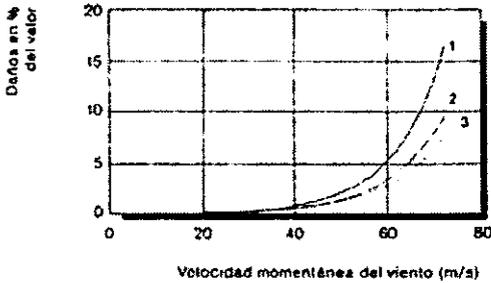


Fig 11 Vulnerabilidad a huracanes (según Friedman)

- 1 casas unifamiliares
- 2 otras viviendas
- 3 otros edificios

En medida que podemos determinar la distribución geográfica de la cartera, tenemos la misma situación de partida que en terremoto.

Ejemplo 2 Tempestad europea

Base de partida

Para las tempestades en Europa, la situación es algo diferente. Este tipo de tempestad es mucho más heterogéneo que la tempestad tropical. Graves daños puede causarlos tanto una intensa tormenta o granizada en una superficie reducida como una tempestad en una extensa área

La cuantificación de la exposición se muestra compleja, pues contrariamente a los terremotos o a los huracanes, apenas pueden registrarse completamente. No hay una medida comparable a la magnitud o al intensidad, y la velocidad del viento es un dato poco preciso para la cuantificación de la exposición, puesto que los años dependen de muchos otros factores, como intensidad de las ráfagas, dirección del viento, duración de la tempestad, temperatura del aire, ruta de la tormenta, expansión geográfica, topografía del terreno, etc. Otra cuestión adicional es también si está variando la situación en todo el mundo en cuanto a las tempestades por cambios climáticos o por comportamientos del hombre, y de ser así, en qué medida.

Los mismos factores dificultan también la estimación de la vulnerabilidad. Una clasificación en diferentes categorías de edificios con tasas de daños comparables es difícil, pues las tempestades producen daños mas bien pequeños, de modo que aspectos como mantenimiento de los edificios y amplitud de cobertura tienen más importancia que la calidad en si de la construcción: el daño en un evento siniestral estará determinado grandemente por la configuración de las condiciones del seguro (por ejemplo deducible, interés cubierto).

Así la base de partida para el cálculo del SME para tempestad no es tarea sencilla. Toda la problemática y propuestas de solución se comentan detalladamente en la publicación de la Suiza de Reaseguro “Storm in Europe”; Losses and Scenarios”.

3.5 Estimación de la carga siniestral por evento para Inundación.

También para el peligro de inundación puede aplicarse el método de terremoto, si bien al examinar más detenidamente los cuatro parámetros de partida tropezamos con obstáculos aún mayores que en el caso del peligro de tempestad, de los que se destacan los siguientes puntos:

- Exposición

Las inundaciones pueden deberse a diferentes causas, por ejemplo a crecidas de ríos, por lluvias intensas y a embates de las olas en lagos y en el mar. Correspondientemente diverso se presenta también el problema de la estimación de la exposición. Por otro lado, para el caso de crecidas de ríos por ejemplo pueden determinarse periodos de recurrencia de niveles de crecidas o de grandes precipitaciones. La modificación por las intervenciones del hombre en el curso del tiempo es sin embargo un factor de gran importancia difícil de captar.

- Vulnerabilidad

Para un riesgo individual puede estimarse la vulnerabilidad según su utilización, materiales de construcción, aberturas en el edificio, particularidades del terreno sobre el que éste descansa, situación, contenido, etc.

También para toda la cartera puede reunirse todas estas informaciones y clasificarlas en ciertas categorías aunque ello sería muy oneroso.

- **Distribución de los valores:**

Según las condiciones locales, la exposición puede ser muy diferente en un reducido espacio, por lo que las informaciones sobre la cartera asegurada deberán detallarse correspondientemente.

- **Condiciones de seguro:**

Si el seguro no es obligatorio, la antiselección desempeña un importante papel, con los efectos correspondientes en el importe de las primas de riesgo y en el potencial siniestral de un evento.

Si a pesar de estas dificultades se quiere estimar los daños de un evento siniestral, puede procederse del siguiente modo.

- Limitar una cuenca posiblemente afectada por una crecida de aguas.
- Estimar la vulnerabilidad de los intereses asegurados, de ser posible por categorías de riesgos.
- Evaluar datos y distribución de la cartera en base a estas categorías.
- Calcular con este material los daños correspondientes de un evento siniestral.
- *En caso de ser posible, estimar una frecuencia para la crecida en cuestión.*

3.6 Actualización Para El Cálculo Del PML De Terremoto En México.

Actualmente la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas en colaboración del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México determinaron las bases técnicas que se deben utilizar para la valuación, constitución e incremento de la Reserva de Riesgos en Curso de la cobertura de Terremoto y otros Riesgos catastróficos

En la primera parte se describe el modelo de ocurrencia de sismos. Inicialmente se da una introducción a la tectónica de México y se indica la manera en que el proceso de ocurrencia de temblores en sus fuentes ha sido modelado por lo que respecta a la distribución espacial de los sismos, sus frecuencias de ocurrencia y la distribución de sus magnitudes. A continuación se señalan los criterios empleados para estimar la atenuación de las ondas sísmicas, con lo cual las magnitudes y posiciones epicentrales de los sismos se transforman en intensidades locales en sitios de terreno firme. Luego se hace cómo influyen las características del suelo en la intensidad sísmica local y se indica la manera en que estos efectos han sido tomados en cuenta para la Ciudad de México y para sitios fuera de ésta.

Finalmente, se detalla el procedimiento para el cálculo de *peligro sísmico*, que se estipula en términos de periodos de retorno (o sus inversos, las *tasas de excedencia*) de intensidades sísmicas que guardan relación estrecha con el comportamiento sísmico de las estructuras.

En la segunda parte trata sobre las relaciones intensidad - daño, también conocidas como relaciones de vulnerabilidad. A partir de estas relaciones se determina el monto de los daños que sufriría una estructura si ocurriera un sismo que, en el sitio de desplante, produjera una intensidad dada. Como se verá, a partir de estas funciones puede establecerse la distribución de probabilidad del daño, condicionado a un valor de intensidad.

En la tercera parte se presentan los métodos usados para evaluar pérdidas por sismo. Se indica, por ejemplo, cómo se toma en cuenta la influencia de deducible, límites y coaseguros, así como las diferentes consideraciones que se hacen para evaluar la pérdida dependiendo de la política de seguros empleada.

- Evaluación de peligro sísmico

El peligro sísmico se cuantifica en términos de los periodos de retorno (o sus inversos, las tasas de excedencia) de intensidades sísmicas relevantes en el comportamiento de las estructuras. La tasa de excedencia de una intensidad sísmica se define como el número medio de veces, por unidad de tiempo, en que el valor de esa intensidad sísmica es excedido.

No es posible determinar el peligro sísmico contando simplemente las veces en que se han excedido valores dados de intensidad en el sitio de interés. Esto ocurre porque rara vez se dispone de catálogos completos de las aceleraciones que han producido en tal sitio los sismos pasados. Es necesario, pues, calcular el peligro sísmico de manera indirecta. Para ello, se evalúa primero la tasa de actividad sísmica en las fuentes generadoras de temblores, y después se integran los efectos que producen, en un sitio dado, los sismos que se generan en la totalidad de las fuentes.

Describiremos, a continuación, la manera de hacer la evaluación del peligro sísmico.

- **Tectónica de México y las principales familias de sismos**

Los grandes temblores en México ($M_s \geq 7.0$) a lo largo de la costa del Pacífico, son causados por la subducción de las placas oceánicas de Cocos y de Rivera bajo la placa de Norteamérica y por ello son conocidos como sismos de subducción. La placa de Rivera, que es relativamente pequeña, se desplaza bajo el estado de Jalisco con velocidad relativa de 2.5 cm/año frente a la costa de Manzanillo. Algunos trabajos recientes sugieren que esta velocidad podría alcanzar 5 cm/año (Kostoglodov y Bandy, 1994). La frontera entre las placas de Rivera y de Norteamérica es algo incierta, pero se estima que intersecta la costa de México cerca de Manzanillo (19.1°N, 104.3°W). Por otra parte, la velocidad relativa de la placa de Cocos con respecto al continente varía desde unos 5 cm/año cerca de Manzanillo hasta 7 cm/año en Chiapas. El terremoto de Jalisco del 3 de junio de 1932 (M_s 8.2) que ocurrió sobre la interfaz de la placa de Rivera y la de Norteamérica (Singh et al, 1985a), muestra que una placa pequeña, joven y con una velocidad relativamente baja de subducción es capaz de generar grandes temblores. Este terremoto es el más grande que ha ocurrido en México en el presente siglo. En la Figura 1 se muestran las zonas en donde se generan estos sismos.



Figura 1 Zonas generadoras de sismos de subducción

Los grandes temblores también ocurren en el continente con profundidades de unos 60 km. En este caso los temblores presentan un mecanismo de fallamiento normal que refleja el rompimiento de la litosfera oceánica subducida (Singh et al, 1985b). Si bien este tipo de eventos es poco frecuente, se sabe que pueden causar grandes daños. Algunos ejemplos de este tipo de sismos son el de Oaxaca del 15 de enero de 1931 (Ms 7.8), el de Orizaba del 23 de agosto de 1973 (Ms 7.3) y el de Huajuapán de León del 24 de octubre de 1980 (Ms 7.0). En la Figura 2 se muestran las zonas consideradas para la ocurrencia de este tipo de sismos.

Aún menos frecuentes son los temblores que ocurren dentro de la placa continental (Ms ≤ 7). Dependiendo de su ubicación, tales eventos pueden generar daños considerables en diversos asentamientos humanos. Dos ejemplos son: el temblor de Jalapa del 3 de enero de 1920 (Ms 6.4) y el de Acambay del 19 de noviembre de 1912 (Ms 7.0). En la Figura 3 se indican las zonas en donde ocurren este tipo de sismos.

Existe también lo que podría llamarse sismicidad de fondo, consistente en temblores con $M \leq 5$, cuyo origen no puede asociarse a ninguna estructura geológica en particular. La ocurrencia de estos eventos también se considera, y las zonas donde se generan se muestran en la misma Figura 3.



Figura 2 Zonas generadoras de sismos profundos

En México, el Eje Neovolcánico no es paralelo a la trinchera. Esto es algo anormal en comparación con otras zonas de subducción en el mundo y es muy probable que se deba a la morfología de la placa de Cocos. Gracias a los esfuerzos de varios investigadores ha habido un avance significativo en el conocimiento de la morfología de la placa subducida bajo el continente (Singh et al., 1985b; Suárez et al., 1990; Ponce et al., 1992; Singh y Pardo, 1993; Pardo y Suárez, 1993, 1994). Los resultados indican una subducción con un ángulo de $\approx 45^\circ$ en Jalisco, casi horizontal en Guerrero, con un ángulo de $\approx 12^\circ$ en Oaxaca y de $\approx 45^\circ$ en Chiapas. El contorno de los 80 a 120 km de profundidad de la zona de Benioff aproximadamente coincide con la línea de los volcanes.

Existe una evidencia, aunque no definitiva, que la placa continental entre la costa grande de Guerrero y el valle de México está en un estado de esfuerzo tensional, contrariamente a lo esperado (Singh y Pardo, 1993).

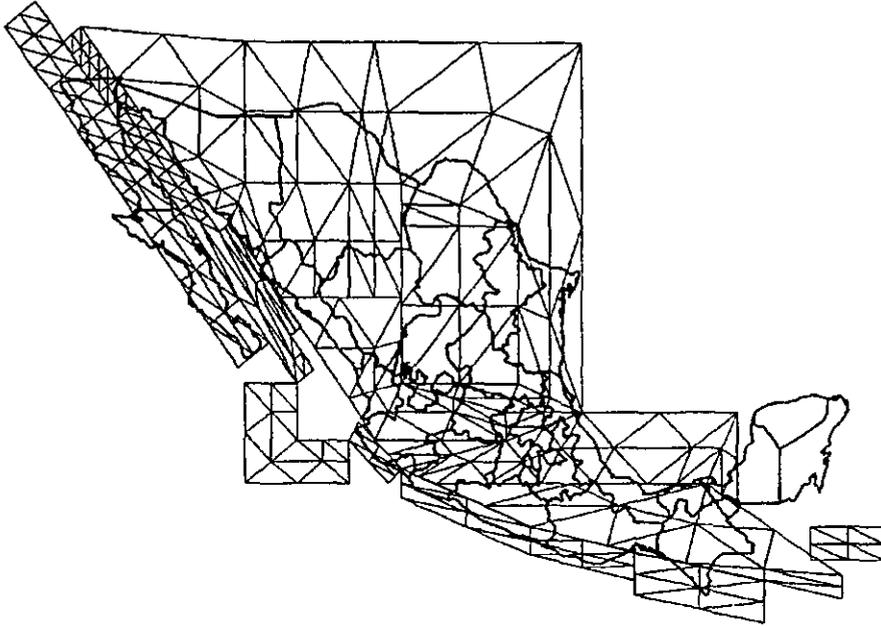


Figura 3 Zonas generadoras de sismos superficiales

- Modelos de la sismicidad local

Para los fines de estas bases técnicas, la República Mexicana se ha dividido en 476 fuentes generadoras de sismos. Estas fuentes están dictadas por la tectónica del país y por la historia instrumental de sismos registrados en el pasado (Zúñiga, 1993). Cada una de estas fuentes genera temblores a una tasa constante.

La actividad de la i -ésima fuente sísmica se especifica en términos de la tasa de excedencia de las magnitudes, $\lambda_i(M)$, que ahí se generan. La tasa de excedencia de magnitudes mide qué tan frecuentemente se generan en una fuente temblores con magnitud superior a una dada.

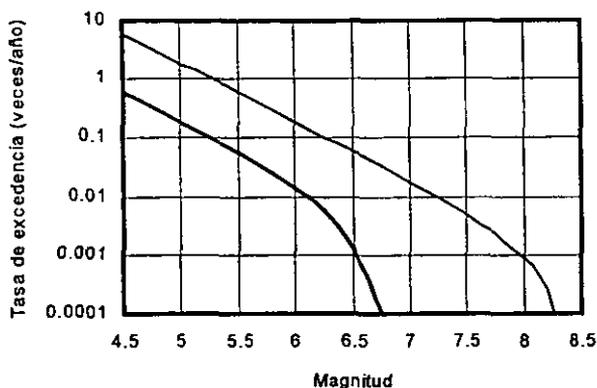


Figura 4 Tasas de excedencia de magnitudes, $\lambda_i(M)$, para dos fuentes con distinta sismicidad

Para la mayor parte de las fuentes sísmicas, la función $\lambda_i(M)$ es una versión modificada de la relación de Gutenberg y Richter. En estos casos, la sismicidad queda descrita de la siguiente manera:

$$\lambda_i(M) = \lambda_{0i} \frac{e^{-b_i M} - e^{-b_i M_{ui}}}{e^{-b_i M_0} - e^{-b_i M_{ui}}} \quad (1)$$

donde M_0 es la mínima magnitud relevante, tomada igual a 4.5 en nuestro estudio. λ_{0i} , b_i , y M_{ui} son parámetros que definen la tasa de excedencia de cada una de las fuentes sísmicas. Estos parámetros, diferentes para cada fuente, han sido estimados por procedimientos estadísticos bayesianos (Rosenblueth y Ordaz, 1989; Ordaz y Arboleda, 1995), que incluyen información sobre regiones tectónicamente similares a las de nuestro país, más información experta, especialmente sobre el valor de M_{ui} , la máxima magnitud que puede generarse en cada fuente. En la Figura 4 se muestran dos tasas de excedencia para zonas sísmicas distintas, una para una zona de alta sismicidad capaz de generar sismos con $M > 8$ y otra de baja sismicidad. Es claro que para una misma tasa de excedencia o tasa constante, ambas fuentes generarán sismos con distinta magnitud; por ejemplo, si tomamos una tasa de 0.01 (periodo de retorno de 100 años), debemos esperar sismos mayores o iguales que 6.2 en la fuente de baja sismicidad, y mayores o iguales que 7.25 en la de alta sismicidad. Esto quiere decir que con la misma probabilidad o para la misma tasa de excedencia ambas fuentes generarán sismos de distinto tamaño.

Aunque la forma funcional para $\lambda_i(M)$ dada en la ec 1 se utiliza para la mayor parte de las fuentes sísmicas, se ha observado que la distribución de magnitudes de los grandes temblores de subducción ($M > 7$) se aparta sensiblemente de la predicha por la relación de Gutenberg y Richter, dando origen al llamado temblor característico (Singh et al, 1981). De esta manera, para los grandes temblores de subducción, $\lambda_i(M)$ queda descrita de la siguiente manera:

$$\lambda(M) = \lambda(7) \left[1 - \Phi \left(\frac{M - EM}{\sigma_M} \right) \right], \text{ si } M > 7 \quad (2)$$

donde $\lambda(7)$, EM y σ_M son parámetros obtenidos estadísticamente para la zona mexicana de subducción, y $\Phi(\cdot)$ es la distribución normal estándar.

De esta manera, al definir los parámetros λ_0, b y M_u o $\lambda(7)$, EM y σ_M , queda definida por completo la sismicidad local de las fuentes sísmicas.

- **Atenuación de las ondas sísmicas**

Una vez determinada la tasa de actividad de cada una de las fuentes sísmicas, es necesario evaluar los efectos que, en términos de intensidad sísmica, produce cada una de ellas en un sitio de interés. Para ello se requiere saber qué intensidad se presentaría en el sitio en cuestión, hasta ahora supuesto en terreno firme, si en la i -ésima fuente ocurriera un temblor con magnitud dada. A las expresiones que relacionan magnitud, posición relativa fuente-sitio e intensidad se les conoce como *leyes de atenuación*. Usualmente, la posición relativa fuente - sitio se especifica mediante la distancia focal, es decir, la distancia entre el foco sísmico, y el sitio. Las leyes de atenuación pueden adoptar muy diversas formas. En este trabajo se utilizan diversas leyes de atenuación dependiendo del tipo de sismo.

Como se verá más adelante, considera que las intensidades sísmicas relevantes son las ordenadas del espectro de respuesta S_a , (seudoaceleraciones, 5% del amortiguamiento crítico), cantidades que son aproximadamente proporcionales a las fuerzas laterales de inercia que se generan en las estructuras durante sismos y que dependen de una propiedad dinámica de la estructura sobre la que se hablará más adelante: el periodo natural de vibrar.

Dadas la magnitud y la distancia epicentral, la intensidad sísmica no está exenta de incertidumbre por lo que no puede considerarse determinista. Suele suponerse que, dadas la magnitud y la distancia, la intensidad S_a es una variable aleatoria distribuida lognormalmente con mediana dada por la ley de atenuación y desviación típica del logaritmo natural igual a σ_{lnS_a} .

En el estudio se han usado cuatro leyes de atenuación diferentes dependiendo de las trayectorias que recorren las ondas en su camino de la fuente al sitio. Se utilizan leyes de atenuación espectrales que toman en cuenta el hecho de que la atenuación es diferente para ondas de diferentes frecuencias, por lo que se tienen parámetros de atenuación diferentes para cada periodo de vibración considerado. Estas leyes se describen a continuación.

1. **Temblores costeros.** Se utilizó, para la aceleración máxima del terreno provocada por temblores generados en la costa sur del Pacífico, la ley de atenuación debida a Ordaz *et al* (1989). Esta ley fue construida a partir de numerosos registros de aceleración obtenidos por la Red Acelerográfica de Guerrero, que incluyen los del gran temblor del

19 de septiembre de 1985. La relación entre la aceleración máxima del terreno y las ordenadas del espectro de respuesta a otros periodos se obtiene del modelo teórico de fuente y trayecto reportado por Singh *et al* (1989).

2. Temblores de profundidad intermedia. Se empleó en este caso el modelo de atenuación descrito por Rosenblueth *et al* (1988). Se trata de un modelo teórico fuente-trayecto, con parámetros ajustados para reproducir los pocos registros de aceleración disponibles para este tipo de sismos.
3. Temblores superficiales. Para modelar la atenuación de los temblores superficiales, tanto los que ocurren en el Eje Neovolcánico como los que se presentan en la parte noroeste del país, se utilizaron leyes de atenuación construidas con datos registrados en California.
4. Temblores costeros afectando la zona firme del valle de México. Se sabe que aun el terreno firme del valle de México está afectado por amplificaciones debidas, casi seguramente, a la constitución del subsuelo profundo de la cuenca. Esto hace que no exista propiamente "terreno firme" en el DF, por lo que es necesario modelar la atenuación de las ondas de una manera específica.

Para ello se han utilizado las leyes de atenuación de Reyes (1997), construidas con datos registrados exclusivamente en la estación Ciudad Universitaria de la ciudad de México durante la ocurrencia de temblores costeros.

• Efectos de la geología local

El efecto del tipo de suelo sobre la amplitud y la naturaleza de las ondas sísmicas ha sido reconocido desde hace mucho tiempo como crucial en la estimación del peligro sísmico.

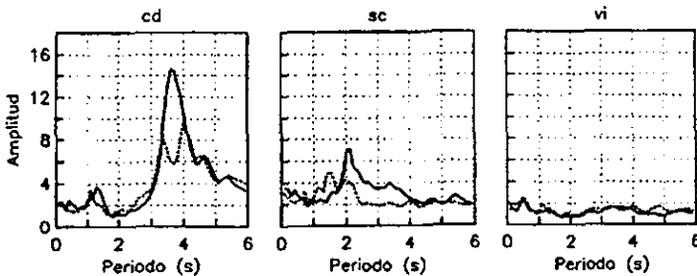


Figura 6 Cocientes de espectros de respuesta para tres sitios de la zona de lago de la ciudad de México durante dos sismos: el del 19 de septiembre de 1985 (línea continua) y el del 25 de abril de 1989 (línea punteada)

Esto es particularmente importante en la ciudad de México, donde las amplificaciones por geología local son notables. Por ello, dedicaremos un punto especial para describir el modelo de amplificación de la ciudad de México, y posteriormente lo haremos para sitios fuera de la ciudad.

- Efectos de sitio en la ciudad de México

Como se ha mencionado, el movimiento del terreno se estima en términos de las ordenadas del espectro de respuesta de pseudoaceleraciones. En el modelo, un sismo se define por su magnitud y distancia focal a la ciudad de México. Dadas una magnitud y una distancia, es posible estimar el espectro de respuesta de aceleraciones (ER) en CU (Ciudad Universitaria) por medio de regresiones semiempíricas (Reyes, 1997). Las regresiones se construyeron usando una técnica estadística bayesiana y los datos de más 20 eventos costeros que han ocurrido desde los años 60. Se supone que el movimiento en el sitio de referencia es una medida de la excitación sísmica en los sitios de suelo blando de la ciudad de México.

La Ciudad de México cuenta con alrededor de 100 sitios dotados de instrumentos de registro de movimiento fuerte o *acelerómetros*. Para caracterizar la respuesta en sitios instrumentados de la ciudad de México se utilizaron cocientes de espectros de respuesta promedio (CER), los cuales se interpretan como funciones de transferencia entre cada sitio instrumentado y el sitio de referencia. Los cocientes espectrales fueron calculados analizando registros obtenidos durante sismos previos. Aunque estos cocientes no tienen un significado físico, se han utilizado con éxito para reproducir los espectros de respuesta de sitios en zona de lago a partir de espectros de respuesta en sitios en terreno firme.

En la Figura 6 se muestra, a manera de ejemplo, los CER para tres sitios (Central de Abastos, cd, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, sc, y Viveros de Coyoacán, vi) obtenidos durante dos sismos: el 19 de septiembre de 1985, con línea continua, y el 25 del abril de 1989, con línea punteada. Los sismos utilizados para los cocientes abarcan muchas magnitudes y distancias focales, lo que permite tomar en cuenta directamente los efectos en la amplificación del movimiento debidos a estos factores. En la Figura 7 se muestra la localización, magnitud y fecha de los sismos que se han utilizado para estudiar la amplificación en el valle de México.

Los cocientes sólo pueden estimarse para los sitios de suelo blando instrumentado en que se hayan obtenido registros sísmicos. Sin embargo, se necesita un CER en cada sitio para el que se requiera estimar las pérdidas; estos puntos, en general, no coinciden con los sitios instrumentados. Para obtener los cocientes en cualquier sitio de la ciudad se desarrolló un procedimiento de interpolación con las siguientes bases: primero, las abscisas de la FTE (periodos) en puntos instrumentados se normalizaron con respecto al periodo dominante del sitio.

La información acerca de los periodos dominantes fue obtenida usando técnicas de microtemblores, sondeos geotécnicos y registros de movimientos fuertes (Reinoso y Lermo, 1991). En la Figura 8 se muestra un mapa de la ciudad con curvas de igual periodo. Posteriormente las FTE normalizadas se utilizaron en una interpolación bidimensional para obtener las FTE normalizadas en sitios arbitrarios. Finalmente, las FTE interpoladas se renormalizaron con respecto al periodo dominante apropiado. Esta interpolación supone variaciones suaves en la velocidad promedio de las ondas S (o, alternativamente, profundidad de la capa dura), y es exacta para la respuesta unidimensional de un estrato. Sin embargo, los efectos biotridimensionales quedan incluidos en vista de que las FTE se obtuvieron de registros reales

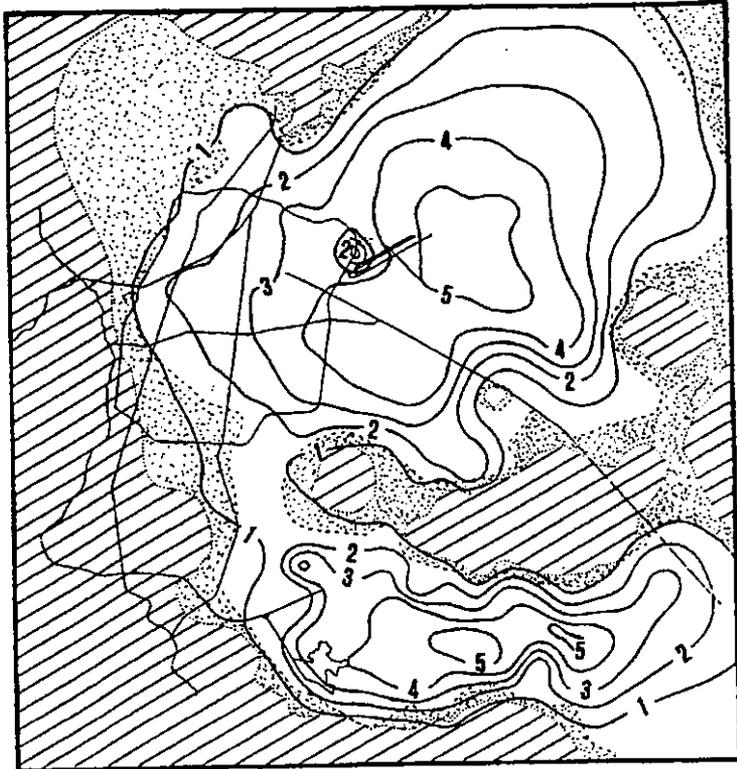


Figura 8 Mapa de la ciudad de México con curvas de igual periodo obtenidas con datos de sismos, de microtremores y de propiedades del suelo

1.4.2 Efectos de sitio en otras localizaciones

Para otros sitios de la República Mexicana en que las condiciones del suelo no han sido tan estudiadas como en la Ciudad de México, se estima el movimiento a partir de funciones de transferencia promedio obtenidas de movimientos sísmicos registrados en roca, suelos firmes y suelos blandos en diferentes partes del mundo. Para este propósito se toman en cuenta los estudios hechos por Miranda (1991 y 1993a). La función de transferencia de roca a suelo firme está dada por :

$$FT(T) = \frac{(1 + 23T^{0.6})(1 + 35T^{0.84})}{(1 + 22T^{0.35})(1 + 25T^{0.5})} \quad (3)$$

y para suelos blandos por

$$FT(T) = \frac{(0.9 + 8.6T^{-2})(1 + 35T^{0.84})}{(1 + 5T^{2.6})(1 + 25T^{0.5})} \quad (4)$$

en estas expresiones T es el periodo de la función de transferencia, FT.

1.5 Cálculo de peligro sísmico

Una vez conocidas la sismicidad de las fuentes y los patrones de atenuación de las ondas generadas en cada una de ellas, incluyendo los efectos de la geología local, puede calcularse el peligro sísmico considerando la suma de los efectos de la totalidad de las fuentes sísmicas y la distancia entre cada fuente y el sitio donde se encuentra la estructura. El peligro $v(S_a)$, expresado en términos de las tasas de excedencia de intensidades S_a , se calcula mediante la siguiente expresión:

$$v(S_a) = \sum_{i=1}^N \int_{M_0}^{M_{ui}} -\frac{d\lambda_i(M)}{dM} \Pr(SA > S_a | M, R_i) dM \quad (5)$$

donde la sumatoria abarca la totalidad de las fuentes sísmicas, N, y $\Pr(SA > S_a | M, R_i)$ es la probabilidad de que la intensidad exceda un cierto valor, dadas la magnitud del sismo, M, y la distancia entre la i-ésima fuente y el sitio, R_i . Las funciones $\lambda_i(M)$ son las tasas de actividad de las fuentes sísmicas, mismas que se describieron anteriormente. La integral se realiza desde M_0 hasta M_{ui} , lo que indica que se toma en cuenta, para cada fuente sísmica, la contribución de todas las magnitudes; esto es congruente para el cálculo de la prima neta ya que interesa el daño que pueden provocar inclusive los sismos pequeños y medianos que se presentan más seguido que los sismos grandes.

Conviene hacer notar que la ecuación anterior sería exacta si las fuentes sísmicas fueran puntos. En realidad son volúmenes, por lo que los epicentros no sólo pueden ocurrir en los centros de las fuentes sino, con igual probabilidad, en cualquier punto dentro del volumen correspondiente. Las bases técnicas toma en cuenta esta situación subdividiendo las fuentes sísmicas en triángulos, en cuyo centro de gravedad se considera concentrada la sismicidad del triángulo. La subdivisión se hace recursivamente hasta alcanzar un tamaño de triángulo suficientemente pequeño como para garantizar la precisión en la integración de la ecuación anterior.

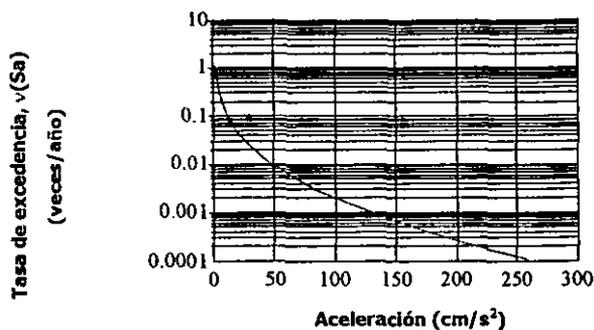


Figura 9 Tasa de excedencia de aceleración máxima del suelo en Guadalajara

En vista de que se supone que, dadas la magnitud y la distancia, la intensidad tiene distribución lognormal, la probabilidad $\Pr(SA > Sa | M, Ri)$ se calcula de la siguiente manera:

$$\Pr(SA > Sa | M, Ri) = \Phi \left(\frac{E(\ln Sa | M, Ri) - \ln Sa}{\sigma_{\ln Sa}} \right) \quad (6)$$

siendo $\Phi(\cdot)$ la distribución normal estándar, $E(\ln Sa | M, Ri)$ el valor medio del logaritmo de la intensidad (dado por la ley de atenuación correspondiente) y $\sigma_{\ln Sa}$ su correspondiente desviación estándar.

El peligro sísmico se expresa, entonces, en términos de la tasa de excedencia de valores dados de intensidad sísmica. Como se ha indicado, en este trabajo la intensidad sísmica, S_a , se mide con las ordenadas del espectro de respuesta de pseudoaceleraciones para 5 por ciento del amortiguamiento crítico y el periodo natural de la vibrar de la edificación de interés, T .

En la Figura 9 se presenta como ejemplo de tasa de excedencia de intensidad la curva de peligro sísmico para la ciudad de Guadalajara. Esta tasa de excedencia indica qué tan frecuentemente se exceden, en Guadalajara, intensidades sísmicas de cierto valor.

En esa curva se obtiene, por ejemplo, para una intensidad $S_a = 100 \text{ cm/s}^2$, un valor de $v(S_a) = 0.002/\text{año}$. Esto quiere decir que esta intensidad se excederá, en promedio, 0.002 veces por año o, en otras palabras, una vez cada 1/0.002 años, cada 500 años. En la misma Figura 9 se aprecia que intensidades grandes tienen menores tasas de excedencia o mayores periodos de retorno.

2. Vulnerabilidad estructural

La vulnerabilidad de una estructura es la relación entre la intensidad del movimiento sísmico, en este caso la aceleración espectral, y el nivel de daño. El parámetro que se utiliza en el sistema para calcular el nivel de daño en una estructura es la distorsión máxima de entrepiso, la cual se define como la relación entre el desplazamiento relativo entre dos niveles dividido entre la altura de entrepiso. En lo que sigue se describe la manera de relacionar la intensidad sísmica con el daño bruto, β , esto es, el daño en la estructura antes de la aplicación de deducible, límite de primer riesgo y coaseguro.

Existe un número importante de estudios que han concluido que este parámetro de respuesta estructural es el que tiene mejor correlación con el daño estructural y con el daño no estructural (Alonso et al., 1996; Bertero et al., 1991; Moehle, 1992 y 1996; Miranda, 1997; Priestley, 1997; Sozen, 1997). A diferencia de muchos otros métodos que se basan en estimar el nivel de daño a partir de la Intensidad de Mercalli Modificada que es una medida subjetiva del daño en una región, en este sistema se utiliza un parámetro que tiene una excelente correlación con el daño en estructuras producido por movimientos sísmicos.

- **Daño esperado dada la distorsión máxima de entrepiso**

La distorsión máxima de entrepiso en una estructura, γ_i , se estima a partir (Miranda, 1997) de la siguiente expresión:

$$\gamma_i = \frac{\beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_4 \eta^2 N^{3/4}}{4 \pi^2 h} S_a(T) \quad (7)$$

donde:

- β_1 es un factor de amplificación que permite estimar el desplazamiento lateral máximo en la azotea o en la altura máxima de la estructura considerando un comportamiento mecánico de tipo elástico-lineal a partir del desplazamiento espectral
- β_2 es un factor de amplificación que permite estimar la deformación máxima de entrepiso a partir de la distorsión global de la estructura la cual se define como el desplazamiento lateral máximo en la azotea o en la altura máxima de la estructura dividido entre la altura total de la estructura
- β_3 es un factor que permite calcular los desplazamientos laterales máximos en estructuras con comportamiento inelástico, a partir de los desplazamientos laterales máximos elásticos

- β_4 es un factor que permite calcular el cociente entre la relación de la distorsión máxima de entrepiso y la distorsión global de la estructura en una estructura con comportamiento elástico-lineal, y entre la relación de la distorsión máxima de entrepiso y la distorsión global de la estructura en una estructura con comportamiento inelástico
- η es un factor que permite estimar el periodo fundamental de una estructura a partir del número de niveles
- N es el número de pisos de la edificación
- $S_a(T)$ es la aceleración espectral que depende del peligro sísmico del sitio y del periodo fundamental de vibración y del amortiguamiento de la estructura. Para tomar en cuenta la variación del periodo en distintas estructuras con el mismo tipo estructural, el sistema considera tres periodos para cada inmueble y calcula un promedio pesado para asignar sólo uno al cálculo de la vulnerabilidad. El peligro sísmico del sitio se determina como se indicó en primera parte de esta nota.
- h es la altura de entrepiso en la edificación que depende del tipo de sistema estructural, de la ubicación geográfica del inmueble y de la fecha de construcción.

El valor esperado del daño en una estructura dada la distorsión máxima de entrepiso, $E(\beta|\gamma_i)$, es función, principalmente, de la intensidad sísmica (medida con la aceleración espectral, S_a), del sistema estructural, de la fecha de construcción y de otros parámetros estructurales. En las bases técnicas $E(\beta|\gamma_i)$ se calcula como:

$$E(\beta|\gamma_i) = 1 - 0.5^\theta \quad (8)$$

donde:

$$\theta = \left(\frac{\gamma_i}{\bar{\gamma}} \right)^\rho \quad (9)$$

En esta ecuación $\bar{\gamma}$ y ρ son parámetros de vulnerabilidad estructural que dependen del sistema estructural y de la fecha de construcción.

Las ecuaciones (8) y (9) dan como resultado el valore esperado, $E(\beta|\gamma_i)$, como se muestra en la Figura 10. En ella puede verse claramente que entre mayor sea la distorsión de entrepiso, mayor será el daño esperado en la edificación, aunque esta relación no es lineal.

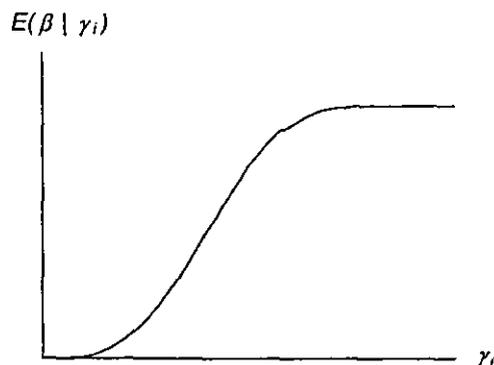


Figura 10 Relación entre la distorsión inelástica de entepiso y el valor esperado del daño en una estructura

- Densidad de probabilidad del daño

En las presentes bases técnicas se considera que las relaciones de vulnerabilidad no son deterministas. En otras palabras, se supone que, dada una intensidad, el daño bruto β es una variable aleatoria cuyo valor esperado (el valor medio) está dado por la ecuación anterior. La densidad de probabilidades del daño en la estructura se supone de tipo Beta y está dada por la siguiente ecuación:

$$p_{\beta | \gamma_i}(\beta) = \frac{\Gamma(a+b)}{\Gamma(a)\Gamma(b)} \beta^{a-1} (1-\beta)^{b-1} \quad (10)$$

donde a y b son parámetros que pueden calcularse a partir de la media y el coeficiente de variación del daño, $C(\beta)$, de la siguiente manera:

$$a = \frac{1 - E(\beta | \gamma_i) - E(\beta | \gamma_i) C^2(\beta)}{C^2(\beta)} \quad (11)$$

$$b = a \left[\frac{1 - E(\beta | \gamma_i)}{E(\beta | \gamma_i)} \right] \quad (12)$$

$C^2(\beta)$ se calcula como

$$C^2(\beta) = \frac{\sigma_{\beta}^2(\beta | \gamma_i)}{E(\beta | \gamma_i)} \quad (13)$$

donde $\sigma_{\beta}^2(\beta | \gamma_i)$ es la varianza de la pérdida.

Existe poca información para determinar la varianza (o el coeficiente de variación) del daño bruto. Se sabe, sin embargo, que cuando el valor esperado de la pérdida es nulo la dispersión también lo es. De igual forma, cuando el valor esperado de la pérdida es total, la dispersión es también nula. Para valores intermedios, es difícil precisar, con bases empíricas, cuánto vale la varianza de la pérdida.

Para fijar la variación de la varianza de la pérdida se han utilizado dos fuentes de información. Por una parte, las distribuciones de probabilidad asignadas en el estudio clásico que permite inferir valores aproximados para las varianzas condicionales. Por otro lado, hemos llevado a cabo ejercicios de simulación suponiendo estructuras simples con propiedades aleatorias.

Con estos datos, hemos decidido fijar variaciones de la varianza que tienen la siguiente forma funcional:

$$\sigma_{\beta}^2(\beta | \gamma_i) = \Omega (E(\beta | \gamma_i))^{r-1} (1 - E(\beta | \gamma_i))^{s-1} \quad (14)$$

donde

$$\Omega = \frac{V_{\max}}{D_0^{r-1} (1 - D_0)^{s-1}} \quad (15)$$

$$s = \frac{r-1}{D_0} - r + 2 \quad (16)$$

y V_{\max} , D_0 y r son parámetros que dependen del tipo estructural. V_{\max} es la varianza máxima, D_0 es el nivel de daño para el que ocurre esta varianza máxima y r ha sido tomado igual a 3.

Una vez determinados $E(\beta|\gamma_i)$ y $\sigma^2(\beta|\gamma_i)$ queda completamente definida la distribución de probabilidades del daño bruto dado un valor de distorsión de entrepiso.

- Daños en contenidos y por pérdidas consecuenciales.

En las bases técnicas se debe considerar que los daños en contenidos y por pérdidas consecuenciales están perfectamente correlacionados con los daños en el inmueble. Para los contenidos se considera que el valor esperado del daño dada una intensidad es la mitad del que se presenta en el inmueble, mientras que la varianza es la que resulta de aplicar la ecuación 14. Por lo que respecta a pérdidas consecuenciales, se supone que tienen exactamente la misma densidad de probabilidad que los daños en el inmueble.

- Evaluación de pérdidas por sismo para fines de seguros

En esta sección se describen los procedimientos para evaluar pérdidas, especialmente en los aspectos propios de la operación del seguro de terremoto. Se describen primero los criterios para hacer estimaciones en edificaciones individuales y, posteriormente, la manera en que se modelan las pérdidas en una cartera completa. Para ello es conveniente estimar las pérdidas sobre los valores retenidos por las compañías de seguros. Por ello, en lo sucesivo, toda referencia a montos se refiere precisamente a los retenidos.

- Efecto de coaseguro, deducible y limite en una edificación individual

Lo descrito en el capítulo anterior es útil para calcular la pérdida bruta, β . Interesa, sin embargo, estimar la pérdida neta, β_N , que es aquella que resulta de aplicar coaseguro, deducible y limite de primer riesgo. Para estimar la pérdida neta se consideran las variables C, D y L, el coaseguro, deducible y limite, respectivamente, expresados como una fracción del valor expuesto. La pérdida neta se define de la siguiente manera:

$$\beta_N = \begin{cases} 0 & \text{si } \beta < D \\ \beta - D & \text{si } D < \beta < L \\ L - D & \text{si } \beta > L \end{cases} \quad (17)$$

No se incluye explícitamente el efecto del coaseguro, puesto que se trata de una constante proporcional que afecta a la pérdida después de haber sido aplicado el deducible.

Procede entonces calcular $E(\beta_N|\gamma)$, $\sigma^2(\beta_N|\gamma)$ y la distribución de probabilidades de $\beta_N|\gamma$. Para ello, como se indicó, se asigna a la pérdida bruta β una distribución de probabilidades Beta con parámetros a y b , cuyas relaciones con los momentos estadísticos de β se han ya establecido. $E(\beta_N|\gamma)$, $\sigma^2(\beta_N|\gamma)$ se obtienen integrando la ecuación anterior con respecto a esta densidad de probabilidades. En estas condiciones, la distribución de probabilidad de $\beta_N|\gamma$ adopta la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
\Pr(\beta_N = 0) &= \text{Ba}(D, a, b) \\
\Pr(\beta_N = \beta_N) &= \text{Ba}(\beta_N + D, a, b) \\
\Pr(\beta_N = L - D) &= 1 - \text{Ba}(L, a, b)
\end{aligned}
\tag{18}$$

siendo $\text{Ba}(x, a, b)$ la función Beta Acumulada (Abramowitz y Stegun, 1965). El valor esperado y la varianza de la pérdida neta resultan dados por las siguientes expresiones:

$$E(\beta_N | \gamma) = \tau_1 - \tau_2 + \tau_3 \tag{19}$$

donde

$$\tau_1 = \frac{a}{a+b} (\text{Ba}(L, a+1, b) - \text{Ba}(D, a+1, b)) \tag{20}$$

$$\tau_2 = D(\text{Ba}(L, a, b) - \text{Ba}(D, a, b)) \tag{21}$$

$$\tau_3 = (L-D)(1 - \text{Ba}(L, a, b)) \tag{22}$$

Adicionalmente,

$$E(\beta_N^2 | \gamma) = u_1 - u_2 + u_3 + u_4 \tag{23}$$

donde

$$u_1 = \frac{a(a+1)}{(a+b)(a+b+1)} (\text{Ba}(L, a+2, b) - \text{Ba}(D, a+2, b)) \tag{24}$$

$$u_2 = \frac{2Da}{a+b} (\text{Ba}(L, a+1, b) - \text{Ba}(D, a+1, b)) \tag{25}$$

$$u_3 = D^2 (\text{Ba}(L, a, b) - \text{Ba}(D, a, b)) \tag{26}$$

$$u_4 = (L-D)^2 (1 - \text{Ba}(L, a, b)) \tag{27}$$

para finalmente obtener

$$\sigma^2(\beta_N | \gamma) = E(\beta_N^2 | \gamma) - E^2(\beta_N | \gamma) \tag{28}$$

En la Figura 12 se presenta un ejemplo cuando $E(\beta_N | \gamma) = 0.2$, $\sigma^2(\beta_N | \gamma) = 0.0533$, por lo que $a = 0.4$ y $b = 1.6$, con $C = 0$, $D = 0.03$ y $L = 0.75$.

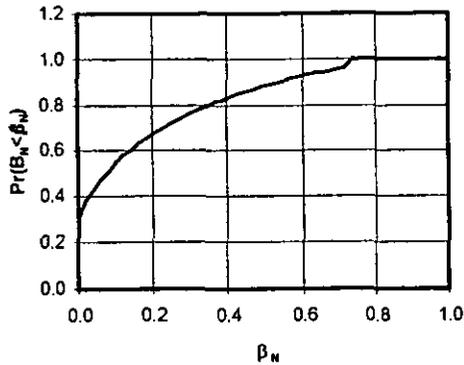


Figura 12 Ejemplo de distribución de probabilidad de β_N , la pérdida neta

En estas bases técnicas se contempla la posibilidad de que los deducibles, límites y coaseguros de edificio, contenidos y pérdidas consecuenciales sean diferentes unos de otros. Para poder aplicar las consideraciones anteriores cuando esto sucede, se procede de la siguiente manera. Sea P la pérdida monetaria bruta que se tiene en una ubicación. P se calcula de la siguiente manera:

$$P = \beta_E M_E + \beta_C M_C + \beta_S M_S \quad (29)$$

donde β_E , β_C y β_S son las pérdidas brutas (relativas) en edificio, contenidos y consecuenciales, respectivamente, mientras que M_E , M_C y M_S son los valores correspondientes. Supondremos que las tres pérdidas consideradas están completamente correlacionadas. Si dividimos P entre $M = M_E + M_C + M_S$, obtenemos una nueva variable aleatoria, β , que está entre 0 y 1 y cuya esperanza y desviación estándar están dados por:

$$E(\beta) = \frac{M_E E(\beta_E) + M_C E(\beta_C) + M_S E(\beta_S)}{M} \quad (30)$$

$$\sigma(\beta) = \frac{M_E \sigma(\beta_E) + M_C \sigma(\beta_C) + M_S \sigma(\beta_S)}{M} \quad (31)$$

Supondremos que esta nueva variable (la pérdida bruta agregada de edificio, contenido y consecuenciales) tiene también distribución Beta, con parámetros a y b que pueden calcularse a partir de las dos ecuaciones anteriores. Recordamos (inciso 2.3) que hemos supuesto que $E(\beta_C) = 0.5E(\beta_E)$ y $E(\beta_S) = E(\beta_E)$.

Incluiremos el efecto de la política de seguro en la pérdida agregada definiendo deducible, límite y coaseguro equivalentes, D_Q , L_Q y C_Q , respectivamente, de la siguiente manera:

$$D_Q = \frac{M_E D_E + M_C D_C + M_S D_S}{M} \quad (32)$$

$$L_Q = \frac{M_E L_E + M_C L_C + M_S L_S}{M} \quad (33)$$

$$C_Q = \frac{M_E C_E + M_C C_C + M_S C_S}{M} \quad (34)$$

donde D_E , D_C y D_S son los deducibles en edificio, contenidos y consecuenciales, L_E , L_C y L_S son los límites correspondientes y C_E , C_C y C_S son los coaseguros de cada uno de los tres tipos de pérdida. Esta solución es rigurosa si se supone que, en el proceso de ajuste de la pérdida, las correspondientes a los tres conceptos primero se agregan y, posteriormente, a la pérdida agregada se le aplican deducible, límite y coaseguro globales. No tenemos indicios de que el proceso de ajuste se haga de otra manera.

Entonces, la pérdida neta se obtendrá de aplicar las ecuaciones 18-28 a una distribución de pérdida con los parámetros que se dan en las ecuaciones 30-31

- **Pérdida máxima probable (PML) para una edificación**

La pérdida máxima probable, también conocida como PML, es un estimador del tamaño de las pérdidas máximas que sería razonable esperar en una edificación sometida a un proceso estacionario de ocurrencias sísmicas. El PML se utiliza como dato fundamental para determinar el tamaño de las reservas que la compañía de seguros debería mantener.

Idealmente, para determinar el PML de una ubicación debería procederse de la siguiente manera:

1. Determinar las tasas de excedencia de las pérdidas netas. Esto quiere decir calcular qué tan frecuentemente se excederían ciertos valores de pérdida.
2. Seleccionar una probabilidad anual de excedencia que, en un sistema simple de seguro, sería igual a la probabilidad de quiebra (la compañía quebraría si no tuviera en reserva una cantidad superior al PML) y adoptar como PML el valor de pérdida asociado a esa probabilidad anual de excedencia.

Para determinar el PML de una sola edificación con el criterio arriba descrito podrían calcularse las tasas de excedencia de la pérdida neta, $\mu(\beta_N)$, de la siguiente manera:

$$\mu(\beta_N) = \int_0^{\infty} \Pr(B_N > \beta_N | a) \left(-\frac{dv(a)}{da} \right) da \quad (36)$$

donde, nuevamente, a es la intensidad sísmica relevante, y $v(a)$ es la tasa de excedencia de esta intensidad.

Tratándose de una edificación individual es relativamente fácil el cálculo de $\mu(\beta_N)$, puesto que las funciones $v(a)$ están precalculadas y, dadas la localización y las características estructurales, se tienen todos los elementos para determinar $\Pr(B_N > \beta_N | a)$.

Sin embargo, tratándose de una cartera completa, el cálculo de $\mu(\beta_N)$ por un camino similar al de la ecuación (36) es prácticamente imposible de realizar, porque, en rigor, deberían conocerse las tasas de excedencia conjuntas de las intensidades sísmicas que afectarían a todos los sitios en que se desplantan los inmuebles que forman la cartera.

Existe otra posibilidad, que consiste en calcular, para cada fuente sísmica la tasa de excedencia de las pérdidas provocadas por la ocurrencia de sismos exclusivamente en esa fuente. Por este camino,

$$\mu_i(\beta_N) = \int_{M_0}^{M_U} \left[\int_0^{\infty} \Pr(B_N > \beta_N | a) f_{A|M}(a | M) da \right] \left(- \frac{d\lambda_i(M)}{dM} \right) dM \quad (37)$$

donde $\mu_i(\beta_N)$ es la tasa de excedencia de la pérdida neta —en toda la cartera— debida a la *i*ésima fuente sísmica y $f_{A|M}()$ es la densidad de probabilidades conjunta de las aceleraciones que afectan a todos los inmuebles de la cartera si en la fuente *i* ocurre un sismo con magnitud *M*; la integral con respecto a *a* debe entenderse, por tanto, como una *integral múltiple*, de dimensión igual al número de edificios que formen la cartera. La tasa total de excedencia, $\mu(\beta_N)$, se calcularía sumando las contribuciones de todas las fuentes sísmicas. Aunque el camino dado por la ecuación anterior es más sencillo, el cálculo riguroso sería sumamente lento y complejo.

En vista de lo anterior, y de que existen diversas maneras de definir el PML, se han adoptado otros criterios. Aquí, definiremos al PML como el valor de pérdida que se excedería con una probabilidad baja, P_0 , durante la ocurrencia de un sismo poco frecuente. No existen estándares universalmente aceptados sobre qué significa “probabilidad baja” ni sismo “poco frecuente”. Sin embargo, un valor típico de PML sería el asociado a 10% de probabilidad de excedencia ($P_0=0.10$) durante un sismo con periodo de retorno de 200 años.

En estas condiciones, el PML se determina considerando únicamente el valor máximo del daño que se excedería con 10% de probabilidad, tomando en cuenta todos los sismos que tienen el periodo de retorno que se ha fijado. El cálculo se realiza de la siguiente manera:

1. Se elige el periodo de retorno de los sismos potencialmente asociados con el PML.
2. Se determina, para cada fuente sísmica, la magnitud del sismo que tiene ese periodo de retorno.

3. Se determina, para cada inmueble de la cartera, la intensidad sísmica (mediana) que se presentaría si, en la fuente correspondiente, que se localiza a cierta distancia del inmueble, hubiese ocurrido el sismo con la magnitud anteriormente determinada.
4. A partir de la colección de intensidades en cada inmueble, se calcula la distribución de probabilidad de la pérdida en la cartera completa.
5. Se determina el PML para la fuente, como la pérdida que es excedida con probabilidad 10%.
6. De entre los PML calculados para cada fuente, se elige el mayor.

En el inciso siguiente se indica la manera de determinar la distribución de probabilidad de la pérdida en una cartera de ubicaciones.

- Distribución de probabilidad de la pérdida en una cartera de ubicaciones.

Como se ha mencionado, dadas unas características estructurales y una intensidad sísmica, estamos en posibilidad de determinar la distribución de probabilidad de la pérdida en un inmueble. Sin embargo, la pérdida total en la cartera es la suma de las pérdidas en múltiples ubicaciones. Se presentan los dos siguientes casos, en que la pérdida depende de las características de la póliza:

1. A cada póliza corresponde una sola ubicación, por lo que el proceso de ajuste de las pérdidas se lleva a cabo individualmente para cada inmueble. Llamaremos a este caso *Pólizas Individuales*.
2. Una póliza con deducible único cubre a un grupo de ubicaciones, probablemente numeroso y disperso geográficamente. El límite a primer riesgo se especifica, también, de manera agregada. Este caso se denominará *Pólizas Colectivas*.

Analizaremos por separado cada caso.

Pólizas individuales

Hasta el momento se han dado expresiones para estimar la pérdida en una ubicación. La pérdida en una cartera, sin embargo, es la suma de pérdidas en múltiples ubicaciones, dispersas geográficamente y parcialmente correlacionadas. Sean $E(\beta_{Ni})$ y $VAR(\beta_{Ni})$ el valor esperado y la varianza del daño neto, respectivamente, de la i -ésima ubicación (incluyendo contenidos y consecuenciales) sometida al sismo que se origina en cierta una fuente sísmica. La pérdida monetaria neta en toda la cartera, P_N , tendrá las siguientes propiedades:

$$E(P_N) = \sum_{i=1}^{Nu} M_i E(\beta_{Ni}) \quad (38)$$

$$\text{VAR}(P_N) = \sum_{i=1}^{N_u} M_i \text{VAR}(\beta_{Ni}) + 2 \sum_{i=1}^{N_u} \sum_{j=i+1}^{N_u} M_i M_j \rho_{ij} \sqrt{\text{VAR}(\beta_{Ni}) \times \text{VAR}(\beta_{Nj})} \quad (39)$$

donde ρ_{ij} es el coeficiente de correlación entre las pérdidas i y j , N_u es el número de ubicaciones y M_i es el valor (retenido) de la ubicación i . La distribución de probabilidades de P_N es sumamente difícil de calcular rigurosamente –recuérdese que las pérdidas están correlacionadas–, aunque, si N_u es grande, tiende a ser normal.

No es posible, con bases puramente empíricas, establecer valores para los coeficientes de correlación. Se ha adoptado en este estudio un valor de 0.3, independientemente de tipo estructural y localización de la ubicación. Se adoptó este valor porque, después de simulaciones y análisis de sensibilidad, se observó que el incremento en la varianza de P_N no era excesivo cuando $\rho_{ij}=0.3$ y que, por otro lado, el premio que se tenía por efecto de tener una gran cartera era notable pero no demasiado grande.

Las bases técnicas suponen que la cantidad $\beta_N = P_N/M$, siendo M la suma de montos de todas las ubicaciones, tiene también distribución Beta con los siguientes momentos estadísticos:

$$E(\beta_N) = \frac{E(P_N)}{M} \quad (40)$$

$$\text{VAR}(\beta_N) = \frac{\text{VAR}(P_N)}{M^2} \quad (41)$$

De acuerdo con lo señalado en el inciso 3.3, una vez que se han calculado los parámetros de la distribución del daño en la cartera para cada fuente sísmica, se escoge el que tiene un valor esperado mayor y, a partir de su distribución de probabilidad, se calcula el valor correspondiente a un diez por ciento de probabilidad de excedencia. Esta pérdida es lo que llamaremos la pérdida máxima probable o PML de la cartera

En las bases técnicas se ignora la posibilidad de que la pérdida sea nula, aun cuando existan deducibles, en vista de que es sumamente improbable que durante un sismo muy intenso que afecta a una cartera con numerosas ubicaciones, las pérdidas individuales en todas y cada una de ellas estén por debajo del deducible.

Pólizas colectivas

El cálculo de la pérdida en las llamadas pólizas colectivas es similar al que se realiza para pólizas individuales, aunque difiere el orden en que se aplican deducible y límite. Inicialmente se calculan los momentos estadísticos de la distribución de la pérdida bruta (a diferencia de lo que se hacía en el punto anterior, en que los momentos correspondían a la pérdida neta). Una vez obtenidos estos parámetros, y suponiendo que se trata de una distribución Beta nuevamente, se aplica el efecto de deducible y límite como se indicó anteriormente.

Puede observarse que la diferencia entre pólizas individuales y pólizas colectivas es que, en las primeras, deducible y límite se aplican ubicación por ubicación, mientras que en las segundas deducible y límite se aplican a la pérdida bruta total, construida como la suma de pérdidas en cada ubicación.

Capítulo IV

La Cuota Del Seguro De Terremoto Para Una Región Específica

4.1 Antecedentes

México es un país altamente expuesto a la ocurrencia de terremotos, debido, principalmente, a la falla sísmica que existe en las costas del suroeste del territorio, conocida como zona de subducción, como resultado del hundimiento de la Placa tectónica de Cocos con la placa Norteamericana.

De acuerdo a investigaciones del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México (véase Esteva et al, 1988) los temblores pueden clasificarse de dos maneras: (1) los de actividad de fondo, con magnitudes de la escala de Richter menores a 6 grados, cuya ocurrencia no presentan ningún patrón de recurrencia; y (2) los temblores característicos, con magnitudes de escala de Richter superiores a 6 grados, que "exhiben una casi periodicidad temporal" (Jara et al, sin fecha).

Los temblores característicos son los de mayor intensidad, y los que provocan los mayores daños, en la escala de Mercalli. De acuerdo a la Münchener Rück (1986) de 1900 a la fecha, han ocurrido en nuestro país alrededor de 34 temblores de este tipo, destacando dos temblores que tuvieron lugar en septiembre de 1985, con escalas de Richter de 8.1 y 7.5 y escalas de Mercalli de IX y VIII, que causaron pérdidas humanas y materiales.

4.2 Determinación de la Cuota Pura de Riesgo

De acuerdo a Wakuri y Yasuhara (1977), el seguro de terremoto se asemeja al seguro de vida, en el sentido que la muerte del individuo es inevitable al igual que un terremoto, y porque el proceso de acumulación de energía que provoca un evento sísmico puede ser comparado con el ciclo vital de un ser humano. Por esa razón señalan:

"La prima será baja si la póliza se suscribe en un momento en que para la región se espera que la ocurrencia de un terremoto sea en el futuro distante, y ésta se incrementará, mientras más tarde se establezca el contrato. Además, cuando se encuentra, mediante diversos métodos de predicción, que hay un incremento real en la posibilidad de ocurrencia de un terremoto en fecha próxima, se vuelve prácticamente imposible el que los aseguradores acepten el riesgo de terremoto".

Lo anterior justifica el establecimiento de una “prima nivelada” para el seguro de terremoto, semejante al que se emplea en los seguros de vida tradicionales.

Otro punto relevante que destacan los autores mencionados se refiere al problema de selección adversa de riesgo que presenta el ramo, debido a una parte a que la demanda por el seguro es mayor, todo lo demás igual, en las zonas mas expuestas a sufrir daños; y por otra, a que la demanda del seguro es baja cuando la posibilidad de un temblor característico es baja, y aumenta conforme la probabilidad de ocurrencia crece en el tiempo.

El sector asegurador ofrece coberturas para los daños en estructuras, contenidos y pérdidas consecuenciales, que pudieran resultar como consecuencia de un sismo. Para todas estas coberturas es necesario estimar los daños probables. Sin embargo, únicamente se han realizado estimaciones relativamente confiables por las estructuras, por lo que la prima para las coberturas de contenidos y pérdidas consecuenciales se ha determinado basándose en el daño probable de éstas.

Por lo anterior, el grado de incertidumbre sobre la suficiencia de la prima para contenidos y pérdidas consecuenciales es significativamente mayor al de la prima para estructuras.

Es importante señalar que la pérdida probable como resultado de un temblor depende de la intensidad del mismo en determinada región, la cual depende a su vez de la distancia del epicentro, la magnitud del evento, las características del suelo y subsuelo, y la clase de estructuras que se encuentran sobre el mismo (Ordaz et al, 1992).

En cuanto a la frecuencia de los temblores, es decir su periodo de recurrencia, éste no se puede determinar en base a técnicas estadísticas tradicionales, dado que no se cuenta con un número significativo de observaciones (Jara et al, sin fecha), por lo que éstas se han estimado a ciertas funciones de probabilidad ad hoc.

Se pretende ilustrar solamente la racionalidad de la regulación en el seguro de terremoto, se realizarán supuestos simplificadores respecto a las funciones de probabilidad de ocurrencia de sismos y de daños, sin recurrir a las funciones de distribución que han sido utilizadas para estimar la pérdidas probables.¹

Asimismo, el análisis se centrará en la determinación de la cuota para una región específica, bajo el supuesto de que esta región está expuesta una familia de temblores de cierta magnitud e intensidad. Este análisis considerará, inicialmente, que sólo puede compensarse el riesgo a través del tiempo.

Por otro lado se supondrá lo siguiente;

¹ Se ha utilizado estadística bayesiana, suponiendo diferentes procesos estocásticos como son el Gamma, el Weibull y el Logaritmo normal (véase Jara et al. sin fecha)

1. Que las Instituciones de Seguros son neutrales al riesgo y buscan maximizar el valor presente de sus beneficios esperados
2. Que el mercado de seguros de terremoto es perfectamente competitivo
3. Que la tasa de interés real y la tasa de descuento intertemporal de las empresas es igual, y constante en el tiempo;
4. Y que los costos de administración y adquisición son iguales a cero.

Se denotará a Π_{t+r} como los beneficios de la empresa por contrato, en el período $t + r$.² De acuerdo a los supuestos (1) y (3), las aseguradoras busca maximizar la siguiente expresión:

$$E_t \sum_{r=0}^{T-1} v^r \Pi_{t+r} \quad (1)$$

donde,

E_t = el operador de esperanza matemática.

$v = (1+r)^{-1}$.

r = ala tasa de interés real.

T = al horizonte de planeación de la empresa

Sea S_{t+r} la variable aleatoria que representa el daño, como porciento de la suma asegurada, que ocurre como consecuencia de un sismo en el período $t + r$, y P la prima que se cobra por cada período, como por ciento de la suma asegurada.³ De esta forma, los beneficios por unidad de tiempo son iguales a los:

$$\Pi_{t+r} = (P - S_{t+r}) \quad (2)$$

Dado que se ha supuesto competencia perfecta, el valor presente de los beneficios esperados debe ser igual a cero. Combinando (1) y (2) puede obtenerse el valor de la prima de equilibrio como sigue:⁴

² El analizar los beneficios por contrato, tiene implícito el supuesto de que la cartera asegurada en determinada región es homogénea. Es decir los riesgos individuales presentan mismas pérdidas esperadas. Evidentemente este es un supuesto irreal, pero facilita enormemente el análisis, sin alterar las conclusiones respecto a la regulación del seguro de terremoto.

³ Se utiliza una prima nivelada, es decir constante en el tiempo, dada la similitud, desde el punto de vista del seguro, del riesgo de terremoto con el de vida, como se comentó anteriormente.

⁴ Es conveniente que a la cuota resultante se incremente en base a las posibles desviaciones que puedan resultar respecto al valor esperado.

$$P \equiv \frac{\sum_{r=0}^{t-1} vr E_{t+r}}{\sum_{r=0}^{t-1} vr}$$

$$E_{t+r} = \int_{-\infty}^{\infty} S_{t+r} dF(S_{t+r}, t+r) \quad (3)$$

Donde: $F(S_{t+r}, t+r)$ es la función de distribución de S_{t+r} en el período $t+r$.

Como es evidente en (3), es necesario conocer la función de distribución de los siniestros, para poder determinar el nivel de P .

Para el análisis que se presenta a continuación resulta conveniente suponer una función de distribución de tipo discreto, con las siguientes características:

$S_{t+r} = S_i$ con probabilidad $q_{i,t+r}$;

$$i \in (1, 1, 2, 3, \dots, N);$$

$$0 \leq S_0 \leq S_1 \leq \dots \leq S_N \leq 1; \text{ y}$$

$$\sum_{i=0}^N q_{i,t+r} \equiv 1 \quad (4)$$

Es decir, se está asumiendo que en un período determinado de tiempo sólo puede ocurrir un temblor para el que la intensidad del daño varía de S_0 a S_N . Por otro lado, como la

$$P = \frac{\sum_{r=0}^{T-1} \sum_{i=0}^N vr q_{i,t+r} S_i}{\sum_{r=0}^{t-1} vr} \quad (5)$$

probabilidad de que no ocurra un temblor característico en cierto instante es positiva, supondremos que $S_0=0$. Utilizando (4) y (3) puede escribirse como se muestra en (5).

Generalmente se utiliza un cálculo más conservador de la prima, que no considera la tasa de interés real.⁵ Esto es equivaldría a una situación en la que $r = 0$, y (5) sería igual a lo siguiente:

$$P = \frac{\sum_{t=0}^{T-1} \sum_{i=0}^N v^t q_{i,t+r} S_i}{T} \quad (6)$$

Un caso de particular interés por su amplia utilización en la literatura (véase por ejemplo MAPFRE 1992) es aquel en el que además de no considerar a la tasa de interés se supone lo siguiente:

$$q_{i,t+r} = \frac{1}{T_i}; \forall i \neq 0$$

$$q_{0,t+r} = 1 - \sum_{i=1}^N q_{i,t+r} \quad (7)$$

Donde:

T_i = es el período de recurrencia de un temblor de intensidad S_i .

Es decir, para esta distribución de daños por sismo de probabilidad de ocurrencia de un temblor de cierta intensidad es constante en el tiempo e igual al recíproco del tiempo de espera entre terremotos característicos de misma intensidad. Utilizando esta distribución de probabilidades (6) puede escribirse como sigue:

$$P = \sum_{i=1}^N \frac{S_i}{T_i} \quad (8)$$

⁵ Puede mostrarse fácilmente que la probabilidad de ruina de la empresa es mayor cuando se considera una tasa real en el cálculo de la cuota pura de riesgo.

4.3 Cálculo De La Cuota Puro De Riesgo Con Coaseguro Y Deducible Y Seguros A Primer Riesgo⁶.

En la determinación de (3) no se consideró el efecto en la cuota por la participación en la pérdida del asegurado por coaseguro y/o un deducible.

Para ilustrar como se afecta esta cuota por la participación del asegurado en las pérdidas, se supondrá por simplicidad que la función de distribución de los daños es constante en el tiempo. Asimismo, se denotará a β como el porcentaje del daño en por ciento de la suma asegurada que queda a cargo del asegurado; y a S_{min} como el porcentaje de daños a partir de la cual la aseguradora asume el riesgo. De esta forma, el valor esperado de las pérdidas sería igual a lo siguiente:

$$E[S_{t+r}] = (1 - \beta) \int_{S_{min}}^{\infty} S dF(S) \quad (9)$$

Como puede apreciarse, mientras mayor sea el coaseguro y/o el deducible, menor será el valor esperado de las pérdidas y de acuerdo a (3), menor será la cuota de riesgo.

Para determinar la cuota de un seguro a primer riesgo, se denotará a S_{max} como el máximo porcentaje de daños que toma la aseguradora. Así el valor esperado de los siniestros sería igual a lo siguiente:

$$E[S_{t+r}] = \int_{S_{min}}^{\infty} S dF(S) \quad (10)$$

Como es evidente en la expresión anterior, los seguros a primer riesgo también tienen el efecto de reducir la cuota, al ser menor el soporte de la distribución de pérdidas a cargo de la aseguradora.

Por otro lado es conveniente analizar bajo que condiciones la cuota de un seguro a primer riesgo es menor que la de un seguro proporcional con coaseguro y deducible ;utilizando (9) y (10) puede mostrarse fácilmente que la cuota de un seguro a primer riesgo será menor o igual a la de un seguro proporcional cuando se cumpla lo siguiente:

⁶ Se presentan los efectos de coaseguro y deducible en la cuota puro de riesgo, con el propósito de contar con elementos que permitan evaluar más adelante la convivencia de limitar para el seguro de terremoto los descuentos en la cuota por la utilización de seguros a primer riesgo.

$$\beta \leq \frac{\int_{S_{min}}^{\infty} SdF(S) - \int_{S_{min}}^{S_{min}} SdF(s)}{\int_{S_{min}}^{\infty} SdF(s) - \int_{S_{min}}^{S_{min}} SdF(s)}$$

Para establecer cuando se cumple (11), es necesario conocer la función de distribución de pérdidas. Sin embargo, podemos señalar que mientras menor sean el deducible y el coaseguro, mayor será la posibilidad de que la prima del seguro a primer riesgo sea menor respecto a la del seguro proporcional.

4.4 Constitución De Reservas En El Seguro De Terremoto

Dado que el cálculo de la prima supone una compensación intertemporal del riesgo, las aseguradoras deben constituir reservas para hacer frente a sus compromisos al momento de ocurrir un terremoto. Si las empresas acumularan período a período la prima cobrada, la reserva que tendrían en el período $t+r$, R_{t+r} en por ciento de la suma asegurada, sería igual a lo siguiente:⁷

$$R_{t+r} = \frac{1}{\beta} R_{t+r-1} + P - S_{t+r-1} \quad R_{t+r} \geq 0 \quad (12)$$

Iterando y suponiendo que en el período inicial t , R_{t-1} , es igual a cero, (12) puede reescribirse como sigue:

$$R_{t+r} = \sum_{j=0}^r \beta^{-j} P - \sum_{j=0}^r \beta^{-j} S_{t+r-j} \quad (13)$$

Como podrá apreciarse el nivel de reserva en el período $t+r$, dependerá de las realizaciones de S_{t+r} , dependerá de las realizaciones de S_{t+r} en los períodos anteriores.

Para ilustrar este ramo del seguro no existe el concepto de prima ganada para un período contable, y que en ausencia de siniestros las empresas deben reservar la prima período a período, es conveniente utilizar a (8). De esta forma,

$$R_{t+r} = \sum_{i=1}^N \frac{t}{T_i} S_i - \sum_{j=0}^r S_{t+r-j} \quad (14)$$

⁷ Es conveniente presentar la reserva en por ciento de la suma asegurada porque la cartera que se está analizando es homogénea, en el sentido de que tanto la suma asegurada como la pérdida esperada de todos los contratos sea la misma.

Si además suponemos que $t = T_N$, y que los temblores ocurren de acuerdo al periodo de recurrencia esperado, es decir $S_{t+i} - S_i$, (14) sería igual a lo siguiente:

$$R_{t+r} = \sum_{i=1}^N \left[\frac{T_N - T_i}{T_i} \right] S_i$$

Como puede apreciarse, de acumular las cuotas cobradas cada período, la institución contaría con los recursos necesarios para pagar los daños asegurados por ocurrencia de temblores; y en caso de no hacerlo, ésta podría hacer frente a sus compromisos.

De esta forma, el constituir una reserva de prima no ganada o de riesgos en curso, para un periodo contable, sirve únicamente para el control administrativo sobre el negocio suscrito al año, el cual puede estar sujeto a cancelaciones y permite establecer el monto de la prima a reembolsar a un asegurado.

Evidentemente, no es factible observar las condiciones que podrían dar lugar a (14), por lo que es posible que a pesar de que las instituciones reserven las primas periodo a periodo, los recursos acumulados no sean suficientes para hacer frente a las pérdidas.

Por otro lado, es conveniente señalar que es difícil estimar el periodo de recurrencia de los temblores y el daño probable como consecuencia de éstos; situación que incrementa la probabilidad de ruina de una institución de seguros.

4.5 Estudios De Pérdidas Esperadas Por Sismo En La Ciudad De México

El estudio elaborado por la UNAM se divide en la ocurrencia de un gran sismo en las costas de Guerrero; y la evaluación de las pérdidas máximas esperadas (en un evento) para diferentes tipos de exposición (25, 50,75 y 100 años), considerando la ocurrencia de temblores en todas las fuentes sismogénicas cuya contribución al riesgo es significativa.

Dado que los temblores característicos son recurrentes, nuestro país seguirá experimentando temblores de gran magnitud con cierta periodicidad. De echo, los científicos consideran que el próximo sismo importante ocurrirá en las costas de Guerrero, debido a la ausencia de actividad sísmica grave desde 1911. Es decir, consideran que la magnitud de un temblor depende de la energía acumulada en la zona de subducción, por lo que la quietud sísmica, grave desde 1911. Es decir, consideran que la magnitud de un temblor depende de la energía acumulada en la zona de subducción, por lo que la quietud sísmica, denominada Brecha Sísmica, tiende a incrementar tanto la probabilidad de ocurrencia, como la magnitud del sismo.

Se suponen dos casos antes de determinar el caso de análisis en el cual el caso 1 tiene como hipótesis un evento de magnitud esperada igual a 8.2 que se localizaría frente a las costas

de guerrero, con una distancia R de 280Km entre el D.F. y el área epicentral del evento, calculando una pérdida esperada de 4.63% para toda la ciudad de México, estimando la pérdida describiéndola mediante su distribución de probabilidades. En la fig. 1 se presenta la curva, llamada caso 1, que indica las probabilidades de excedencia⁸ de diversos valores de la pérdida que se presentaría si ocurriese el temblor máximo probable. Puede observarse por ejemplo, que la probabilidad de que la pérdida sea superior a 10% es aproximadamente igual a 10%, y que la probabilidad de que se exceda una pérdida de 20% es del orden de 3%. Una manera de interpretar estas probabilidades de excedencia es la siguiente: supóngase que en el transcurso del tiempo solamente ocurren temblores de la familia del máximo probable; entonces, en uno de cada 10 temblores la pérdida será mayor que 10% y en uno de cada 30 la pérdida excederá de 20%. Pero esto acontecería si solo se presentaran temblores del caso 1. Esto, desde luego, no es realista, y por esta razón es incorrecto tomar como reserva, digamos, la pérdida cuya probabilidad de excedencia es 3% en este escenario porque la probabilidad de que este escenario se presente es sumamente baja.

Para tener una idea de cómo varía la distribución de las pérdidas dependiendo del escenario de ocurrencia de temblores que se postulan en la fig. 1 se presentan con fines de ilustración otros dos casos posibles. En el caso 2 se conserva la restricción de que todos los eventos tengan $EM=8.2$, pero sus localizaciones ahora son más realistas, es decir, no todos ocurren frente a las costas de Guerrero, sino que se distribuyen a lo largo de toda la zona de subducción (jalisco a Oaxaca); siendo un escenario más probable que el caso 1. La pérdida para el caso 2 es de 3.43% y las probabilidades de excedencia son menores que para el caso 1 (por ejemplo, la probabilidad de que se exceda un 10% de pérdida es ahora de 6% y una pérdida de 20% se excedería sólo con probabilidades de la reserva, puesto que aunque la distribución espacial de los epicentros es correcta, no lo es su magnitud esperada; en este escenario se ha postulado también que solo ocurren temblores con magnitud cercana a la máxima esperada.

Un tercer caso, más realistas que los anteriores, supone que no sólo ocurrirán temblores con magnitud cercana a la máxima, sino que ocurrirán eventos con magnitudes cuya distribución es la observada en la realidad. Se excluyen los eventos de subducción con magnitud pequeña, en vista de su baja contribución al riesgo sísmico del DF. Así, se postula ahora un proceso en que ocurren temblores con magnitudes y localizaciones que tienen una distribución realista. En éste caso la pérdida esperada es de 1.47% y las probabilidades de excedencia para este escenario se presentan en la fig. 1 (caso tres).

⁸ Vale la pena señalar que esta descripción de la distribución de probabilidades de la pérdida es la más completa posible, y es evidentemente, más completa que se da a través de la media y la desviación estándar, además en vista de que la distribución no es gaussiana, estimar las probabilidades de excedencia mediante "la media más cierto número de veces la desviación estándar" lleva conclusiones erróneas.

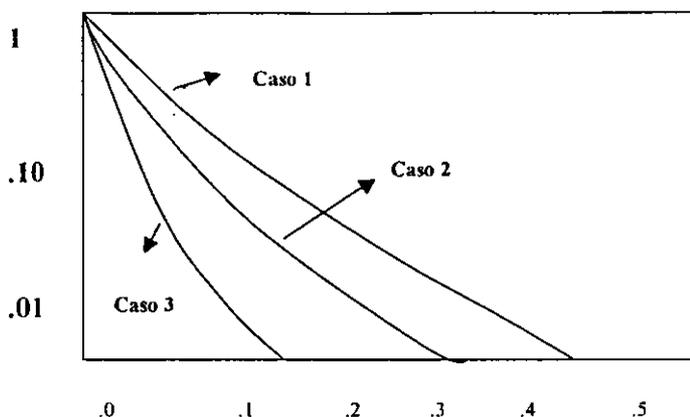


Fig.1 Probabilidad de excedencia de las pérdidas asociadas a los tres casos descritos

Nótese que ahora, por ejemplo, la probabilidad de exceder 10% de pérdida es sólo 1% y una pérdida de 5% se excedería en 4% de los casos. Esta curva mide la distribución de probabilidades de las pérdidas que acontecerían cada vez que ocurriera un temblor significativo.

CASO	PÉRDIDA ESPERADA
1. EM= 8.2, R=280km	4.63
2. EM = 8.2, R variable	3.43
3. EM = 7.5, R variable	1.47

Tabla 1

Pérdidas máximas esperadas en lapsos dados.

Las curvas de la fig. 1 son probabilidades de excedencia de la pérdida, β , en un evento, $P_e(\beta; 1)$. Por lo tanto las distribuciones de β , $P(\beta; 1)$, están dadas por :

$$P(\beta;1)= 1- Pe(\beta;1) \quad (1)$$

Se considera la curva 3, puesto que ella está asociada a un escenario realista de ocurrencia de temblores.

La probabilidad de exceder a un valor β en N eventos está dada por :

$$P(\beta;1)= 1- (Pe(\beta;1))^n \quad (2)$$

Y el valor esperado de la pérdida máxima en N eventos, $E(D_{max}(N))$, es

$$E(D_{max}(N)) = \int_0^1 Pe(x, N) dx \quad (3)$$

A partir de la ecuación 3 y el valor de $Pe(\beta;1)$ dado en la figura 1, sería posible calcular la pérdida máxima esperada en un lapso dado, T, si supiera cuántos temblores ocurrirían en ese lapso.

En virtud de que los tiempos de ocurrencia de los sismos son aleatorios, el número de eventos que se presentarían en un lapso dado también lo es. Sin embargo, una aproximación razonable es suponer que:

$$N = \lambda T \quad (4)$$

Donde λ es el número medio de temblores por año que pertenecen al proceso considerado. Para el proceso que nos ocupa, λ es aproximadamente 0.33 temblores/año (es decir, 1 temblor cada 3 años), por lo que en un lapso de 100 años de presentarían cerca de 33 eventos.

En la tabla 2 se presentan las pérdidas máximas esperadas para distintos lapsos de exposición, la probabilidad de que estas se excedieran en un temblor al azar de entre los que forman parte del proceso, la mediana de las pérdidas y su moda. La pérdida máxima esperada puede interpretarse de la siguiente manera: supóngase que se observa durante, digamos 100 años, el proceso de ocurrencia de temblores, en estos 100 años ocurren aproximadamente 33 temblores. Cada temblor produce una pérdida; de entre ellas, se elige la máxima, y se repite la observación por un número muy grande de periodos en 100 años.

La pérdida máxima esperada será entonces el promedio de todas las pérdidas máximas que se presentaron en lapsos de observación de 100 años.

Nótese que en la tabla 2, debido a la gran simetría que el número de eventos que ocurrirán en un lapso dado se conoce de manera determinista (ecuación 4), es posible calcular la probabilidad anual de excedencia de diversos valores de la pérdida. Estos resultados se presentan en la figura 2.

T (años)	$E(\beta)1$	$PE(E(\beta))2$	$MED(\beta)3$	$MOD(\beta)4$	N^*
3	1.47	30.0	.80	<0.2(4)	1
25	4.96	5	3.90	2.50	8
50	6.82	2.7	5.50	4.30	16
75	8.6	1.8	7.10	4.90	25
100	9.63	1.2	7.90	5.30	33

Tabla 2

Puede apreciarse en la figura 2, que por ejemplo, una pérdida de 4% tiene una probabilidad anual de excedencia de 2.5%, mientras que una pérdida de 10% está asociada a una probabilidad de excedencia de cerca de 0.4% por año.

**Probabilidad
de excedencia**

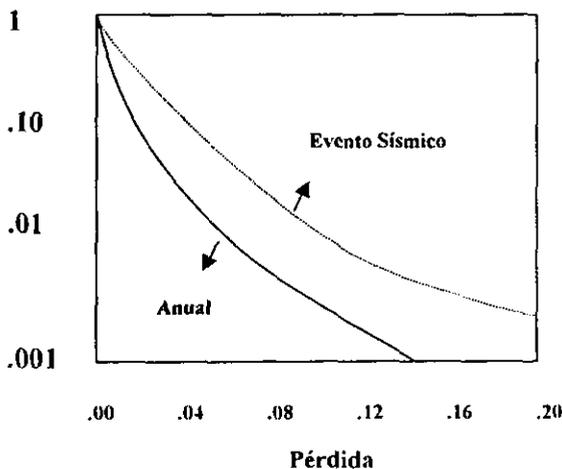


Fig.2 Probabilidades de excedencia anual (línea continua) y un evento sísmico (línea discontinua).

Conclusiones

Tener un conocimiento general del riesgo en cuanto a su definición, sus componentes y las formas generales de evaluación, permite estimar con mayor precisión su comportamiento dentro de la administración de cada empresa, teniendo una base más sólida para la determinación de la pérdida máxima probable del riesgo.

Establecer las cualidades del riesgo tanto en su frecuencia, severidad y variación nos permiten medir las pérdidas esperadas teniendo un mejor proceso de evaluación para el cálculo de la máxima pérdida.

Conocer los antecedentes de cálculo de pérdidas máximas esperadas en algunos riesgos (riesgos típicos de la industria), simplifican y/o establecen nuevas bases para el cálculo de otros riesgos "paralelos".

El concepto de pérdida máxima probable, tienen como base técnica la valuación del riesgo con dos componentes fundamentales, la frecuencia y la severidad, en la primera se tiene como base la ocurrencia del siniestro con relación a la masa de riesgos homogéneos expuestos. En la severidad, se trata de medir el monto del siniestro, por lo que se vuelve relevante conocer la distribución del monto de las reclamaciones, para determinar este valor.

La severidad promedio, se determina como un valor esperado cuando se conoce la función de distribución del monto de los siniestros, en efecto:

$$Sp = \int_0^{\infty} Sf(s) ds$$

Sin embargo, este concepto de "severidad promedio" es viable de aplicación cuando se tiene una cantidad suficiente de unidades económicas en riesgo, y cuyo valor es entre unas y otras tiene un alto grado de homogeneidad.

En ciertos riesgos es importante solo tomar en cuenta la frecuencia y tratar de determinar la prima como frecuencia aplicada al valor de PML, particularizando el PML de cada riesgo. En términos de probabilidad, se puede ver el P.M.L. como el valor esperado máximo probable de la pérdida, bajo la hipótesis de la ocurrencia del siniestro.

$$P.M.L. = E(S/O)$$

En algunos riesgos es necesario plantearse la ocurrencia de siniestro en diversas condiciones realistas, y adoptar el supuesto que origine la pérdida más grande y probable.

$$P.M.L. = \text{Max}(PML1, PML2, \dots, PMLi) = \text{Max}(E(S1/O1), E(S2/O2) \dots E(Si/Oi))$$

En particular, se establece que no existe un solo método de determinación de la pérdida máxima probable entre los diferentes riesgos, como son los riesgos “normales” (incendio y/o explosión) y riesgos de la naturaleza (terremoto, tempestad e inundación) .

Entre los “riesgos normales”, para la determinación del PML en el seguro de Incendio, se ha mostrado que se debe determinar con mejor exactitud los distintos sectores en los que podamos subdividir el riesgo, valorando el continente o edificio, los equipos industriales y sus instalaciones, así como las existencias máximas que se encuentren en cada subdivisión, suponiendo posibles escenarios de siniestro y evaluando sus consecuencias. Es recomendable la siguiente forma para estimar el P.M.L.:

- Visita a la planta
- Obtención de planos de distribución
- Fijar sectores de riesgo
- Determinar valoraciones de los distintos sectores
- Estudiar posibles escenarios de siniestros
- Evaluar las respectivas consecuencias

Entre riesgos de la naturaleza, para tener un estudio referente a la estimación de la pérdida máxima probable, se tiene que tratar de reducir a cifras los cuatro elementos principales exposición, vulnerabilidad, distribución de valores y condiciones de seguro, y de combinarlos entre sí. En el caso ideal obtenemos una relación que informa con qué frecuencia habremos de contar con un evento siniestral de una cierta cuantía. Un valor PML derivado de esta base será una medida muy significativa, gracias a la clara situación de partida y a la frecuencia de acacimientto determinada.

Para el peligro de terremoto puede aplicarse muy bien este concepto con las reservas ya mencionadas en el capítulo III. De todos modos, la calidad de los resultados de nuestros cálculos dependerá de la calidad de los datos de partida.

En muchos mercados, las cifras de cúmulos del peligro de terremoto se estiman bastante inexactamente o de una forma incompleta; los periodos de recurrencia y las tasas de daño se basan en parte en informaciones o en experiencias insuficientes, y las condiciones de

seguro en cuanto al peligro de terremoto son a menudo poco claras, pues han sido sometidas a pruebas en un "caso serio".

En comparación con el peligro de terremoto, la estimación de los peligros de tempestad y de inundación está un paso más atrás. Los elementos de partida son menos calculables que en el caso de terremoto, y además algunos factores adicionales como las variaciones transitorias de la exposición desempeñan un sustancial papel. La vinculación de los daños de eventos siniestros a las frecuencias de acaecimientos es sólo posible en una medida limitada.

Esto nos muestra que se necesita mayor solidez a las bases de partida para poder desarrollar una mejor estimación de la pérdida máxima probable.

Idealmente, para determinar el PML de una ubicación debería procederse de la siguiente manera:

1. Determinar las tasas de excedencia de las pérdidas netas. Esto quiere decir calcular qué tan frecuentemente se excederían ciertos valores de pérdida.
2. Seleccionar una probabilidad anual de excedencia que, en un sistema simple de seguro, sería igual a la probabilidad de quiebra (la compañía quebraría si no tuviera en reserva una cantidad superior al PML) y adoptar como PML el valor de pérdida asociado a esa probabilidad anual de excedencia.

Para determinar el PML de una sola edificación con el criterio arriba descrito podrían calcularse las tasas de excedencia de la pérdida neta, $\mu(\beta_N)$, de la siguiente manera: (ecuación 36, capítulo III)

$$\mu(\beta_N) = \int_0^{\infty} \Pr(B_N > \beta_N | a) \left(-\frac{dv(a)}{da} \right) da$$

donde, nuevamente, a es la intensidad sísmica relevante, y $v(a)$ es la tasa de excedencia de esta intensidad.

Tratándose de una edificación individual es relativamente fácil el cálculo de $\mu(\beta_N)$, puesto que las funciones $v(a)$ están precalculadas y, dadas la localización y las características estructurales, se tienen todos los elementos para determinar $\Pr(B_N > \beta_N | a)$.

Sin embargo, tratándose de una cartera completa, el cálculo de $\mu(\beta_N)$ por un camino similar al de la ecuación (36) es prácticamente imposible de realizar, porque, en rigor, deberían conocerse las tasas de excedencia conjuntas de las intensidades sísmicas que afectarían a todos los sitios en que se desplantan los inmuebles que forman la cartera.

Existe otra posibilidad, que consiste en calcular, para cada fuente sísmica la tasa de excedencia de las pérdidas provocadas por la ocurrencia de sismos exclusivamente en esa fuente. Por este camino,

$$\mu_i(\beta_N) = \int_{M_0}^{M_u} \left[\int_0^{\infty} \Pr(\beta_N > \beta_N | a) f_{A|M}(a | M) da \right] \left(-\frac{d\lambda_1(M)}{dM} \right) dM \quad (37)$$

donde $\mu_i(\beta_N)$ es la tasa de excedencia de la pérdida neta –en toda la cartera– debida a la i ésima fuente sísmica y $f_{A|M}()$ es la densidad de probabilidades conjunta de las aceleraciones que afectan a todos los inmuebles de la cartera si en la fuente i ocurre un sismo con magnitud M ; la integral con respecto a a debe entenderse, por tanto, como una integral múltiple, de dimensión igual al número de edificios que formen la cartera. La tasa total de excedencia, $\mu(\beta_N)$, se calcularía sumando las contribuciones de todas las fuentes sísmicas. Aunque el camino dado por la ecuación anterior es más sencillo, el cálculo riguroso sería sumamente lento y complejo.

En vista de lo anterior, y de que existen diversas maneras de definir el PML, se han adoptado otros criterios. Aquí, definiremos al PML como el valor de pérdida que se excedería con una probabilidad baja, P_0 , durante la ocurrencia de un sismo poco frecuente. No existen estándares universalmente aceptados sobre qué significa “probabilidad baja” ni sismo “poco frecuente”. Sin embargo, un valor típico de PML sería el asociado a 10% de probabilidad de excedencia ($P_0=0.10$) durante un sismo con periodo de retorno de 200 años.

En estas condiciones, el PML se determina considerando únicamente el valor máximo del daño que se excedería con 10% de probabilidad, tomando en cuenta todos los sismos que tienen el periodo de retorno que se ha fijado. El cálculo se realiza de la siguiente manera:

1. Se elige el periodo de retorno de los sismos potencialmente asociados con el PML.
2. Se determina, para cada fuente sísmica, la magnitud del sismo que tiene ese periodo de retorno.
3. Se determina, para cada inmueble de la cartera, la intensidad sísmica (mediana) que se presentaría si, en la fuente correspondiente, que se localiza a cierta distancia del inmueble, hubiese ocurrido el sismo con la magnitud anteriormente determinada.
4. A partir de la colección de intensidades en cada inmueble, se calcula la distribución de probabilidad de la pérdida en la cartera completa.
5. Se determina el PML para la fuente, como la pérdida que es excedida con probabilidad 10%.
6. De entre los PML calculados para cada fuente, se elige el mayor.

Anexo I

El Seguro De Terremoto Y Erupción Volcánica

Durante los últimos años, la penetración de las Compañías Aseguradoras en el mercado Mexicano ha traído como consecuencia un desarrollo en la tarifa de Terremoto y Erupción Volcánica de gran consideración, creciendo con ello, una mejor precisión en la medición de los riesgos y uniformidad entre las cotizaciones de las diferentes compañías.

Por otro lado la aceptación del mercado del reaseguro¹ ha sido positiva con respecto al costo de los catastróficos, incrementando la competitividad por participar y establecer carteras en el mercado mexicano, compitiendo de manera directa aun en riesgos medianos.

Una de las principales bases para constituir la tarifa de Terremoto y Erupción Volcánica es la participación del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, que ha permitido modelar de manera muy precisa el comportamiento esperado de las estructuras en diferentes escenarios de intensidades de temblor contando últimamente con dos instrumentos muy adelantados a niveles internacionales:

Un programa que permite encontrar la cuota de riesgo de un edificio dado considerando cerca de diez variables estructurales así como el tipo de suelo y cuya aplicación se percibe de gran utilidad para conocer la exposición de construcciones de gran valor o de un conjunto de edificaciones de valores importantes, para así obtener una referencia técnica para asesorar a los asegurados o como instrumento de selección para las aseguradoras. Sin embargo no es viable de aplicar este modelo para la determinación del precio particular de un seguro pues se perdería el principio de subsidiaridad.

Existiendo este mismo modelo en una versión que calcula la cuota pura de riesgo para cualquier punto en todo el país, considerando cuatro variables básicas: altura, tipo de suelo, estructura y localización geográfica, siendo de gran ayuda para la obtención de la prima pura de riesgo de valuación por riesgo.

A partir del sustento técnico de los modelos anteriores, se debió estar desarrollando una versión que calcula la pérdida máxima probable de una cartera dada y que debió estar operando en junio de 1998 para aplicarse a los resultados del ejercicio en diciembre del mismo año.

¹ Cuando las compañías aseguradoras no pueden asumir riesgos éstos los transfieren a las reaseguradoras.

Este dato determina una función de la reglamentación correspondiente el límite máximo de la reserva de riesgos catastróficos por lo que hace al riesgo de temblor. Esto moderniza los regímenes de constitución de reservas técnicas de riesgos en cursos y catastrófica con la aplicación del modelo de valuación del riesgo, y solvencia delimitando el capital de garantía en función al riesgo de la cartera.

Para los efectos de ésta tarifa la República Mexicana (salvo el Distrito Federal y el puerto de Acapulco Juárez, Gro.) queda dividida en 4 zonas (A,B,C, y D).

El Distrito Federal, queda dividido en 5 zonas denominan E, F,G y H1 y H2 elaborado por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Así mismo, se crea la zona B1 que incluyen los municipios colindantes al Distrito Federal.

2.1 Condiciones Contractuales

Las condiciones contractuales del seguro de Terremoto y Erupción Volcánica establecen los alcances de la cobertura, así como las restricciones y exclusiones relativas al riesgo asegurado. En esta sección se presenta una transcripción del contenido de las condiciones generales de este seguro, y cuando resulte necesario se dará explicación de los aspectos más relevantes que aparecen en la citada transcripción.

“Las condiciones generales del seguro de Terremoto y Erupción Volcánica son aplicables a cada riesgo separado, entendiéndose como un solo riesgo cada edificio o estructura independiente; los contenidos de cada edificio o estructura independiente; bienes al aire libre dentro de un mismo predio. No es aplicable este seguro a edificios instalaciones, construcciones y contenidos que no se encuentren totalmente terminados.”

“No se permite excluir parte alguna de la cubierta del edificio en este seguro, con la excepción del valor del terreno, cimientos y fundamentos que se encuentren bajo el nivel del piso más bajo, no se permite asegurar la responsabilidad de inquilinos por parte de edificios, pero cuando exista una división catastral de propiedad se permitirá asegurar independientemente la parte que corresponda a cada propietario.”

Los descuentos permitidos son:

- Para deducibles mayores, de acuerdo con la ubicación geográfica del riesgo siendo el máximo a aplicar el 35%.
- Descuento del 10% a hipotecarias aplicable a la cuota que le corresponde siempre que se cumpla con lo siguiente:
 - a) Que el contratante de la póliza sea el otorgante del crédito.
 - b) Que el otorgante del crédito sea un otorgante moral que practique el crédito institucionalmente, por tanto se incluye no solo la banca privada o sociedades mercantiles especializadas, sino a otras organizaciones públicas o privadas.
 - c) Que todos los seguros de créditos otorgados sean contratados en una póliza maestra.

Para la definición de tipos constructivos se tomó la base utilizada por el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. así como la zonificación propuesta para el Distrito Federal, Valle de México, Acapulco y República Mexicana.

Se consideran como Grandes Riesgos, a la ubicación o ubicaciones pertenecientes a una empresa, o a un grupo de empresas legalmente constituidas bajo una sola razón social, y por tanto, con un interés económico asegurable común, siempre y cuando;

- a) La suma asegurada del conjunto de ubicaciones sea mayor o igual a 100 millones de dólares, independientemente de las sumas aseguradas de cada una de ellas ó
- b) La suma asegurada de al menos una de las ubicaciones sea mayor o igual a dls. 50 millones, sin importar la suma asegurada del conjunto de ubicaciones.

Se considera la prima de evaluación para grandes riesgos igual a la prima comercial emitida descontando los recargos por utilidad, administración y adquisición reales, y el recargo para cubrir el costo de exceso de pérdida, si lo hubiere.

2.2 Los Riesgos Y Bienes Cubiertos

Los bienes amparados por la póliza, quedan también cubiertos contra daños materiales directos causados por Erupción Volcánica.

Los daños amparados por esta póliza que sean ocasionados por algún Terremoto y/o Erupción Volcánica darán origen a una reclamación separada por cada uno de esos fenómenos; pero si varios de estos ocurren dentro de cualquier período de 72 horas consecutivas durante la vigencia de aquel, se tendrán como un solo siniestro y los daños que causen deberán ser comprendidos en una sola reclamación.

I. Bienes Y Perdidas Excluidos Pero Que Pueden Ser Cubiertos Mediante Convenio Expreso.

Salvo convenio expreso la compañía no será responsable por daños:

- a) A cimientos, albercas, bardas, patios exteriores, escaleras exteriores y cualesquiera otras construcciones separadas del edificio o edificios o construcciones que estén asegurados por la póliza.
- b) A muros de contención de bajo nivel del nivel del piso más bajo, ni a muros de contención independientes.
- c) Pérdidas consecuenciales.

II. Bienes Y Riesgos Excluidos Que No Pueden Ser Cubiertos

La compañía no podrá ser en ningún caso responsable por daños:

- a) A suelos y terrenos
- b) A cualquier clase de frescos y murales que como motivo de decoración o de ornamentación estén pintados en o formen parte del edificio o edificios o construcciones aseguradas.

- c) Causados directa o indirectamente, próximo o remotamente por reacciones nucleares, radiaciones o contaminaciones radioactivas, ya sean controladas o no y sean o no consecuencia de terremoto y/o Erupción Volcánica.
- d) Por marejada o inundación aunque éstas fueren originadas por alguno de los peligros contra a los cuales ampara este seguro.
- e) Causados por vibraciones o movimientos naturales del subsuelo que sean ajenos al terremoto, tales como hundimientos, desplazamientos y asentamientos normales no repetidos.

2.3 Características De Los Edificios

Como ya se menciona, el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. elaboró un proyecto para prever los daños en edificios, en caso de sismo, y poder de manera aproximada calificar, la asegurabilidad de estos. En base a la relación en que están sujetos los edificios a un mayor o menor riesgo de danos de acuerdo con sus características especiales de construcción y de acuerdo a la zona en que se encuentren ubicados, con colaboración de la Comisión de temblor para el ajuste de las cuotas.

Los factores que se cuentan para la aplicación de las cuotas de edificios y contenidos son la Zona Sísmica y la Altura.

Para clasificar a los edificios se seleccionaron ocho grupos generales (del I al VIII) y dos subdivisiones (I-A y II-A), tomando en cuenta que no se tomaron en consideración casos particulares por lo que se deben de acomodar los diferentes casos que se presenten al grupo de mayor similitud.

Las características de los ocho grupos generales son las siguientes:

I. Edificios construidos con muros de carga de mampostería, con entrepisos, techos, dadas y castillos de concreto armado, hasta tres pisos de altura. Se entiende por "muros de mampostería", aquellos construidos, con piedra, tabique y ladrillo, adobe o bloques sobrepuestos de hileras y unidos entre sí por morteros y cementantes.

I-A Con las mismas características del tipo I, pero teniendo una altura mayor de tres pisos.

II. Estructura combinada con muros de carga y estructura de concreto armado, siempre que tenga castillos, dadas entrepisos y techos de concreto armado y que su altura sea hasta de tres pisos.

II-A Con las mismas características del tipo II, pero teniendo una altura mayor de tres pisos.

III. Estructura de concreto armado con entrepisos y techos también de concreto y que tengan muros de relleno en las fachadas o con muros divisorios y que siempre estos muros tengan por lo menos 14cms. de espesor y sean de ladrillo de barro. Se

incluyen también edificios que contengan muros de concreto armado, entendiéndose que los muros de concreto o tabique ligan las losas de los entrepisos entre sí o con el techo.

IV. Con las mismas características que el grupo III pero cuando no tengan muros en las fachadas o en el interior, o bien que estos muros sean divisiones ligeras. "Divisiones ligeras" son todos aquellos muros construidos posteriormente a la terminación del edificio y que no se hallen ligados estructuralmente al mismo. Pueden estar hechos de tabique, bloques, siporex, madera, metal, etc. En esta clasificación se encuentran los edificios modernos, de oficinas que únicamente tiene muros en los linderos y pocos o ninguno en las fachas y el interior aunque después los inquilinos los subdividen con las divisiones ligeras que antes se mencionan.

V. Estructuras de acero con entrepisos y techos de concreto y que tengan tubos de relleno de mampostería en las fachadas o con los muros divisorios y que siempre que estos muros de ladrillo de barro tengan por lo menos 14cms de espesor. Si una estructura de acero esta revestida de concreto o de otros materiales aislantes, no por esto se debe considerar como una estructura de concreto sino de acero. Por otra parte el hecho de que una estructura de concreto tenga algunos elementos aislados de acero que estén en minoría dentro de la estructura, no es suficiente para considerar a esta estructura como de acero o a la inversa.

VI. Con las mismas características que el tipo V, pero cuando tengan muros en las fachadas o en el interior o bien estos muros sean divisiones ligeras. Los tipos V y VI son similares a los tipos III y IV con la única diferencia que en las primeras la estructura es de concreto y en los últimos de acero.

VII. Estructuras para naves industriales, bodegas, cines o similares, construidas basándose en techos ligeros de lámina de asbesto - cemento, láminas metálicas, hojas de siporex, tejas, pizarra, madera o materiales ligeros semejantes sobre armaduras metálicas, de madera o de concreto reforzado, que se apoyen en columnas y/o muros de carga.

VIII. Estructuras especiales construidas con vigas precoladas, paraguas, invertidos o bien estructuras que descansen en una sola columna o hilera de columnas. Dentro de esta categoría caben todas aquellas estructuras especiales tales como tanques elevados, silos construidos de cualquier material, chimeneas, torres, etc. este tipo de construcciones no llevarán recargo por altura.

Para todas las clasificaciones se toma en cuenta el número de pisos de un edificio a partir e incluyendo la planta baja.

Se considera dos tipos de altura para los edificios: los edificios bajos, de 1 a 6 pisos de altura, y los edificios altos de 7 pisos en adelante, las cuotas se aplican sobre la suma asegurada al 100% menos el coaseguro correspondiente.

2.5 Cuota Para Contenidos

Por contenidos se entiende a todo riesgo ubicado dentro de un edificio y que se ampara explícitamente por una póliza de seguros; en este caso, la tarifa por aplicar toma en cuenta dos factores: la zona donde se ubican y la naturaleza de los contenidos.

Se considera de manera conservadora por no tener una base auxiliar que determine con mayor precisión la afectación de los mismos el 50% de la cuota de los edificios que los contienen.

2.6 Cuota Final Base De La Tarifa Comercial

En la determinación de la cuota base de la tarifa de Terremoto y Erupción Volcánica, intervienen diversos componentes que a continuación se definen.

A. CUOTA PURA DE RIESGO (CPR)

La cuota pura de riesgo fue proporcionada por un estudio elaborado durante 1988 por la Universidad Nacional Autónoma de México, el cual contempla las siguientes características:

- No contempla la aplicación de deducibles.
- No contempla ningún tipo de recargos.

Ver cuadro 2.2

B. APLICACION DEL DEDUCIBLE

Se define como deducible la cantidad expresamente pactada que se deducirá de la indemnización que corresponda en cada siniestro.

Se aplica un deducible mínimo de 2% sobre los valores totales de estructura, el deducible es igual para edificios, contenidos y pérdidas consecuenciales.

Los deducibles diferenciales por zona son como sigue:

Zona	Deducible	Pérdidas
Daños Materiales	Consecuenciales	
A,B,B1,C,D,y E	2%	7 días
H1	3%	10 días
H2	3%	10 días
G	4%	14 días
J	5%	18 días

La cuota va en función de la severidad por la frecuencia, siendo ésta reducida al establecer un deducible fijo. Dado que un mismo sismo no necesariamente se afectan todas las estructuras de la zona, el mismo no debe aplicarse al 100% por ello se tiene un factor modificador de acuerdo a la dispersión de riesgos por zona siendo el Factor de descuento por aplicación de deducible (que modifica la aplicación directa del deducible) y se tiene otro factor que refleja la influencia de la pérdida máxima probable.

Para el establecimiento de la reducción se relaciona el factor de severidad de cada zona reflejada en el factor de pérdida máxima probable de cada zona. Ver cuadro 2.3.

Dado que un sismo no necesariamente afecta todas las estructuras de la zona se considera lo siguiente:

En las zonas de gran dispersión (A-E) el efecto de deducible es menor, considerando un efecto de solo 25% como factor de crédito, ya que un sismo no necesariamente afecta todas las estructuras de una zona, siendo el efecto del deducible no aplicable al 100%.

Por otro lado para las zonas de mayor concentración el efecto del deducible es un factor de crédito del 50%, considerándose como parámetro internacional.

Por lo tanto para obtener el resultado final de la aplicación de deducible en la tarifa de Terremoto y/o Erupción Volcánica se maneja la siguiente fórmula:

$$D * D = (F.DCTO.(DED/P.M.P.))$$

donde :

D XD = descuento por aplicación de deducible

DED = deducible de la zona

F.DCTO = factor de descuento

P.M.P = pérdida máxima probable

Para la aplicación de los descuentos por la aplicación de aumento de deducible se considera el cuadro 2.4 de descuentos por deducibles mayores.

C. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE PÉRDIDA MÁXIMA PROBABLE EN EDIFICIOS Y CONTENIDOS.

Para las zonas E, F, G, H1 y H2 se considera un recargo del 50% como margen de desviación sobre su PML que marca la U.N.A.M. siendo conservadores incrementándolo unas 1.5 veces y redondeando hacia arriba se obtiene:

ZONA E	2%
ZONA F	6%
ZONA G	18%
ZONA H1	11%
ZONA H2	6%

Para las zonas A, B, B1, C y D se tomó factor de PML más bajo de las zonas del Distrito Federal. (2%), que corresponde a la zona E.

Para el puerto de Acapulco en virtud de la proporcionalidad que guardan las cuotas de riesgo del estudio del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M., a la zona I se le asignó un factor de pérdida máxima probable de 6% que es igual al de las zonas F y H2 del Distrito Federal.

A la zona J se le asignó un factor de pérdida máxima probable de 25% que es la resultante de relacionar las cuotas de las zonas G y J y aplicar dicha relación al factor de pérdida máxima probable de la zona G, como se indica a continuación:

$$\text{Cuota de zona J/ cuota de zona G} = 4.15/2.87 = 1.446$$

$$\text{Factor de pérdida de la zona G} * 1.446 = 17.70 * 1.446 = 25.59 = 25\%$$

Tomando los deducibles diferenciales por zona y aplicándoles el mismo criterio del punto anterior, se concluyen los siguientes factores de PML aplicando la siguiente fórmula:

$$P.M.P.m = PML_i (1 - (F.DCTO. / (DED. / P.M.P. i)))$$

donde :

P.M.P. m = factor de pérdida máxima probable modificado.

P.M.P. I = factor de pérdida máxima probable inicial.

DED. = deducible

F.DCTO. = factor de descuento (descuento por aplicación de deducible)

Por lo tanto aplicando la fórmula se obtienen los siguientes factores de pérdida máxima probable.

ZONA	P.M.P.S/DED	P.M.P.C/DED
A	2.00%	1.50%
B	2.00%	1.50%
C	2.00%	1.50%
D	2.00%	1.50%
E	2.00%	1.50%
F	6.00%	5.00%
H2	6.00%	4.50%
H1	10.00%	8.50%
G	18.00%	16%

Para Acapulco, basados en la proporcionalidad de las cuotas del estudio de la U.N.A.M. para el valle de México obtenemos :

ZONA	P.M.P.S./DED	P.M.P.C/DED
I	6.00%	5.00%
J	25.00%	22.50%

D. COASEGURO

Se define como coaseguro a la participación de responsabilidades entre Compañías de Seguro o entre el asegurado y la Compañía de Seguros.

Los coaseguros establecidos para las diferentes zonas sísmicas son las siguientes:

ZONAS SÍSMICAS	COASEGUROS
A, B, C y D	10%
B1, E, F	25%
G, H1, H2, I, y J	30%

E. RECARGO POR COSTO DEL CATASTRÓFICO

El costo del catastrófico se considera de .055 al millar, contemplando un roll del 4% (prima/protección), y el costo de retención e instalación total de la cobertura.

La distribución de cuota se hace en forma gradual conforme a los diferentes niveles de peligrosidad es decir:

ZONAS	PARTICIPACION	CUOTA
A	3.7%	0.16 (AL MILLAR)
B, B1, E	50.0%	0.53 (AL MILLAR)
C, D, F, I	8.3%	0.20 (AL MILLAR)
G, H1, H2, J	38.0%	1.71 (AL MILLAR)

Para la distribución de las cuotas se considera la participación de cada una de las zonas sísmicas en la cartera representativa de 1996.

Distribución De La Cartera Representativa De 1996

ZONA

A	12.58
B	37.77
B1	4.39
C	9.73
D	2.26
E	10.48
F	10.41
G	3.68
H1	6.17
H2	1.78
I	0.12
J	0.66

La fórmula para la aplicación del costo de catastrófico queda definida para cada zona como sigue:

Costo del Catastrófico x Porcentaje de Distribución / Participación Porcentual de la Zona

Calculando el factor tenemos que:

Para la Zona A $0.55 * 0.37 / 0.1258 = 0.16$

H. CUOTA FINAL BASE DE LA TARIFA COMERCIAL

Por lo que la ecuación queda de la siguiente manera:

$$C.F. = \{[CPR*(1-DED(FDCTO/PMP))] + COSTXL\} / (1-REC)$$

En donde:

CPR	=	Cuota pura de riesgo
DED	=	Deducible
FDCTO	=	Factor de descuento por deducible
PMP	=	Factor de pérdida máxima probable
COSTXL	=	Recargo por el costo del catastrófico
REC	=	Recargos por administración, adquisición y utilidad

Ver cuadro 2.6

2.7 Distribución De Las Zonas Sísmica

La zonificación sísmica para la tarifa de Terremoto y o Erupción Volcánica esta comprendido por zonas de la siguiente manera.

ZONA A

Comprende los estados de:	Aguascalientes	(todo el estado)
	Coahuila	(todo el estado)
	Chihuahua	(todo el estado)
	Durango	(todo el estado)
	Nuevo Loen	(todo el estado)
	Quintana Roo	(todo el estado)
	San Luis Potosi	(todo el estado)
	Tamaulipas	(todo el estado)
	Yucatán	(todo el estado)
	Zacatecas	(todo el estado)

Incluyendo los Municipios que se citan en los estados de:

Veracruz: Amatlán, Tuxpan, Cerro Azul, Citlaltlepec, Chalama, Chiconamel, Chinampa de Gorostiza, Chontla, Ixcatepec, Ozuluama, Pánuco, Platón Sánchez, Pueblo Viejo, Tamalín, Tamihua, Tampico Alto, Tantoyuca, Tempoal y Tepetzintla.

H. CUOTA FINAL BASE DE LA TARIFA COMERCIAL

Por lo que la ecuación queda de la siguiente manera:

$$C.F. = \{[CPR*(1-DED(FDCTO/PMP))]\} + COSTXL / (1-REC)$$

En donde:

CPR	=	Cuota pura de riesgo
DED	=	Deducible
FDCTO	=	Factor de descuento por deducible
PMP	=	Factor de pérdida máxima probable
COSTXL	=	Recargo por el costo del catastrófico
REC	=	Recargos por administración, adquisición y utilidad

Ver cuadro 2.6

2.7 Distribución De Las Zonas Sísmica

La zonificación sísmica para la tarifa de Terremoto y o Erupción Volcánica esta comprendido por zonas de la siguiente manera.

ZONA A

Comprende los estados de:	Aguascalientes	(todo el estado)
	Coahuila	(todo el estado)
	Chihuahua	(todo el estado)
	Durango	(todo el estado)
	Nuevo Loen	(todo el estado)
	Quintana Roo	(todo el estado)
	San Luis Potosí	(todo el estado)
	Tamaulipas	(todo el estado)
	Yucatán	(todo el estado)
	Zacatecas	(todo el estado)

Incluyendo los Municipios que se citan en los estados de:

Veracruz: Amatlán, Tuxpan, Cerro Azul, Citlaltlepec, Chálama, Chiconamel, Chinampa de Gorostiza, Chontla, Ixcatepec, Ozuluama, Pánuco, Platón Sánchez, Pueblo Viejo, Tamalín, Tamihua, Tampico Alto, Tantoyuca, Tempoal y Tepetzintla.

Campeche: Incluye los municipios no considerados en la Zona B.

ZONA B

Comprende los estados de:

Baja California Sur	(todo el estado)
Guanajuato	(todo el estado)
Hidalgo	(todo el estado)
Morelos	(todo el estado)
Nayarit	(todo el estado)
Puebla	(todo el estado)
Querétaro	(todo el estado)
Sinaloa	(todo el estado)
Tabasco	(todo el estado)
Tlaxcala	(todo el estado)

Baja California Norte: Incluyen los municipios no considerados en la Zona C.

México: Incluyen los municipios no considerados en la Zona B1.

Incluyendo los municipios que se citan en los estados de:

Jalisco: Acatlán de Juárez, Ahualulco de Mercado, Amatitan, Antonio Escobedo, Arandas, El Arenal, Atotonilco el Alto, Ayo el chico, La Barca, Cuquío, Chapala, Degollado., Encarnación de Díaz, Etzatlán, Guadalajara, Hostipaquillo, Ixtlahuacán del Río, Jalostotitlán, Jamay, Jesús María, Jocotepec, Juanacatlán, Magdalena, Ocotlán, Poncitlán, El Salto, San Cristóbal de la Barranca, San Diego de Alejandría, San Julián, San Marcos, San Martín de Bolaños, San Miguel el Alto, Tala, Tepatitlán de Morelos, Tequila, Teuchitlán, Tlaquepaque, Tlaxiaco, Tonalá, Valle de Guadalupe, Villa de Obregón, Yahualica de González, Gallo Zapotlán del Rey, Zapopan, Zapotlanejo, Bolaños Colotlán, Chimaltitlán, Encarnación de Díaz, Huejúcar, Huehuquilla el Alto, Lagos de Moreno, Mexicacán, Mexquitic, Ojuelos de Jalisco, San Juan de los Lagos, Santa María de los Angeles, Teocaltiche, Totatiche, Unión de San Antonio, Villa Guerrero, y Villa Hidalgo.

Michoacán: Incluye los municipios no considerados en las Zonas C y D

Sonora: Incluye los municipios no considerados en las Zonas C.

Veracruz: Incluye los municipios no considerados en las Zonas C

Campeche: Incluye los siguientes municipios: Cd. del Carmen, Palizada.

Incluyen los municipios colindantes al Distrito federal de :

Jalatlaco, Ocoyoacac, Hixquilucan, Naucalpan, Tlanepantla, Cocolco de Berriozabal, Ecatepec de Morelos, Cd Nezahualcoyotl, Los Reyes la Paz, Ixtapaluca, Chalco, Temamatla, Tenango del Aire, Juchitepec.

ZONA C

Comprende los estados de :

Baja California Norte: Incluyen los municipios de Mexicali, Tecate y Tijuana.

Guerrero: Alpoyecá, Apaxtla, Arcelia, Atenango del Río, Buenavista de Cuellar, Colula, Copalillo, Cualac, Cuetzala de Progreso, Cutzamal de Pizón, General Canuto A. Neri, Huamuxtitlan, Hitzuco de los Figueroa, Iguala de la Independencia, Ixcateopan de Cuauhtemoc, Olinala, Pedro Ascencio, Alquistiras, Pilcaya, Pungarabato, Tasco de Alarcon, Teloloapan, Tepecuacuiclo de Trujano, Tepipac, Tlachapa, Tlapehuala, Xohihuhuehuetlan.

Jalisco: Amacueca, Ameca, Atemajac de Brizuela, Atengo, Atenguillo, Atoyac, Ayutla, Cocula, Concepción de Buenos Aires, Cuahtla, Chiquilistan, Ejutla, Guahinango, Juchitlán, Manuel M. Dieguez, La Manzanilla de la Paz, Mascota, Manzanittl, Mixtlan Quitupan, San Martín Hidalgo, San Sebastián, Exco Canton, Xayutla, Tlalpa de Allende, Tamazula de Gordiano, Tapalpa, Tecatitlán, Tecolotlán, Techalutla, Tenamaxtlán, Teocuitatlan de Corona, Tizapan el Alto, Tonaya, Tuxcueca, Unión de Tula, Valle de Juárez, Villa Corona y Zacoalco de Torres.

Michoacán : Ario, Caracuaró, Churumuco, Cotija, gabriel Zamora, Huetamo, Jiquilpan, la Huacana, Los Reyes. Madero Marcos Castellanos, Mugica, Nocupatario, Nuevo Parangaricutiro, Nuevo Hurecho, Paracuaró, Periban, Regules Sahuayo, san Lucas, santa Clara, Tacambaro, Tancitaro, Taretan, Tinguindin, Tiquicheo, Tocombo, Uruapan, Ziracuaretiro.

Oaxaca: Cosolapa, Acatlán, Ocuautla, Santa Ma, Chilchotla, tamascal, Texacalcingo, San Lorenzo Cuahuacuititla, Sta A. Ateixtlahuacan, san Pedro Ocopetatillo, Huehuetla, Eloxochitaln, Tenango, Tepoxco, Huautla de Jimenez, San pedro Ocopetatillo, Huehuetla, Eloxochitan, Antonio Nanahuatipan, Santiago Chazumba, Cozaltepec, Asuncion, Loma Bonita, Zoquiapan, Tuxtepec, Huautla, San m. Toxpalan, San felipre Jalapa de Diaz, San Lucas ojitlan, Sta catarina Zapoquila, San juan de los Cues, Coatzospan, Tequistepec, Mazatlan, San Jose Independencia Teutitla, San Jose Ayuquila, Santiago miltepec, San Juan Baustita Suschitepec, Cuyamecalco, Cuauhtemoc, Teotilapan, San Jose Chiltepec, Chila, Chapulapa, Santiago Ayuquifla, Fresnillo de Trujano, Asuncion coyotepec, Tlalixtac, San Miguel, Sta Flor, Amatitlan, Zapotitlan palmas, San feli[pe Usila, Sta Ma. Camotan, Mariscal de Juarez, Tepememe de Morelos, Sta ma. jacatepec, San pedro Sochiapan, Sta Ma. Ixcatlan, Sn S. sahuatlan, Santos Reyes papalo, Tlacotepec Plumas, San Francisco Teopan, San Juan Cineguilla, Sta. Cruz Tecacheminas, san Juan Bautista Cuicatlan, Concepción Paplo, San J. Baustita, Tlacoatzinntepec, Santiago Huajiolotitlan, San J. Silacayoapilla, San Nicolas Hidalgo, Tepeuxila, Santa Maria Papalo, Valle Nacional, Valerio Trujano, San Miguel Tequistepec, Magdalena Jicotlan, San Mateo Tlapiltepec, Jocotipac, Huajuapán de Leon, San Marcos Artega, San Martín Zatepec, la Trinidad Villa Hermosa, Yucumitil, Martín Zacatec, Santiago Cacaloxtoc, Texzacatitlan, Tonalá Guadalupe Ramirez, Texcatlan, Tonalá, Tozoatlan de Segura y Laguna, Coixtlahuaca, San Cristobal, Suchistlahuaca, San Andres Dinicuiti, San Pedro Jaltepejongo, San Lorenzo Victoria, Santiago Tamazola, san Juan Igualtepec, Santiago Apaola, Ayotzintepec, San

Agustin Atenango, San Jorge Nuhita, Quiotepec, Nativitas, Yolox, San Miguel Ahuehuetlan, Apasco, Comaltepec, Chicanua, San Andres Tepetiapan, Tomaltepec, San Andres Lagunas, Macui-tinaguis, Sahuatlan, Tepozcolula, San Pedro Yocunama, Santiago Jocotepec, San Juan Bautista, Atlatlalahuaca, Yanhuitlan, Nacaltepec, San Juan Yocuitla, san mateo, asuncion, Nochixtlan, San Juan Lalana, Santiago Comotlan Abejones, Huaclilla, San Juan Yae, san Pedro Yaneri, Yultepec, Atepec, Etlatongo, San Miguel Aloapan, La Lopa, Joyacatlan, Santa Maria Jaltianguis, San Juan Petlapa, evangelista, Yareni, Tenetze, Tetla de Castro, Tepascalapan, Teocuilco, Santiago Yaveo, Santiago Choapan, Lachirioag, Juquila Vijanos, San miguel Yotao, Ixtlan de Juarez, San jeronimo Sosola, San Idelfonso Villa Alta, San Francisco Teixtlahuaca, Natividad, Tabaa, San Juan Lealao, San J. De Estado, Muxico, Calpulapan, Chicomezuchil, Xlacul, Solaga, Huitzo, Amatlan, Ixtepeji Betaza, Lachatao, Zoogocho, Yalina, Tontepec, Zaragoza, S.Etla, San Agustin Etla, Zoochila, Nazareno Etla, Yalalag, Zacatepec, Sn. Fco. Cojones, San Juan Cotzocon, Mazaltepec, Guadalupe Etla, San mateo Cajones, Cacaotepec, xagacia, Mixistlan, Yaganiza, Tejalapan, Huayapan, Tlahiltoltepec, Sta. Ma. Alotepec, San Andres Ixtlahuaca, Tamazulapa, Teotitlan del Valle, Sto. Domingo Albarradas, San Juan Mazatlan, Asuncion Cacalotepec, Sn. P. y San P. Ayutla, San Miguel Quetzaltepec, Juquila Mixes, San Juan Guichicovi, Diaz Ordaz, Tepuxtepec, San Lucas Comotlan, Santiago ixcuintepec, san Pedro Ocoatepec, Albarradas, san Juan del Rio.

Sonora : Puerto Penasco y San Luis Colorado.

Veracruz: Acayucan, Cosoleacaque, Las Choapas, Hiagotitlan, Ixhuatlan del sureste, Jaltipan, Jesus Carranza, Juan Rodriguez Clara, Minatitlan, Moloacan, Olutla, Oteapan, Playa Vicente, San Juan Evangelista, sayula de Aleman, onusco, Texistepec y Zaragoza.

ZONA D

Comprende los estados de :

COLIMA (todo el estado)

CHIAPAS (todo el estado)

Incluyendo los municipios que se citan en los estados de :

Guerrero: Incluyen los municipios no considerados en la zona C.

Jalisco: Incluye los municipios no considerados en zonas B y C.

Michoacán : Aguililla, Apatzingan, Aquila, Arteaga buenavista, Chinicula, Copahuayana, Coalcoman, Iazaro Cardenas, Tepalcatepec, Tumbiscato de Ruiz.

Oaxaca : Incluyen los municipios no considerados en la zona C.

Limitaciones por calles de las zonas sísmicas del Distrito Federal.

Limites de la Zona E

Al norte colinda con el estado de México

Al poniente colinda con el estado de México.

Al oriente:

Bulevard M. Avila Camacho – Boulevard A.L. Mateos
Av. Altavista
Camino desierto de los Leones
Miguel Angel de Quevedo
Division del Norte
Calz. De Tlalpan – Viaducto tlalpan
AL Sur colinda con el Estado de Morelos.

Limites de la Zona F

Al Norte colinda con el estado de Mexico.
Al poniente:
Limite con el Edo. De Mexico hasta Boulevard M. Avila Camacho.
Limite con la zona E hasta Miguel A> de Quevedo
Al Sur Limite con la zona E hasta Div. Del Norte.
Al Oriente:
Av. Insurgentes Norte
Circuito Interior – Melchor Ocampo
Diagonal Patriotismo
Eje 4 Sur – Benjamin franklin
Av. Nuevo Leon – Division del Norte
Hasta Miguel Angel de Quevedo.

Limites de la zona G Centro

Al Sur:
Av. Eugenia
Av. Ramos Millan
Al Norte:
Rivera de san cosme
Puente de Alvarado
Arcos de Belen
Jose Ma. Izazaga
San Pablo
Al Oriente.
Calz. De Tlalpan
Calz. Chabacano
Calzada de la Viga

Al poniente:
Av Division del Norte
Eje 4 Sur
Patriotismo
Melchor Ocampo
Circuito Interior

Limites de la zona G Sur

Al sur :

Estrella Binaria
Calzada de Miramontes
Calzada de las Bombas

Al Norte:

Av. Rio Churubusco
Calz. Ermita Iztapalapa

Al oriente:

Arneses
Canal Nacional

Al poniente:

Division del Norte

Limites de la Zona H1

Al Norte colinda con el estado de Mexico

Al Poniente:

Av. Insurgentes Norte
Circuito interio
Rivera de San Cosme – Puente de Alvarado
Balderas
Arcos de Belem – J. Ma. Izazaga – sn. Pablo
Calzada de la Viga
Calzada Chabacano
Calzada de Tlalpan
Av. Ramos Millan – Av. Eugenia
Division del Norte
Rio Churubusco
Calz. Ermita Iztapalapa
Arneses
Canal Nacional
Calzada de Miramontes
Calzada de las Bombas
Estrella Binaria
Calz. De Tlalpan – Viaducto Tlalpan
Al Sur colinda con el estado de Morelos
Al Oriente:
Carretera Federal Mexico – Puebla
Calz. Ermita Iztapalapa
Las palmas

Felipe Angeles
Av Queretaro
Av. 12
Av. Revolucion Social
Campana del Ebano
Luis Mendez – Av. Jalisco
Javier J. Rojo Gomez
Marcelino Buendia
Canal de Tezontle – Tezontle
Calz. De la Viga
Av. Congreso de la Union
Fray Servando Teresa de Mier
Fco. Del Paso y Troncoso – Av Ing. Eduardo Molina
Av. Rio Consulado
Calle 503
Rio Guadalupe – Av. 510
J.L. Fabela
Constitucion de la Republica

Límites de la Zona H2

Al Norte colinda con el Edo. de México

Al poniente limita con la zona H1 hasta carretera federal México - Puebla.

Al Oriente colinda con el estado de México

Anexo II

Escalas De Intensidades De Mercalli

- I. *Imperceptible*: La intensidad del temblor está por debajo del límite de la perceptibilidad. Comprobable sólo instrumentalmente.
- II. *Apenas perceptible*: El temblor sólo es sentido por algunas personas en reposo en los pisos superiores de los edificios.
- III. *Débil*: sólo en parte observado. El terremoto es sentido por algunas personas en reposos en los pisos superiores del edificio.
- IV. *Observado en mayor parte*: En el interior de los edificios el temblor es sentido por muchas personas y en la calle por menos. En algunos casos puede despertar el sueño. No provoca pánico. El temblor es similar al que se siente al paso de un camión pesado. Tableteo de ventanas, puertas y platos; crujidos en pisos y paredes; algunos muebles vibran; ligero balanceo de algunos objetos; los líquidos en sus recipientes se mueven; se siente el temblor dentro de los coches sin el motor en marcha.
- V. *Despertante*: En el interior de los edificios el temblor es observado por la mayoría de la gente, en la calle por muchos. Muchos son despertados del sueño. Hay gente que abandona las casas. Los animales se intranquilizan. Se produce un temblor de todo el edificio. Los objetos libremente colgantes se balancean. Los cuadros tabletean o se mueven de su posición. Algunos relojes de péndulo se paran. Algunos objetos estables pueden caerse o moverse. Puertas y contraventanas se mueven y golpean repetidamente contra sus marcos. Los líquidos se desbordan de sus recipientes llenos. El temblor es similar al que produce en casa el vuelco y caída de un objeto pesado.
- VI. *Asustante*. Sentido por todos, en las casas y la calle. Mucha gente abandona sobresaltada sus casas. Muchas personas pierden el equilibrio. Animales domésticos abandonan establos, cuadras, etc. Rotura de platos y vasos y caída de libros de los estantes. Objetos poco estables pueden moverse y caerse. Algunos muebles ligeros se mueven. En las torres pueden sonar las campanas. Eventual desprendimiento de roques. Deslizamientos de tierra en montañas. Modificaciones en manantiales. Se observan variaciones en el nivel de agua de los pozos.
- VII. *Daños en edificios*: la mayoría de la gente abandona atemorizada las casas. El temblor se siente también dentro de un automóvil en marcha. Sonido de campanas

Anexo II

Escalas De Intensidades De Mercalli

- I. Imperceptible: La intensidad del temblor está por debajo del límite de la *perceptibilidad*. *Comprobable sólo instrumentalmente.*
- II. Apenas perceptible: El temblor sólo es sentido por algunas personas en reposo en *los pisos superiores de los edificios.*
- III. Débil: sólo en parte observado. El terremoto es sentido por algunas personas en *reposos en los pisos superiores del edificio.*
- IV. Observado en mayor parte: En el interior de los edificios el temblor es sentido por *muchas personas y en la calle por menos.* En algunos casos puede despertar el sueño. No provoca pánico. El temblor es similar al que se siente al paso de un camión pesado. *Tableteo de ventanas, puertas y platos; crujidos en pisos y paredes; algunos muebles vibran; ligero balanceo de algunos objetos; los líquidos en sus recipientes se mueven; se siente el temblor dentro de los coches sin el motor en marcha.*
- V. Despertante: En el interior de los edificios el temblor es observado por la mayoría de la gente, en la calle por muchos. Muchos son despertados del sueño. Hay gente que abandona las casas. Los animales se intranquilizan. Se produce un temblor de todo el edificio. Los objetos libremente colgantes se balancean. Los cuadros tabletean o se mueven de su posición. Algunos relojes de péndulo se paran. Algunos objetos estables pueden caerse o moverse. Puertas y contraventanas se mueven y golpean repetidamente contra sus marcos. Los líquidos se desbordan de sus recipientes llenos. El temblor es similar al que produce en casa el vuelco y caída de un objeto pesado.
- VI. Asustante. Sentido por todos, en las casas y la calle. Mucha gente abandona sobresaltada sus casas. Muchas personas pierden el equilibrio. Animales domésticos abandonan establos, cuadras, etc. Rotura de platos y vasos y caída de libros de los estantes. Objetos poco estables pueden moverse y caerse. Algunos muebles ligeros se mueven. En las torres pueden sonar las campanas. Eventual desprendimiento de revoques. Deslizamientos de tierra en montañas. Modificaciones en manantiales. Se observan variaciones en el nivel de agua de los pozos.
- VII. Daños en edificios: la mayoría de la gente abandona atemorizada las casas. El temblor se siente también dentro de un automóvil en marcha. Sonido de campanas

de mayor tamaño. Daños en revoques de construcciones reforzadas y de casas de madera; en otros edificios fuertes agrietamientos en muros y daños en chimeneas. Escapes en tuberías de conducción por costuras de soldaduras. Formación de oleaje en lagos, estanques, etc. Perturbaciones en sistemas de alimentación de pozos y manantiales, que puede llegar a secarlos. Desprendimientos en pendientes y en taludes de riberas.

- VIII. Daños mayores en edificios: Miedo y pánico. Incluso desplazamiento, y caída, de muebles pesados. En la mayoría de las construcciones reforzadas y casas de madera ligeros agrietamientos, daños mayores en revolques y en chimeneas. Corrimiento de tejas. Daños en edificios correspondientes a su solidez (ladrillo, piedra, hormigón, etc.) Desplazamiento de monumentos. Vuelco de lápidas. Pequeños desprendimientos en taludes escarpados. Grietas de algunos centímetros en el suelo. Modificaciones caudales y niveles en manantiales y pozos.
- IX. Daños generalizados en edificios: pánico general (personas y animales). Numerosos daños en los enseres domésticos. Grandes agrietamientos en muchas en muchas construcciones reforzadas. Destrucción de partes enteras de muchas construcciones normales de ladrillo o edificios de ladrillos hueco, entre otros. Derrumbe de paredes. Una pequeña parte de estos tipos de construcción queda totalmente destruida. Vuelco de estatuas y monumentos. Daños consideraciones en depósitos de agua y en condiciones subterráneas. En algunos casos deformaciones en vías férreas. Desprendimientos en montañas y deslizamientos en terrenos pendientes. Agrietamientos del suelo de hasta 10 cm. Surgimiento de agua, arena y lodo en terrenos de aluvión.
- X. Destrucción general de edificios: Destrucción de partes enteras en construcciones reforzadas. Destrucciones totales o gran parte en los demás edificios. Daños graves en puentes. Deformaciones en vías férreas, deformaciones y roturas en conducciones subterráneas. Deformaciones en pavimentación de carreteras. Grietas de decímetros en el suelo. Desprendimiento de material movedizo en pendientes. Posibles deslizamientos de grandes masas de terreno en orillas de ríos y en costas pendientes. Movimiento de lodo y arena en áreas costeras.
- XI. Efecto general destructor: Destrucciones graves en los edificios, puentes, presas, y vías férreas de mayor solidez. Destrucción de carreteras y conducciones subterráneas. Grandes agrietamientos del suelo. Desplazamientos horizontales y verticales del terreno. Suelo movedizo y flotante. Desprendimientos de masas rocosas.
- XII. Efecto desfigurante de la superficie terrestre: Destrucción de estructuras subterráneas y de construcciones de toda clase. Profunda modificación de la superficie terrestre. Intensos dislocamientos verticales y horizontales de grandes masas de suelo, con vastos desprendimientos de rocas y porciones de litorales. Modificación de cursos fluviales, formación de nuevos lagos.

Anexo III

Huracanes; Escalas De Intensidades Según Saffir/Simpson

Fuerza del Huracán	Presión del aire en el centro (mbar)	Velocidad del viento (Km/h)	Altura de las olas (m)	Daños
1	>979	119-153	1.2-1.7	mínimos
2	965-979	154-177	1.7-2.6	pequeños
3	945-964	178-209	2.6-3.8	grandes
4	920-944	210-249	3.8-5.6	extremos
5	<920	>249	>5.6	catastróficos

Bibliografía

- Peligros De la Naturaleza y carga Siniestral por evento – Suiza de Reaseguro, 1989.
- El Seguro y Reaseguro del Riesgo de Terremoto- Münchener Rückve edelrsicherungs Gesellschaft, 1991.
- Notas sobre resultados del estudio de pérdidas esperadas por sismo en la ciudad de México, por ASEMEX, Mario Ordaz, abril 1993.
- (Ref. 1) Manual de CRESTA.
Cresta, Suiza de Reaseguros, Zurich.
- (Ref. 2) Apuntes sobre los Seguros de Terremoto
Caja Reaseguradora de Chile S.A., santiago, 1981.
- (Ref.3) Estudio de Seguro contra Terremoto
F. Sauter, H.C. SHAH. Instituto nacional de Seguros,
San Juan Costa Rica, 1978.
- (Ref. 4) Earthquakes, Volcanoes and Tsunamis – An Anatomy
Of Hazards K.V. Steinbrugge, Skandia America Group, 1982.
- (Ref. 5) A model for the Assessment of Seismic Risk H. Tiedemann, proceedings of 8th
World Coference on earthquake engineering, San Francisco, 1984.
- (Ref. 6) Apreciación del riesgo de terremoto Suiza de Reaseguro, zurich, 1982.
- (Ref. 7) Natural Hazard Risk Assesment for an Insurance Program
D.G. Friedman, the geneva Papers on risk and Insurance, Vol. 9, No 30, 1984.
- (Ref. 8) Storm in europe – losses an escenarios Suiza de Reaseguros, zurich, 1986.
- (Ref. 9)Montañas – Agua – Catástrofes H. Tiedemann Suiza de reaseguros, 1988.
- Manual de Incendio y Terremoto AMIS.

TABLAS

CUADRO 2.1**AMIS TARIFA DE TERREMOTO CON UNA COMISION UNIFORME DEL 5%**

TIPO CONSTRUCTIVO	A	B	B1	C	D	E	F	G	H1	H2	I	J
EDIFICIOS BAJOS												
EDIFICIOS	0.28	1.15	0.94	1.15	1.27	0.94	1.90	5.68	4.81	4.19	1.38	7.26
CONTENIDOS	0.14	0.58	0.47	0.58	0.64	0.47	0.95	2.84	2.40	2.10	0.69	3.63
EDIFICIOS ALTOS												
EDIFICIOS	0.69	2.88	2.35	2.88	3.18	2.35	4.74	14.21	12.02	10.48	3.46	18.15
CONTENIDOS	0.35	1.44	1.18	1.44	1.59	1.18	2.37	7.10	6.01	5.24	1.73	9.08

CUADRO 2.2
FACTORES DE PERDIDA MAXIMA PROBABLE
POR ZONA EN EL SEGURO DE TERREMOTO

ZONA	P.M.P. SIN DEDUCIBLE	P.M.P. CON DEDUCIBLE	COASEGURO
A	2.00%	1.50%	10%
B	2.00%	1.50%	10%
C	2.00%	1.50%	10%
D	2.00%	1.50%	10%
E	2.00%	1.50%	25%
F	6.00%	5.00%	25%
H2	6.00%	4.50%	30%
H1	10.00%	8.50%	30%
G	18.00%	16%	30%
I	6.00%	5.00%	30%
J	25.00%	22,50%	30%

TARIFA DE TERREMOTO

CUADRO 2.3

ERDIDAS MAXIMAS PROBABLES ("P.M.L.") POR ZONAS

TIPO DE BIENES	Z O N A					S I S M I C A						
	A	B	B1	C	D	E	F	G	H1	H2	I	J
EDIFICIOS												
ESTUDIO UNAM						1.18%	3.69%	11.80%	6.68%	3.61%		
MODIFICADO (X1.5)						1.77%	5.54%	17.70%	10.02%	5.42%		
PROPUESTO	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	6.00%	18.00%	10.00%	6.00%	6.00%	25.00%
DEDUCIBLE 0%												
DEDUCIBLES DE TARIFA	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	5.50%	16.00%	8.50%	4.50%	5.00%	22.50%

CUADRO 2.4
TARIFA DE DESCUENTOS POR DEDUCIBLES MAYORES

<i>DEDUCIBLE</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>B1</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H1</i>	<i>H2</i>	<i>I</i>	<i>J</i>
3%	21%	13%	17%	4%		17%	7%				6%	
4%	31%	26%	26%	14%	9%	26%	14%		5%	8%	12%	
5%	35%	35%	35%	24%	19%	35%	21%	3%	9%	16%	19%	
6%				35%	28%		28%	5%	14%	25%	25%	2%
7%					35%		35%	8%	19%	33%	31%	4%
8%								10%	23%	35%	35%	6%
9%								13%	28%			8%
10%								16%	32%			10%

CUADRO 2.5

**TERIFA DE TERREMOTO Y ERUPCION VOLCANICA
CALCULO DE LA CUOTA BASICA CON UN (ROL) 5%**

	A	B	B1	C	D	E	F	G	H1	H2	I	J
CPR	0.06	0.45	0.24	0.88	1.00	0.24	1.46	2.87	2.23	1.91	1.00	4.15
DED	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.05
FDCTO	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
PMP	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.06	0.18	0.10	0.06	0.06	0.25
RDESV	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
COSTTXL	0.16	0.53	0.53	0.20	0.20	0.53	0.20	1.71	1.71	1.71	0.20	1.71
REC	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
C.F.	0.28	1.15	0.94	1.15	1.27	0.94	1.90	5.68	4.81	4.19	1.38	7.26