

(reaseguro cuota parte), o la relación puede variar de un riesgo a otro (otras modalidades de reaseguro proporcional como el excedente). En esta modalidad de reaseguro las sumas aseguradas determinan la cesión.

- e. **Límite por Evento:** Es una condición establecida en los contratos automáticos proporcionales, que limita la máxima responsabilidad del reasegurador en caso de que un evento afecte simultáneamente varios riesgos individuales objeto del contrato. Mientras la pérdida cedida al contrato proporcional no supere el límite por evento, el contrato no pierde su proporcionalidad, ya que cada siniestro individual será pagado por los reaseguradores en el porcentaje cedido. En aquellos casos donde la pérdida total cedida supere el límite por evento, la responsabilidad del reasegurador estará restringida al límite por evento, quedando el resto de la pérdida a cargo de la compañía de seguros. En este último caso, el contrato pierde su proporcionalidad ya que la cobertura de reaseguro depende del valor del siniestro.
- f. **Límite de Cesión:** Es el monto máximo de valor asegurado cedido que se pacta contractualmente entre el reasegurador y la compañía de seguros, en un contrato automático de reaseguro proporcional. El límite de cesión protege a la compañía de seguros en el 100% de las pérdidas cedidas, siempre y cuando el cúmulo cedido no supere el límite de cesión contractual. En caso de que la compañía de seguros ceda riesgos por encima del límite de cesión, la cobertura se reducirá de acuerdo con la regla proporcional entre el límite de cesión y el cúmulo real cedido en el momento del siniestro.

El límite de cesión es un mecanismo para controlar cúmulos cedidos al reasegurador, pero no para limitar la cobertura en caso de siniestro.

- g. **Reaseguro No Proporcional o en Exceso de Pérdida:** Es un tipo de reaseguro en el que no existe ningún tipo de relación fija predeterminada según la cual primas y siniestros deban repartirse entre asegurador directo y reasegurador. La repartición de los siniestros se efectúa según la pérdida efectivamente ocurrida. En el reaseguro no proporcional se define contractualmente el límite (prioridad) hasta el cual el asegurador asume por cuenta propia el valor de los siniestros. Por su parte, la responsabilidad del reasegurador para todos los siniestros que superen la prioridad, llega hasta el límite de cobertura convenido. En este esquema de reaseguro la cesión está determinada por el valor de los siniestros.
- h. **Reaseguro de carteras para eventos catastróficos:** Es un tipo de reaseguro no proporcional o en exceso de pérdida, que protege la retención neta de la cartera de las entidades aseguradoras en eventos que afecten simultáneamente varios riesgos individuales objeto del contrato de reaseguro.
- i. **Colocaciones facultativas por capas:** Son colocaciones donde las responsabilidades de la compañía de seguros y el reasegurador dependen de las condiciones establecidas en cada caso, de acuerdo con lo siguiente:

- **Retención proporcional:** Es una colocación facultativa por capas donde la retención de la compañía de seguros se establece como una proporción del valor asegurado del riesgo.
- **Retención no proporcional (Prioridad):** Es una colocación facultativa por capas donde la retención se define como un límite hasta el cual la compañía de seguros asume por cuenta propia el valor de los siniestros.
- **Suma de los valores retenidos y cedidos equivalente al valor asegurado de la póliza original:** Es una colocación facultativa en donde la suma de los valores retenidos por la compañía de seguros y cedidos al reasegurador es igual al 100% del valor asegurado de la póliza original.
- **Suma de los valores retenidos y cedidos menor al 100% del valor asegurado de la póliza original:** Es una colocación facultativa donde la suma de valores retenidos y cedidos se establece con criterios cualitativos y cuantitativos de las probabilidades de ocurrencia de siniestros, tales como la pérdida máxima probable. La suma de valores retenidos y cedidos se define como un porcentaje o una suma monetaria menor del 100% del valor asegurado en la póliza original.
- **Límite agregado:** Es el valor total de indemnización máximo que asumen los reaseguradores como parte de las condiciones de la colocación, durante el periodo de vigencia del reaseguro.
- **Reinstalamentos:** Corresponde al número de reestablecimientos de la cobertura fijados por los reaseguradores en la colocación facultativa, los cuales se definen en términos de la cuantía que se reestablezca y el tiempo de vigencia de la cobertura reestablecida.
- **Todo y cada pérdida:** Es una colocación facultativa por capas donde los reaseguradores asumen, sin ninguna limitante, la cuantía de todos los siniestros que puedan afectar su participación en el riesgo individual asegurado durante su vigencia. Esta modalidad no requiere reinstalamentos y no tiene límites agregados.

En los casos de reaseguro facultativo donde la retención de la Compañía de seguros actúe en forma proporcional, la suma base de liquidación corresponda a la suma asegurada en la póliza original y no existan restricciones de límites por evento o agregado anual, la colocación podrá considerarse como proporcional, así la parte cedida en reaseguro, a su vez, se distribuya en capas.

- j. **Condiciones de seguros para el asegurado:** Son las estipulaciones del contrato de seguros, que establecen las responsabilidades propias del asegurado y de la compañía de seguros en el riesgo objeto de la cobertura del seguro. Las condiciones de seguros más comunes comprenden las siguientes:
- **Deducible (*D*):** Es la porción de la pérdida que en cualquier siniestro queda a cargo del asegurado.
 - **Coaseguro pactado (*C*):** Es la proporción del valor asegurado del riesgo que es asumido por el asegurado.

- Límite de responsabilidad (L): Es el valor máximo de responsabilidad de la entidad aseguradora en cualquier evento que afecte el riesgo amparado por el contrato de seguros.

Los conceptos de deducible, coaseguro pactado y límite de responsabilidad se definen mediante la relación entre pérdidas brutas (P_B) y pérdidas netas (P_N) que se indica a continuación.

$$\begin{aligned} P_N &= 0 & \text{si } P_B < D \\ P_N &= (P_B - D)(I - C) & \text{si } D \leq P_B < L \\ P_N &= (L - D)(I - C) & \text{si } P_B \geq L \end{aligned}$$

- Primera pérdida (también llamada *primer riesgo*): Es el valor que representa el límite máximo de responsabilidad de la entidad aseguradora en una póliza compuesta por uno o varios riesgos individuales. El valor asegurado a primera pérdida de una póliza lo establece el asegurado, con base en la estimación de un porcentaje de pérdida esperado para el conjunto de riesgos individuales de la póliza objeto de análisis.

Ante imprecisiones o dudas en la interpretación o significado de las definiciones anteriores, se acudirá a las definiciones establecidas en las mejores prácticas y literatura técnica especializada en materia de seguros y reaseguros.

2. Definiciones de ingeniería sísmica

- Sismo, temblor o terremoto:** Vibraciones de la corteza terrestre inducidas por el paso de las ondas sísmicas provenientes de una zona donde han ocurrido movimientos súbitos de la corteza terrestre.
- Sismofuente:** Zona donde se originan movimientos súbitos de la corteza terrestre, causados por la concentración de energía sísmica relacionada con procesos tectónicos. En cada sismo fuente actúa un mecanismo generador de sismos particular.
- Amenaza sísmica:** Es una descripción probabilista del tamaño y frecuencia de ocurrencia de futuras acciones sísmicas en el sitio de interés. Usualmente se cuantifica en términos de probabilidades de excedencia de valores de la aceleración horizontal del terreno en un lapso de tiempo determinado.
- Perfil de suelo:** Son los diferentes estratos de suelo existentes desde la superficie del terreno hasta alcanzar el nivel de roca. El perfil de suelo existente debajo del sitio de la edificación determina sus condiciones de amenaza sísmica local.
- Amplificación de ondas sísmicas:** Es el aumento en la amplitud de las ondas sísmicas, producido por su paso desde la roca hasta la superficie del terreno, a través de los estratos del perfil de suelo.

- f. **Microzonificación sísmica:** División de una región o de un área urbana en zonas más pequeñas, que presentan un cierto grado de similitud en la forma como responden a los movimientos sísmicos, dadas las características de los estratos del perfil de suelo.
- g. **Elemento o miembro estructural:** Componente del sistema estructural de la edificación.
- h. **Elemento o miembro no estructural:** Componentes que no hacen parte del sistema estructural de la edificación, tales como fachadas y muros divisorios de mampostería no reforzada. (Esta definición puede entrar en contradicción con lo que, para fines de ajuste de pérdidas, se considera parte de la estructura. Para fines de ajuste, es parte de la estructura todo lo que no se puede quitar, digamos, en una mudanza. Entonces, las fachadas son consideradas parte de la estructura para estos fines).
- i. **Estructura:** Es un ensamblaje de elementos, diseñado para soportar las cargas gravitacionales y resistir las fuerzas horizontales.
- j. **Fuerzas sísmicas:** Son los efectos inerciales causados por la aceleración del sismo, expresados como fuerzas para el análisis de la estructura.
- k. **Vulnerabilidad sísmica:** Es la cuantificación del potencial de mal comportamiento estructural y no estructural de una edificación, así como de sus contenidos, cuando es sometida a sollicitaciones sísmicas. La vulnerabilidad sísmica se representa mediante funciones de vulnerabilidad, las cuales se establecen tanto para las edificaciones, considerando sus elementos estructurales y no estructurales, como para los contenidos.

3. Definiciones de riesgo sísmico

- a. **Riesgo sísmico:** Es una medida de las pérdidas esperadas por sismo, el cual se estima como una combinación de la amenaza sísmica y la vulnerabilidad de las estructuras. El riesgo sísmico de una edificación o una cartera de seguros compuesta por un grupo de edificaciones, se puede expresar en términos de variables como la prima pura de riesgo, la tasa pura de riesgo y la función de pérdida máxima probable.
- b. **Prima Pura de Riesgo (PPR):** Es la pérdida esperada de una edificación individual o una cartera en un año cualquiera, suponiendo que el proceso de ocurrencia de sismos es estacionario y que a las estructuras dañadas se les restituye su resistencia original inmediatamente después de un sismo.

La prima pura de riesgo de una edificación individual está definida por la Ecuación (1).

$$PPR_{edificación_i} = \lambda_{0p} \int_0^{\infty} E(\beta | S_a) f_{S_a}(S_a) dS_a \quad (1)$$

La prima pura de riesgo de una cartera de seguros está definida por la Ecuación (2).

$$PPR_{Cartera} = \int_0^{VA_{Cartera}} p \frac{dV(p)_{Cartera}}{dp} dp \quad (2)$$

La prima pura de riesgo de una cartera o una edificación individual son independientes de las condiciones de retención y reaseguro del riesgo o cartera. Esta variable es función de las condiciones de seguro a cargo del asegurado como el deducible, el coaseguro y el límite de responsabilidad.

- c. **Tasa Pura de Riesgo (TPR):** Es la tasa técnica que debe aplicarse en un año cualquiera sobre el valor asegurado de un riesgo individual o una cartera, para pagar las indemnizaciones asociadas a la ocurrencia de pérdidas, suponiendo que el proceso de ocurrencia de sismos es estacionaria y que las estructuras dañadas se les restituye su resistencia inmediatamente después de un sismo.

La tasa pura de riesgo de una edificación individual está definida por la Ecuación (3).

$$TPR_{edificación_i} = \lambda_{0p} \int_0^{\infty} E(\% \beta | S_a) f_{S_a}(S_{ai}) dS_a \quad (3)$$

La tasa pura de riesgo de una cartera de seguros está definida por la Ecuación (4).

$$TPR_{Cartera} = \int_0^{100\%} p \frac{dV(\%p)_{Cartera}}{dp} dp \quad (4)$$

La tasa pura de riesgo de una edificación asegurada o de la cartera total de una entidad aseguradora son independientes de las condiciones de retención y reaseguro del riesgo o cartera. Esta variable es función de las condiciones de seguro a cargo del asegurado como el deducible, el coaseguro y el límite de responsabilidad.

- d. **Función de pérdida máxima probable:** Es una función que representa la descripción probabilística de las pérdidas totales por sismo de la cartera objeto de análisis. Esta función se puede representar ya sea como la relación entre las pérdidas y el periodo de retorno (T_r), o como la relación entre las pérdidas y la tasa de excedencia de pérdidas $n(p)$.

La función de pérdida máxima probable de una cartera dada es la suma de las tasas de excedencia de pérdidas de todas las fuentes sísmicas o sismofuentes con influencia en el territorio nacional, es decir, todas las sismofuentes localizadas en Colombia, en mar territorial y en países limítrofes que puedan tener incidencia en Colombia. El cálculo de esta función depende del esquema de retención – cesión adoptado por la entidad aseguradora.

En los numerales siguientes se definen las expresiones matemáticas para el cálculo de la tasa de excedencia de pérdidas por sismofuente, en función del esquema retención – cesión.

1. Si la cesión de reaseguro es proporcional, sin cláusula de límite por evento, la función de PMP se calcula para la cartera retenida.

La tasa de excedencia de pérdidas de la cartera retenida para una sismofuente puntual particular, $n(p)_{Cretenida}$ se expresa mediante la Ecuación (5).

$$v(p)_{Cretenida} = \lambda_{0M} \int \left(\int_0^{\infty} \Pr(Pérdida > p | S_a) f_{S_a/M}(S_a | M) dS_a \right) f_M(M) dM \quad (5)$$

2. Si la cesión de reaseguro es proporcional, con cláusula de límite por evento, la función de PMP se calcula para la cartera retenida y para las responsabilidades propias de la entidad aseguradora en la cartera cedida, asociadas a la cláusula de límite por evento.

En este caso, la tasa de excedencia de pérdidas para una sismofuente particular para la cartera retenida, $n(p)_{Cretenida}$ se calcula mediante la Ecuación (5). Adicionalmente, la tasa de excedencia de pérdidas de la responsabilidad propia de la entidad aseguradora en la cartera cedida por efecto de la cláusula de límite por evento, $n(p)_{Ccedida_Le}$ se expresa en la Ecuación (6). Esta ecuación representa una función que resulta de analizar la cartera cedida utilizando los sistemas de evaluación de riesgo sísmico estipulados en el Artículo 5 del presente Decreto, considerando en los datos de entrada el límite por evento establecido en el contrato de reaseguro. La función de pérdida máxima probable resultante de este análisis representa la responsabilidad propia de la entidad aseguradora en la cartera cedida.

$$v(p)_{Ccedida_Le} = \left[\lambda_{0M} \int \left(\int_0^{\infty} \Pr((Pcedida - Le) > p | S_a) f_{S_a/M}(S_a | M) da \right) f_M(M) dM \right]_{Ccedida_Le} \quad (6)$$

Para: $(Pcedida - Le) \geq 0$

En este caso, las responsabilidades de la entidad aseguradora se expresan mediante dos funciones de pérdida máxima probable, la primera corresponde a la cartera retenida y la segunda a la responsabilidad derivada de la cláusula de límite por evento de la cartera cedida.

- e. **Periodo de retorno (T_p):** Es el inverso de la tasa de excedencia de pérdidas y representa el intervalo medio de tiempo en el que se espera al menos una vez la ocurrencia de una pérdida dada.
- f. **PMP:** Es el porcentaje de pérdidas esperado de una cartera, correspondiente a un periodo de retorno dado. El PMP se obtiene de la función de pérdida máxima probable resultante del análisis de riesgo sísmico de la cartera. El valor de pérdida monetaria correspondiente al periodo de retorno analizado, resulta de multiplicar el porcentaje de PMP y el valor asegurado total de la cartera en bienes inmuebles, contenidos y lucro cesante.
- g. **Retención neta:** Es el valor asegurado que queda a cargo de la compañía de seguros una vez deducida la responsabilidad de sus coaseguradores y reaseguradores en contratos proporcionales.

Las entidades aseguradoras podrán convenir libremente condiciones de coaseguro y deducible a cargo del asegurado, en cuyo caso se deducirán para efectos de determinar la responsabilidad neta de la compañía.

La retención neta está representada tanto por el valor asegurado neto de la cartera retenida de la entidad aseguradora, como por el valor asegurado neto de las responsabilidades a su cargo en la cartera cedida.

- h. **Pérdida promedio esperada y porcentaje de PMP de la retención neta:** La pérdida monetaria promedio esperada de la retención neta con un periodo de retorno dado T_r , se estima como el producto del cúmulo o valor asegurado neto de la cartera retenida de terremoto y el porcentaje de PMP con período de retorno T_r , obtenido de la función de pérdida máxima probable de la cartera retenida.

En los casos en que aplique al esquema de retención-cesión adoptado por la compañía de seguros, el cálculo de la pérdida de la retención neta con periodo de retorno T_r , comprende la pérdida promedio esperada de la cartera retenida con periodo de retorno T_r , sumada con el producto del cúmulo o valor asegurado neto de las responsabilidades de la entidad aseguradora en la cartera cedida, y el porcentaje de PMP con periodo de retorno T_r , obtenida de las funciones de pérdida máxima probable de la cartera cedida, que son responsabilidad de la entidad aseguradora. En la Ecuación (7), se expresa matemáticamente el cálculo de la pérdida promedio esperada de la retención neta con periodo de retorno T_r .

$$Pérdida_{R_N-T_r} = (VA_{Cretenida} \times PML_{T_r-Cretenida}) + (VA_{Ccedida} \times PML_{T_r-Ccedida}) \quad (7)$$

Con base en lo anterior, el porcentaje de PMP de la retención neta con un periodo de retorno dado ($PMP_{R_N-T_r}$), que representa el porcentaje de pérdida esperado de la retención neta para dicho periodo de retorno, se estima mediante la Ecuación (8).

$$PML_{R_N-T_r} = \frac{Pérdidas_{R_N-T_r}}{(VA_{Cretenida} + VA_{Ccedida})} \quad (8)$$

- h. **Pérdida y porcentaje de PMP de la retención neta.** La pérdida monetaria de la retención neta con un periodo de retorno dado T_r , se determina de la siguiente manera: 1) Se determina el valor de la pérdida monetaria correspondiente al periodo de retorno analizado en la cartera retenida, tal como se indicó en el inciso f; 2) Aplicando el esquema de retención-cesión adoptado por la compañía de seguros, se determinará cuál sería la pérdida neta para la compañía de seguros si ocurriera tal valor de pérdida. La pérdida neta así determinada es la pérdida monetaria de la retención neta asociada al periodo de retorno dado. Este procedimiento es aplicable tanto a los esquemas de cobertura de reaseguro proporcionales como a los no proporcionales, en una o varias capas.

- i. **Reserva de riesgos en curso (RRC):** Es una reserva que las entidades aseguradoras deben constituir, para respaldar las responsabilidades adquiridas en la suscripción de seguros de terremoto. La constitución de la reserva de riesgos en curso corresponde al 100% de la prima pura de riesgo de la retención neta de la cartera de la entidad aseguradora en todo el país, que no esté cubierta por contratos de reaseguro de exceso de pérdida catastrófica de terremoto. La protección de reaseguro de exceso de pérdida catastrófica deberá resultar del análisis de la cartera de las entidades aseguradoras utilizando los sistemas de evaluación del riesgo sísmico definidos en el Artículo 5o del presente Decreto.

El cálculo de la reserva de riesgos en curso varía de acuerdo con los esquemas de retención – cesión de reaseguro adoptados por la entidad aseguradora, de acuerdo con las siguientes condiciones:

1. **Cesión de reaseguro proporcional, sin cláusula de límite por evento, y protección de la cartera retenida mediante contrato de reaseguro de exceso de pérdida.**

En este caso la reserva de riesgos en curso se expresa mediante la Ecuación (9), la cual se le aplica a la función de pérdida máxima probable, que relaciona las pérdidas con la tasa de excedencia de pérdidas, de la cartera retenida de la entidad aseguradora en todo el país.

$$RRC_{Resp_Cretenida} = \int_0^{P_0} p \frac{d(v(p))_{Cretenida}}{dp} dp + \int_{CXL}^{VA_{Cretenida}} p \frac{d(v(p))_{Cretenida}}{dp} dp \quad (9)$$

La Ecuación (10) indica el cálculo del porcentaje de la reserva de riesgos en curso de la cartera retenida.

$$\%RRC_{Resp_Cretenida} = \frac{RRC_{Resp_Cretenida}}{VA_{Cretenida}} \quad (10)$$

2. **Cesión de reaseguro proporcional, con cláusula de límite por evento, y protección de la cartera retenida mediante contratos de reaseguro de exceso de pérdida.**

En este caso se debe constituir reserva de riesgos en curso para la cartera retenida y para la responsabilidad a cargo de la entidad aseguradora en la cartera cedida.

La reserva de riesgos en curso para la cartera retenida se calcula mediante la Ecuación (9), la cual se le aplica a la función de pérdida máxima probable, que relaciona las pérdidas con la tasa de excedencia de pérdidas, de la cartera retenida de la entidad aseguradora en todo el país.

La reserva de riesgos en curso para la responsabilidad a cargo de la entidad aseguradora en la cartera cedida en contratos de reaseguro proporcional con límite por evento, se calcula mediante la Ecuación (11). Esta ecuación se le aplica a la función de pérdida máxima probable, que relaciona las pérdidas con la tasa de excedencia de pérdidas, que representa la responsabilidad de la entidad aseguradora en la cartera cedida por efecto de la cláusula de límite por evento.

Esta función de pérdida máxima probable resulta del análisis de la cartera total cedida estableciendo en los datos de entrada el límite por evento pactado en el contrato automático de reaseguro, utilizando los sistemas de evaluación del riesgo sísmico definidos en el Artículo 5o del presente Decreto.

$$RRC_{Resp_Ccedida_Le} = \int_0^{P_{0Le}} p \frac{d(v(p))_{Ccedida_Le}}{dp} dp + \int_{CXL_{Le}}^{VA_{Ccedida_Le}} p \frac{d(v(p))_{Ccedida_Le}}{dp} dp \quad (11)$$

La Ecuación (12) indica el cálculo del porcentaje de la reserva de riesgos en curso de la cartera cedida con límite por evento.

$$\%RRC_{Resp_Ccedida_Le} = \frac{RRC_{Resp_Ccedida_Le}}{VA_{Ccedida_Le}} \quad (12)$$

- j. **Reserva de desviación de siniestralidad (RDS):** Es una reserva especial acumulable para el ramo de terremoto, que se constituye con el 100% de la reserva de riesgos en curso que se libere, de acuerdo con la vigencia de los compromisos.
- k. **Patrimonio Técnico:** Para los efectos del presente Decreto se considerará como patrimonio técnico aquel que se defina para el cumplimiento de las normas sobre solvencia vigentes para las compañías de seguros generales.

l. Nomenclatura

- C : Coaseguro pactado con el asegurado ($0 < C < 1$).
- C_{cedida_Le} : Cartera cedida con límite por evento.
- $C_{retenida}$: Cartera retenida.
- C_{RC} : Cúmulo o valor asegurado neto real cedido al contrato automático de reaseguro proporcional.
- CXL : Límite del contrato de reaseguro de exceso de pérdida, que protege la responsabilidad de la entidad aseguradora en la cartera retenida.
- CXL_{Le} : Límite del contrato de reaseguro de exceso de pérdida, que protege la responsabilidad de la entidad aseguradora asociada al límite por evento en la cartera cedida a contratos automáticos de reaseguro proporcional.
- D : Deducible a cargo del cliente ($D < L$).
- $E(\beta/S_a)$: Función de vulnerabilidad o esperanza de la pérdida neta, β , expresada en unidades monetarias, en función de la aceleración espectral (S_a).
- $E(\% \beta/S_a)$: Función de vulnerabilidad o esperanza del porcentaje de pérdida neta, $\% \beta$, en función de la aceleración espectral (S_a).
- $F_M(M)$: Función de densidad de probabilidad de magnitudes de una sismofuente dada.

$f_{Sa}(S_{ai})$: Función de densidad de probabilidad de la aceleración espectral del sitio de la edificación i .
L	: Límite de responsabilidad de la entidad aseguradora en el riesgo o póliza, establecido en el contrato de seguros.
L_c	: Límite de cesión de contrato automático de reaseguro proporcional.
L_e	: Límite por evento de contrato automático de reaseguro proporcional.
M	: Magnitud.
p	: Valor dado de pérdida.
P_{cedida}	: Pérdida cedida, es decir, aquella que es responsabilidad neta del reasegurador en contratos automáticos de reaseguro proporcional que no establecen límite por evento.
P_0	: Prioridad o deducible del contrato de reaseguro de exceso de pérdida que protege la responsabilidad de la entidad aseguradora en la cartera retenida.
P_{0Le}	: Prioridad o deducible del contrato de reaseguro de exceso de pérdida, que protege la responsabilidad de la entidad aseguradora en la cartera total cedida en contratos automáticos de reaseguro proporcional, por efecto del límite por evento.
$Pérdidas_{Rn Tr}$: Pérdida promedio esperada de la retención neta para un periodo de retorno (T_r) dado.
$PMP_{Rn Tr}$: Porcentaje de pérdida de la retención neta para un periodo de retorno (T_r) dado.
$PMP_{Tr Cretenida}$: Porcentaje de pérdida de la cartera retenida, con un periodo de retorno (T_r) dado, obtenido de la función de pérdida máxima probable respectiva.
$PMP_{Tr Ccedida}$: Porcentaje de pérdida de la cartera cedida, con un periodo de retorno (T_r) dado, que es responsabilidad de la entidad aseguradora por efectos de límite por evento o infraeguro en la cesión, obtenido de la función de pérdida máxima probable respectiva.
P_N	: Pérdida neta en una edificación o en una cartera.
P_B	: Pérdida bruta en una edificación o en una cartera.
$PPR_{Edificación i}$: Prima pura de riesgo de la edificación i .
$PPR_{Cartera}$: Prima pura de la cartera total de una entidad aseguradora.
Pr	: Denota probabilidad.
$RRC_{Resp Ccedida Le}$: Reserva de riesgos en curso asociada a la responsabilidad de la entidad aseguradora en la cartera total cedida en contratos de reaseguro proporcional con límite por evento.
$RRC_{Resp Cretenida}$: Reserva de riesgos en curso asociada a la responsabilidad de la entidad aseguradora en su cartera retenida total .
S_a	: Vector de aceleraciones espectrales de cada edificación debidos a la magnitud M .
S_{ai}	: Aceleración espectral en la superficie del terreno del sitio donde se localiza la edificación i .
T_r	: Periodo de retorno de la pérdida.
$V_A_{Cartera}$: Cúmulo o valor asegurado neto de la cartera total de la entidad aseguradora.

$VA_{Ccedida}$:	Cúmulo o valor asegurado neto de la cartera total cedida en contratos automáticos de reaseguro proporcional.
$VA_{Ccedida_Le}$:	Cúmulo o valor asegurado neto de la cartera total cedida en contratos automáticos de reaseguro proporcional con límite por evento.
$VA_{Cretenida}$:	Cúmulo o valor asegurado neto de la cartera retenida total.
λ_{0M}	:	Tasa de ocurrencia anual de la magnitud M_o en la fuente sísmica.
λ_{0p}	:	Tasa de ocurrencia anual de pérdidas.
$v(p)$:	Es la tasa de excedencia de las pérdidas por sismo de una edificación o una cartera dada.
$v(p)_{Cartera}$:	Es la tasa de excedencia de pérdidas por sismo de la cartera total de la entidad aseguradora en todo el país.
$v(\%p)_{Cartera}$:	Es la tasa de excedencia del porcentaje de pérdidas por sismo de la cartera total de la entidad aseguradora en todo el país.
$v(p)_{Cretenida}$:	Es la tasa de excedencia de las pérdidas por sismo de la cartera retenida.
$v(p)_{Ccedida_Le}$:	Es la tasa de excedencia de las pérdidas por sismo de la cartera total cedida a cargo de la entidad aseguradora, asociada al límite por evento en contratos automáticos de reaseguro proporcional.
$\%RRC_{Resp_Ccedida_Le}$:	Porcentaje de la reserva de riesgos en curso, asociada a la responsabilidad de la entidad aseguradora en la cartera total cedida en contratos de reaseguro proporcional con límite por evento.
$\%RRC_{Resp_Cretenida}$:	Porcentaje de la reserva de riesgos en curso, asociada a la responsabilidad de la entidad aseguradora en su cartera retenida total.

ARTÍCULO 5o. NORMAS PARA EL USO DE SISTEMAS DE EVALUACIÓN DE RIESGO SÍSMICO, EN LA OPERACIÓN DEL SEGURO DE TERREMOTO EN COLOMBIA

En la operación técnica del seguro y del reaseguro de terremoto, las entidades aseguradoras deberán utilizar sistemas para evaluar el riesgo sísmico de sus carteras retenidas de terremoto en todo el país, así como el riesgo sísmico de las responsabilidades a su cargo en las carteras cedidas. Dichos sistemas deberán cumplir los requisitos mínimos que se mencionan en los siguientes numerales:

1. Requisitos de los sistemas de evaluación de riesgo sísmico

- Deben estar basados en información detallada de la amenaza sísmica regional de Colombia, mediante la consideración de todas las fuentes sísmicas con influencia en el territorio nacional, es decir, todas las sismofuentes localizadas en Colombia, en mar territorial y en países limítrofes que puedan tener incidencia en Colombia.
- Deben estar basados en información detallada de respuesta sísmica del suelo de las ciudades colombianas, que considere los estudios de microzonificación sísmica o, en su defecto, los estudios más actualizados de cada zona.

- c) Deben incluir funciones de vulnerabilidad de elementos estructurales y no estructurales representativas de los diferentes tipos de construcción existentes en el país.
- d) Deben incluir funciones de vulnerabilidad que representen el comportamiento sísmico de los contenidos de las edificaciones.
- e) Su metodología de análisis del riesgo sísmico debe tener un enfoque probabilístico, para la consideración de las incertidumbres de las diferentes variables que caracterizan las componentes de amenaza regional, amenaza local y vulnerabilidad estructural. Basado en este enfoque probabilístico, los sistemas de evaluación del riesgo sísmico deben calcular la prima pura de riesgo (PPR), la tasa pura de riesgo (TPR), la función de pérdida máxima probable, la reserva de riesgos en curso (RRC) y la reserva de desviación de siniestralidad (RDS), de acuerdo con las definiciones y expresiones matemáticas relacionadas en el Artículo 4° del presente Decreto.
- f) **Desarrollo de sistemas de evaluación de riesgo sísmico**
Las compañías aseguradoras podrán desarrollar o comprar sistemas de evaluación de riesgo sísmico, o contratar servicios de entidades externas para analizar su cartera. En todo caso, tanto los modelos propios, como aquellos contratados o comprados por las compañías de seguros, deberán estar avalados por la Comisión Asesora Permanente de la Superintendencia Financiera para el ramo de terremoto.
- g) **Número mínimo de sistemas para la evaluación de riesgo sísmico de carteras de seguros**
Cada compañía deberá utilizar como mínimo dos sistemas de evaluación del riesgo sísmico avalados oficialmente por la Comisión Asesora Permanente de la Superintendencia Financiera, de acuerdo con los requisitos que se indican en el numeral 5 del presente Artículo. Los parámetros de riesgo sísmico de la cartera de la compañía de seguros serán el promedio de los resultados de las variables de prima pura de riesgo (PPR), tasa pura de riesgo (TPR), porcentaje de pérdida esperada para un periodo de retorno de 1000 años (PMP) y reserva de riesgo en curso (RRC), obtenidas de la modelación con los sistemas.
- h) **VARIABLES DE ENTRADA DE LOS SISTEMAS DE EVALUACIÓN DE RIESGO SÍSMICO**
Los sistemas deben considerar en las estimaciones de riesgo sísmico, las variables de entrada, que comprenden la información mínima reglamentaria que las entidades aseguradoras deben recopilar para cada edificación de sus carteras, que se indican a continuación:
 - a. Dirección del riesgo
 - b. Número de pisos:
 - Número de pisos a partir del nivel del terreno
 - Número de sótanos
 - c. Piso en el que se encuentra el riesgo asegurado
 - d. Año de construcción
 - Antes de 1960
 - 1960-1975
 - 1975-1984
 - 1984-1998
 - Después de 1998

e. Tipología estructural:

- Mampostería no reforzada
- Mampostería reforzada
- Pórtico concreto
- Pórtico acero
- Dual de concreto
- Muros estructurales

f. Tipo de techo

- Madera y teja de barro
- Cercha metálica y teja liviana
- Losa de concreto

g. Uso:

- Residencial
- Comercial
- Servicios
- Industrial
- Salud
- Educación

h. Valor asegurable:

El valor asegurable asociado a cada riesgo individual deberá discriminarse para edificio, contenidos y lucro cesante. En los casos en que se establezcan condiciones de primera pérdida por póliza deberán detallarse los valores de primera pérdida por póliza, así como los riesgos asociados a dicha póliza.

i. Condiciones de seguros:

Para cada riesgo asegurado que haga parte de las carteras objeto de análisis con los modelos de evaluación de riesgo sísmico, deberán detallarse los datos de deducible, coaseguro pactado y límite de responsabilidad establecidos en la póliza respectiva.

j. Tipo de cartera:

Deberán identificarse los riesgos que pertenecen a la cartera retenida y cedida, así como los riesgos asignados a carteras cedidas con cláusula de límite por evento.

Parágrafo: La Revisoría Fiscal Externa de cada compañía de seguros informará a la Superintendencia Financiera, en la forma en que ésta lo determine, dentro de los dos (2) meses siguientes a la terminación de cada semestre calendario, el resultado de la auditoría de información mínima realizado a la respectiva entidad aseguradora, para efectos de la utilización de los sistemas de evaluación de riesgo sísmico. Este reporte de auditoría deberá avalar si la información mínima para el uso de sistemas de evaluación de riesgo sísmico es completa y veraz.

- i) **Proceso de validación de sistemas de evaluación de riesgo sísmico:** Las entidades que desarrollen sistemas de evaluación de riesgo sísmico con interés en participar en el proceso de validación, deberán presentar la solicitud respectiva a la Comisión Asesora Permanente. La Comisión Asesora Permanente programará reuniones específicas para tal fin, en las cuales la entidad responsable del sistema objeto de validación participará con funcionarios que lleven el sistema operando en una máquina adecuada, para realizar las pruebas del mismo usando carteras hipotéticas.

La Comisión Asesora Permanente definirá carteras hipotéticas compuestas por unas pocas edificaciones, con características específicas de tipología estructural, edad, uso y número de pisos. Estas carteras hipotéticas serán hechas del conocimiento de las entidades que desarrollen sistemas de evaluación de riesgo sísmico antes de las reuniones programadas con la Comisión Asesora Permanente. Con el fin de analizar las carteras hipotéticas, las edificaciones se asumirán localizadas en diferentes ciudades del país y en perfiles de suelo característicos de las mismas. Para cada cartera hipotética, se deberá obtener la prima pura de riesgo, la tasa pura de riesgo y la función de pérdida máxima probable separada por ciudad, y de la cartera hipotética total que combina las estructuras ubicadas en las diferentes ciudades seleccionadas. A partir del resultado de la función de pérdida máxima probable obtenida se establecerán la prioridad y la protección de reaseguro de exceso de pérdida catastrófica de la cartera hipotética, para usarlos como dato de entrada para que el sistema calcule la reserva de riesgos en curso y la reserva de desviación de siniestralidad.

Como parte de las evaluaciones de las carteras hipotéticas, se efectuarán análisis considerando variables como el límite por evento en contratos automáticos de reaseguro proporcional. La naturaleza específica de estos análisis será hecha del conocimiento de las entidades que desarrollen sistemas de evaluación de riesgo sísmico antes de las reuniones programadas con la Comisión Asesora Permanente.

La Comisión Asesora Permanente efectuará un análisis de sensibilidad de los resultados obtenidos con el sistema objeto de validación, variando las características de las edificaciones, tales como el número de pisos, su localización en diferentes ciudades del país y su ubicación dentro de la misma ciudad.

Para el análisis de los resultados obtenidos del sistema objeto de validación, a partir de las carteras hipotéticas, la Comisión Asesora Permanente considerará las variables que se indican a continuación:

- Cálculo de la tasa pura de riesgo total de la cartera hipotética y de la tasa pura de riesgo de las edificaciones ubicadas en cada ciudad.
- Tasa de excedencia de aceleración en superficie para cada estructura de la cartera hipotética, la cual considera una ciudad y una localización específica dentro de la misma. Su estimación debe ser coherente con los resultados de los estudios de microzonificación sísmica de las ciudades y en su defecto con los estudios más actualizados de la región.
- Función de pérdida máxima probable, que relaciona las pérdidas porcentuales de la cartera con la tasa de excedencia de pérdidas, sin considerar variables de seguros (deducible, límite, coaseguro,

primera pérdida): Esta función de pérdida máxima probable deberá estimarse para la cartera hipotética separada por ciudad, y para la cartera total (combinando las tres edificaciones en las ciudades seleccionadas). Esta función sin condiciones de seguros equivale a una función de pérdidas totales.

- Función de pérdida máxima probable, que relaciona las pérdidas porcentuales de la cartera con la tasa de excedencia de pérdidas, considerando variables de seguros (deducible, límite, coaseguro, primera pérdida): Esta función de pérdida máxima probable deberá estimarse para la cartera hipotética separada por ciudad y para la cartera total (combinando todas las edificaciones en las ciudades seleccionadas).
- Verificación de la función de pérdida máxima probable total y por ciudad utilizando la expresión que relaciona la Tasa Pura de Riesgos (PPR) de la cartera total y la función de Pérdida Máxima Probable de las carteras hipotéticas analizadas, mediante la Ecuación (4) del Artículo 1º, que se indica a continuación:

$$TPR_{cartera} = - \int_0^{100\%} p \frac{d(v(\%p))_{cartera}}{dp} dp \quad (4)$$

La Ecuación (4) muestra que si la tasa de excedencia de pérdidas por sismo (función de pérdida máxima probable) es una representación probabilística del proceso de ocurrencia de pérdidas de la cartera, es posible calcular a partir de esta función la tasa pura de riesgo de la cartera.

ARTÍCULO 6º. NORMAS PARA LA ADECUADA OPERACIÓN DEL SEGURO Y EL REASEGURO DE TERREMOTO EN COLOMBIA, BASADAS EN LA EVALUACIÓN TÉCNICA DEL RIESGO SÍSMICO

1. Tasa mínima de terremoto

Con base en el estimativo de la tasa pura de riesgo de la cartera total de terremoto en el país, resultante del análisis con los sistemas de evaluación de riesgo sísmico, cada compañía de seguros establecerá la tasa mínima de terremoto que deberá cobrar para la cartera total. La tasa mínima representativa del riesgo sísmico de la cartera de cada entidad aseguradora equivale al producto de la tasa pura de riesgo de la cartera total de terremoto en el país, por el factor de gastos establecido en la nota técnica de cada compañía de seguros.

2. Transferencia real de riesgo

Cualquier modalidad de cesión de reaseguro que seleccione la entidad aseguradora debe garantizar una transferencia real del riesgo al reasegurador.

3. Negociación de contratos automáticos de reaseguro basado en los resultados de sistemas de evaluación de riesgo sísmico

Para la negociación de contratos de reaseguro, cada entidad aseguradora llevará a cabo los análisis necesarios utilizando los sistemas de evaluación de riesgo sísmico mencionados en este Decreto, en los que se incluyen las evaluaciones de diferentes alternativas de retención y cesión de la cartera de terremoto.

Estos análisis deberán realizarse máximo con tres meses de anticipación a la fecha de inicio de vigencia de los respectivos contratos de reaseguro, y deberán considerar los cúmulos retenidos proyectados al final del periodo para el cual se va a contratar el contrato de reaseguro de exceso de pérdida.

4. Límite de cesión de los contratos automáticos de reaseguro proporcional

Las entidades aseguradoras no sobrepasarán los límites de cesión pactados en ningún momento de la vigencia de los contratos de reaseguro proporcional. Esta condición deberá tenerse en cuenta en las proyecciones de cúmulos cedidos en contratos automáticos de reaseguro proporcional, así como en el control de la variación real de los cúmulos de dicha cartera.

- 5. Cálculo del PMP de la retención neta de las entidades aseguradoras:** Cada compañía de seguros deberá estimar las funciones de pérdida máxima probable para la retención neta de su cartera de terremoto en todo el país. Para las funciones de pérdida máxima probable estimadas usando los sistemas de evaluación del riesgo sísmico, de acuerdo con lo establecido en los Artículos 4º y 5º, se definirá el PMP como la pérdida con periodo de retorno de 1000 años a partir de las funciones de pérdida máxima probable de su cartera retenida, y el PMP promedio con periodo de retorno de 1000 años a partir de la función de pérdida máxima probable de su cartera retenida como para la cartera cedida (si aplica al esquema de retención-cesión seleccionado por la compañía de seguros).

6. Límite máximo de la pérdida esperada de la retención neta no protegida mediante contratos de reaseguro de exceso de pérdida, en función del patrimonio técnico de las entidades aseguradoras

La pérdida de la retención neta con periodo de retorno de 1000 años, para la cartera de terremoto, no podrá exceder por cada una de las zonas sísmicas que a continuación se detallan, del diez por ciento (10%) del patrimonio técnico de la entidad aseguradora, correspondiente al trimestre inmediatamente anterior a aquel en el cual se efectuó la operación.

- a. Cundinamarca.
- b. Caldas, Quindío, Risaralda.
- c. Tolima.
- d. Valle.
- e. Huila, Cauca, Nariño.
- f. Putumayo, Caquetá, Meta, Casanare, Vichada, Guainía, Vaupés, Amazonas.
- g. Boyacá, Arauca, Santander, Norte de Santander, Cesar, Guajira.
- h. Magdalena, Bolívar, Atlántico, Sucre, Córdoba.
- i. Antioquía, Chocó.

7. Contratos de reaseguro de exceso de pérdida catastrófica

La responsabilidad en la pérdida esperada de la retención neta excedente del diez por ciento (10%) del patrimonio técnico, calculada en función del porcentaje de PMP de la retención neta con período de retorno de 1000 años, deberá ser objeto de contratos de reaseguros de exceso de pérdida catastrófica celebrados en el exterior con sociedades de reaseguros de reconocida solvencia y profesionalismo, de

acuerdo con calificaciones internacionales, siempre que se hallen inscritas en el registro de reaseguradores del exterior que se lleva en la Superintendencia Financiera.

Las compañías de seguros deberán garantizar en todo momento que la cobertura del (los) contrato(s) de reaseguro de exceso de pérdida catastrófica, que protege la retención neta de su cartera de terremoto en todo el país, sea mayor o igual que la pérdida con periodo de retorno de 1000 años, calculada con base en los sistemas de evaluación de riesgo sísmico. Esta condición deberá tenerse en cuenta en las proyecciones de cúmulos retenidos y cedidos (si aplica al esquema de retención-cesión seleccionado por la compañía de seguros) durante la vigencia del (los) contratos, mediante el control de la variación real de los cúmulos de las carteras correspondientes.

En la negociación de contratos automáticos de reaseguro de exceso de pérdida, para proteger la retención neta, las entidades aseguradoras deberán estipular como mínimo un reemplazamiento en todas las capas de la estructura de contratos de reaseguro de exceso de pérdida catastrófica. En caso de siniestro que afecte una o varias capas de la cobertura catastrófica, la compañía de seguros deberá contratar un reemplazamiento adicional para las capas afectadas, de tal manera que se logre garantizar, durante la vigencia de esta protección, un reemplazamiento en todas las capas, condición que es coherente con el cálculo de las reservas de riesgos en curso y de desviación de siniestralidad, definidas en el Artículo 4° del presente Decreto.

8. Seguros de terremoto con reaseguro facultativo

1. Los riesgos asegurados por las entidades aseguradoras en negocios con reaseguro facultativo donde las estructuras consistan en edificaciones convencionales, se incluirán en la cartera objeto de análisis con los sistemas de evaluación de riesgo sísmico.
2. Para los riesgos asegurados por las compañías de seguros en negocios con reaseguro facultativo compuestos por estructuras especiales como presas, torres de transmisión, silos, conducciones, se adoptará la tasa pura de riesgo de la cartera retenida ($TPR_{Cartera\ Retenida}$), el PMP de la cartera retenida para un periodo de retorno de 1000 años, y el porcentaje de reserva de riesgos en curso con respecto al valor asegurado de la cartera retenida ($\%RRC_{Resp.\ Cartera\ Retenida}$), obtenidos del análisis de la cartera con los sistemas de evaluación de riesgo sísmico.
3. La retención asignada a estos riesgos corresponderá al:
 - a. Porcentaje del valor asegurado original pactado en el respectivo acuerdo de reaseguro facultativo, si se trata de reaseguro facultativo proporcional, o colocación facultativa en capas, donde la suma asegurada equivalga al 100% del valor del asegurado original, y la responsabilidad de los reaseguradores opere en condiciones de toda y cada pérdida.
 - b. 100% del valor asegurado original para los demás esquemas de reaseguro facultativo.
4. Las variables de riesgo sísmico y el porcentaje de retención establecido para los diferentes riesgos con reaseguro facultativo, se emplearán en el cálculo de la tasa mínima que debe cobrarse, la

responsabilidad neta de la entidad aseguradora en contratos de reaseguro de exceso de pérdida catastrófica, la reserva de riesgos en curso y la reserva de desviación de siniestralidad correspondientes.

ARTÍCULO 7o. Reportes para la Superintendencia Financiera

1. Reporte de la estructura de contratos de reaseguro definitiva y de los resultados de la estimación de riesgo sísmico

Las entidades aseguradoras remitirán en el trimestre posterior al inicio de vigencia de los contratos, los reportes con la información detallada de los resultados del análisis de riesgo sísmico de la retención neta de su cartera de terremoto para la modalidad de retención-cesión adoptada, y las condiciones de la estructura de contratos de reaseguro definitiva, así como los textos de los contratos de reaseguro, para la respectiva verificación de la Superintendencia Financiera. La Superintendencia Financiera a través de su Comisión Asesora Permanente llevará a cabo la evaluación de esta información.

2. Reporte de control de cúmulos de terremoto

Las entidades aseguradoras informarán a la Superintendencia Financiera, en la forma que ésta lo determine dentro de los dos (2) meses siguientes a la terminación de cada semestre calendario, el control de cúmulos de terremoto del total de los riesgos asegurados en el semestre y el acumulado del año calendario para cada una de las zonas del país establecidas en el numeral 7 del Artículo 6o.

Con igual periodicidad informarán sobre los contratos automáticos de reaseguro de exceso de pérdida catastróficos que tengan celebrados para proteger su retención neta, con indicación de la prioridad a su cargo y del exceso o excesos a cargo de los reaseguradores.

ARTÍCULO 8o. CREACIÓN DE LA COMISIÓN ASESORA PERMANENTE

Para la validación de los sistemas de evaluación de riesgo sísmico la Superintendencia Financiera creará una Comisión Asesora Permanente. Esta Comisión Asesora Permanente estará conformada así:

- Dos ingenieros expertos en el tema de ingeniería sísmica y estimación de pérdidas por sismo, que no estén vinculados a entidades que desarrollen sistemas de evaluación del riesgo sísmico para Colombia, ni a las compañías de seguros, ni a corredores de reaseguro, ni de reaseguradores, legalmente inscritas en el país, ni a las filiales de ninguna de las entidades anteriores.
- Dos funcionarios que la Superintendencia Financiera.
- Un representante de Fasecolda o de la institución que represente el Gremio.
- Representantes de las compañías de seguros con carácter de invitados a las sesiones de esta comisión.

PARÁGRAFO 1:

Gastos para la operación de la Comisión Asesora Permanente: Estos gastos correrán por cuenta de las compañías de seguros que operan el ramo de terremoto en Colombia, a través de Fasecolda o de la institución que represente el gremio.

PARÁGRAFO 2:

Validez del concepto de la Comisión Asesora Permanente: La validez del concepto de la Comisión Asesora Permanente en relación con un sistema de evaluación de riesgo sísmico, tendrá una vigencia de 3 años, fecha a partir de las cuales estos sistemas deberán someterse nuevamente al proceso de validación.

ARTÍCULO 9o: RÉGIMEN DE TRANSICIÓN

El régimen de transición entre lo establecido en los Decretos 2272 de 1993, 839 de 1991, Decreto... de..., que reemplaza el Decreto 839 de 1991, y el presente Decreto contempla los siguientes aspectos:

1. Coexistencia entre la regulación del ramo de terremoto establecida en los Decretos 2272 de 1993 y 839 de 1991, con la estipulada en el Decreto... de... de..., que reemplaza el Decreto 839 de 1991, y el presente Decreto.
2. Recopilación de la información mínima y adecuaciones tecnológicas por parte de las entidades aseguradoras, para la utilización de los sistemas de evaluación del riesgo sísmico.
3. Conformación de la Comisión Asesora Permanente de la Superintendencia Financiera e inicio del proceso de validación de los sistemas de evaluación de riesgo sísmico.
4. A partir de la fecha en la que cada entidad aseguradora se acoja a los requisitos del presente Decreto, deberá adoptar igualmente las disposiciones del Decreto.... de... de..., que reemplaza el Decreto 839 de 1991.

Este régimen de transición tendrá una duración de dos años a partir de la fecha de publicación del presente Decreto. A partir del segundo año, todas las consideraciones del presente Decreto y del Decreto.... de... de... tendrán efecto.

ARTÍCULO 10o:

El presente Decreto rige a partir de la fecha de su publicación, y deroga el Decreto 2272 de 1993 y las demás disposiciones que le sean contrarias a partir de la fecha de finalización del régimen de transición.





La Paz, Bolivia
Fuente: PREDECAN

ANEXO 15. Perfil de riesgo y gestión financiera de Bolivia

EXPOSICIÓN Y AMENAZAS NATURALES

La República de Bolivia limita al norte y al este con Brasil, al sur con Paraguay y Argentina, y al oeste con Chile y Perú. El área de Bolivia es de 1,098,581 kilómetros cuadrados. Las ciudades con mayor población son La Paz (1,552,146 habitantes), Santa Cruz de la Sierra (856,409 habitantes) y Cochabamba (1,545,648 habitantes).

Figura 1. Mapa Bolivia (Fuente: Encarta 2003)



Población

La población total según el Instituto Nacional de Estadística (INE) de acuerdo con el censo de 2001 es de 8,274,325 habitantes. La población estimada para el 2005 es de 9,427,219 habitantes, dando una densidad poblacional global de 8.6 personas por kilómetro cuadrado. Algunas cifras de interés relacionados se presentan en las figuras 2 y 3.

Figura 2. Población por provincias. (Fuente INE-Bolivia)

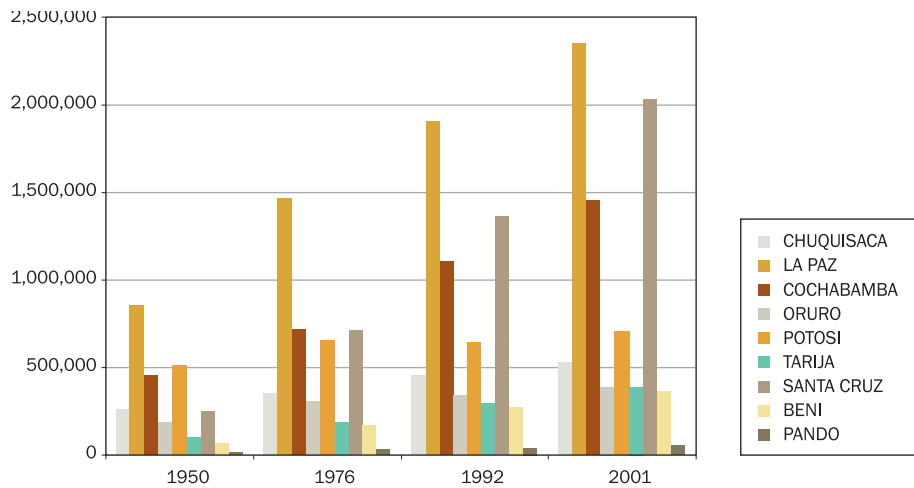
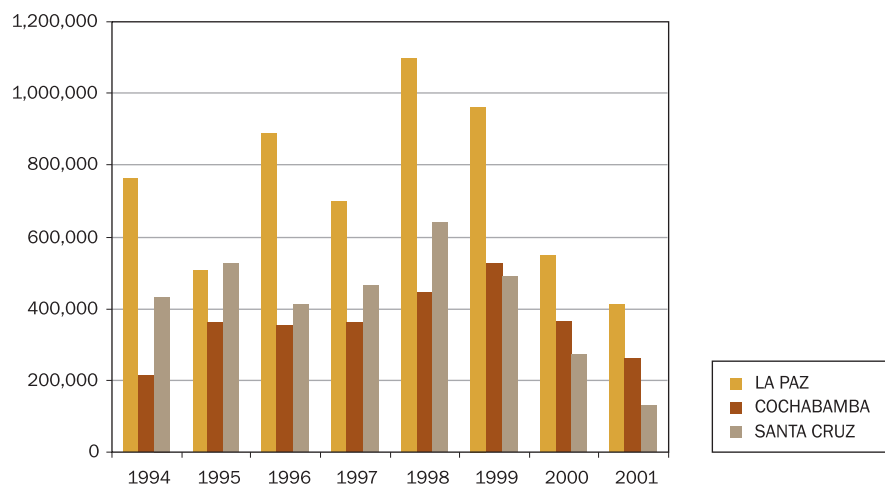


Figura 3. Metros cuadrados aprobados para construcción (Fuente INE-Bolivia)



PRINCIPALES CENTROS URBANOS

Tabla 1. Departamentos y capitales

(Tomado de: <http://www.comercioexterior.ub.es/fpais/bolivia/Ciudades.htm>)

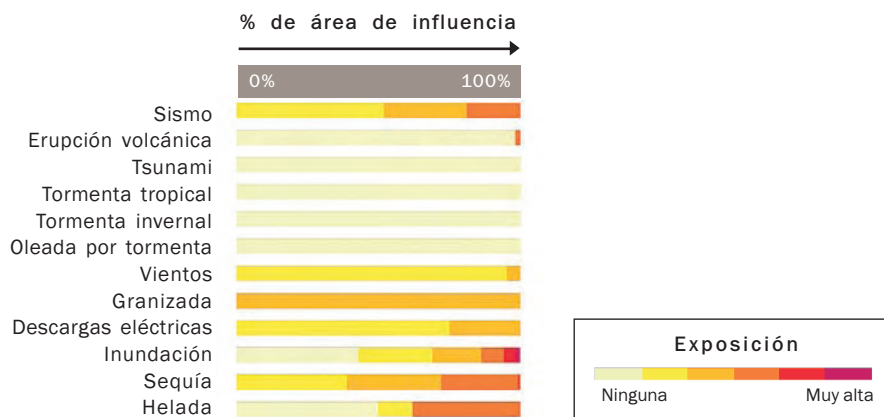
Departamento	Provincias	Superficie (km ²)	Habitantes (2000)	Capital	Altitud (m.s.n.m.)
Chuquisaca	10	51,524	589.948	Sucre	2,790
La Paz	20	133,985	2.406.377	La Paz	3,640
Cochabamba	16	55,631	1.524.724	Cochabamba	2,558
Oruro	16	53,588	393.991	Oruro	3,709
Potosí	16	118,218	774.696	Potosí	4,070
Tarija	6	37,623	403.079	Tarija	1,866
Santa Cruz	15	370,621	1.812.522	Santa Cruz de la Sierra	416
Beni	8	213,564	366.047	Trinidad	236
Pando	5	63,827	57.316	Cobija	221

Fuente: INE y «Anuario Iberoamericano 2002» de la Agencia EFE, Ed. Pirámide.

Áreas de influencia según tipo de amenaza

En la figura 4. se ilustran los porcentajes de área del país afectados por diferentes tipos de amenaza incluyendo terremoto, erupción volcánica, tsunamis, tormentas tropicales, tormentas de invierno, inundación por tormenta, tornados, granizadas, descargas eléctricas, inundación, sequía, y heladas.

Figura 4. Bolivia: Área afectada según amenaza (Fuente Munich Re)



Como puede concluirse de la anterior figura, los sucesos naturales que mayor área de afectación tienen son terremotos, inundaciones, sequías y heladas. De estas amenazas las de mayor posible impacto se considera que pueden ser el terremoto, las inundaciones y las sequías, asociadas en el fenómeno de El Niño. Debe aclararse, no obstante, que el impacto esperado de cada amenaza natural depende del período de recurrencia. Desde esta perspectiva, las inundaciones y deslizamientos (no incluidos en la evaluación de la Munchen Re) son sin duda las causas mayores de daños, costos materiales y de vidas humanas. Las heladas no tanto, aunque son muy publicitadas. Los volcanes, definitivamente son una causa mayor de incertidumbre, pues no hay información fidedigna.

Estos sucesos posiblemente el sismo causaría las mayores pérdidas en el futuro como resultado de eventos de altas consecuencias y baja probabilidad de ocurrencia. La amenaza asociada a este tipo de evento tiene una alta incertidumbre. Esta información es de especial importancia para la estimación del Índice de Déficit por Desastre, IDD. Por otra parte, otros sucesos más recurrentes y puntuales como deslizamientos, incendios, inundaciones, sequías causan efectos continuos en el nivel local sin que sean muy visibles. Estos eventos tienen también grandes efectos en la población y acumulativamente pueden ser importantes. La información sobre estos eventos es de especial importancia para la estimación del Índice de Desastres Locales. A continuación se hace una breve descripción de la amenaza sísmica, hidrometeorológica y volcánica del país.

Amenaza sísmica

Se considera que la actividad sísmica en Bolivia es moderada, sin embargo grandes terremotos han ocurrido en los siglos pasados de los cuales se tiene escasa información. En la región central la actividad sísmica de foco superficial se manifiesta por gran cantidad de terremotos de magnitudes menores a 3.0; estos ocurren ya sea en forma aislada, o como premonitores o réplicas de terremotos de mayor magnitud.

La historia sísmica de Bolivia empieza en el año 1581, cuando un terremoto se siente en la Villa Imperial de Potosí; entre los años 1662 y 1851 cinco terremotos fueron sentidos en la Villa Imperial y en poblaciones cercanas (Vega, 1996). En noviembre de 1650 un terremoto destruye la bóveda de la catedral de los españoles en Chuquisaca; en 1845 otro terremoto en Santa Cruz causa daños en construcciones de adobe; en 1871 otro terremoto causa daños cerca del pueblo de San Antonio (hoy Villa Tunari); en 1887 y 1899 dos fuertes terremotos destruyen viviendas de adobe en Yacuiba (al este de Tarija), causando algunos heridos (Descotes y Cabré, 1973).

En los últimos cien años otros terremotos causan daños en la región central de Bolivia: el 23 de julio de 1909 en Sipe Sipe un terremoto habría provocado 15 muertos y destrucción de viviendas de adobe, varias cercas de tapial de los sembradíos colapsaron así como se cayó el techo y campanario de la pequeña iglesia (Vega, 1996). El 25 de octubre de 1925 ocurre un terremoto que causa daños en Aiquile; el 1º de septiembre de 1958 otro terremoto destruye casas de adobe en Aiquile (algunas quedan inestables), se reportan algunos heridos, las familias alarmadas se refugian en Mizque (Descotes y Cabré, 1973); el 22 de febrero de 1976 ocurre otro terremoto en Aiquile que alarma a los pobladores. El 25 de diciembre de 1942 y el 18 de febrero de 1943 en la ciudad de Cochabamba se sienten dos terremotos, el segundo causa destrucción de algunas

viviendas de adobe y pánico entre los pobladores; el 19 de octubre de 1959 otro terremoto causa alarma en la misma ciudad; un nuevo terremoto importante es sentido allí mismo, el 12 de mayo de 1972, algunas viviendas de adobe se rajan y la población alarmada sale a las calles (Rodríguez y Vega, 1976).

En la provincia Carrasco de Cochabamba, en Ivirgarsama, el 23 de julio de 1981 un terremoto provoca el desplazamiento horizontal de la losa central del puente; en la misma zona entre el 9 de mayo y 19 de junio de 1986 tres terremotos causan alarma entre los pobladores, en Chipiriri los campesinos no pueden permanecer de pie, en Villa Tunari las cabañas de los ingenieros agrónomos se mecen bruscamente.

El 27 de marzo de 1948 un fuerte terremoto destruye parcialmente la capital de la república, la ciudad de Sucre reporta tres muertos y algunos heridos; varias construcciones coloniales de adobe son destruidas, el gobierno declara zona de desastre y levanta un empréstito para afrontar las pérdidas materiales (Vega, 1996). El 26 de agosto de 1957 el sur de Santa Cruz es afectado por un terremoto; en la población de Postrevalle viviendas de adobe son destruidas, no se reportan ni muertos ni heridos.

Entre las poblaciones de Totorá, Aiquile y Mizque (al sureste de Cochabamba) el 22 de mayo de 1998 ocurre el terremoto más destructor de la región central de Bolivia: el terremoto de magnitud 6.5 causa cerca de 80 muertos entre las poblaciones de Totorá, Aiquile y Mizque; más de un centenar de heridos son reportados en la zona epicentral; gran parte de la zona antigua de la población de Aiquile es destruida, en gran mayoría casa de adobe. En Totorá se observan hundimientos de techos de teja y barro, voladura de parapetos de las casas de tipo colonial, algunas de ellas quedan inestables y debe ser reparadas; sólo una casa es destruida. En Mizque se desploman algunos techos pero la torre de la iglesia resulta más afectada; la antigua construcción de la torre con adobes, piedras y barro, reparada más de una vez con rellenos de ladrillo y estuco, se derrumba días después de ocurrido el terremoto. En varios sectores de las serranías de la zona epicentral aparecen nuevos manantiales de agua, otros se secan, otros aparecen con agua turbia y contenido orgánico producto del derrumbe de bofedales (Vega y Minaya, 1998).

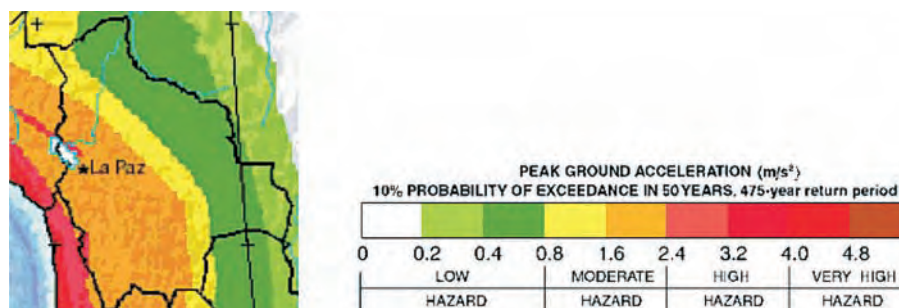
También en otras regiones del país los terremotos causan destrucción: el 24 de febrero de 1947 un fuerte terremoto de magnitud 6.4 causa destrucción en Consata (Provincia Larecaja de La Paz), hundimientos y deslizamientos de tierra se producen en la zona epicentral, muerte de ganado y destrucción de cultivos afectan a los campesinos; el terremoto es sentido en varias poblaciones del Altiplano de La Paz, en la ciudad de La Paz los habitantes salen a las calles, algunas viviendas de adobe se agrietan, en los cerros aledaños se observan pequeños deslizamientos de tierra; el 23 de agosto de 1956 ocurre otro terremoto en Consata pero con menor intensidad, el terremoto es sentido también en la ciudad de La Paz (Vega, 1990). El 6 de noviembre de 1995 ocurre un terremoto de magnitud 5.3 que destruye el poblado de Cumujo (Provincia Atahualpa de Oruro), casi todas las viviendas de adobe son destruidas y se reporta un herido (Vega, 1997); en la misma zona el 4 de abril del 2001 un terremoto de magnitud 4.6 causa rajaduras de viviendas de adobe en la población de Coipasa.

El 9 de junio de 1994 ocurre en Bolivia un terremoto de foco profundo y de magnitud importante (más de 8 grados). La zona epicentral se ubica entre las provincias Iturrealde de La Paz y Ballivián del Beni (al oeste del curiche del Rosario); el terremoto es sentido en casi todo el país y en el resto del continente; en Cobija

(Departamento de Pando) el terremoto provoca rajaduras en paredes y movimiento de las cabañas; en San Joaquín, Santa Ana de Yacuma y en Trinidad (Departamento del Beni) el terremoto alarma a los pobladores y hace que salgan a las calles; en la ciudad de La Paz los edificios altos oscilan suavemente, sus moradores salen a las plazas y calles (Vega, 1994). El terremoto percibido en varias capitales de Sudamérica y detectado por instrumentos en algunas de Norteamérica, causó muertos en la sierra del Perú y heridos en Río Branco (Brasil).

La sismicidad somera se manifiesta sobre todo bajo la forma de «enjambres» sísmicos. Adicionalmente, el problema principal, tanto en el Altiplano (e.g. El Alto, La Paz, Oruro, Potosí, Uyuni, alrededor del lago Titikaka), como en los Valles Mesotérmicos (e.g. Cochabamba, Aiquile, Sucre, Tarija) no es tanto la magnitud y/o intensidad de los sismos, sino la amplificación espectral aportada por los suelos aluviales y fluvio-glaciares, no consolidados, y sobre todo cuando poseen proporciones elevadas de materiales arenosos y niveles freáticos someros, lo que también los hace susceptibles a la licuación dinámica y a los deslizamientos. Los daños importantes, además, siempre se han producido por el colapso de edificaciones, estructuras y viviendas de mampostería (piedra, ladrillo, adobe) con refuerzo pobre o nulo y de muy mala calidad estructural y constructiva. En la figura 5 se presenta un mapa general de amenaza sísmica de la República de Bolivia. El mapa corresponde a aceleraciones máximas del terreno para un período de retorno de 500 años, equivalentes a una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años.

Figura 5. Mapa de Amenaza Sísmica (Fuente <http://www.seismo.ethz.ch/>)



Por otro lado la tabla 2 presenta un listado de los sismos históricos de los que se tiene registro desde el año 1887 hasta el año 1998.

Tabla 2. Descripciones de sismos históricos (Fuente: <http://www.observatoriosancalixto.org>)

El 24 de septiembre de 1887 y el 23 de marzo 1899, ocurren dos terremotos destructores cerca de Yacuiba, provincia Gran Chaco de Tarija; la magnitud estimada para ambos terremotos es de 6.4, con una intensidad sísmica cerca a VII grados en la escala de Mercalli; ambos terremotos destruyen casas de adobe, se reportan solo heridos.

El 17 de mayo de 1909, un fuerte terremoto de foco aproximadamente a 250 km. de profundidad se siente en la ciudad de Tarja y poblaciones vecinas; Chamarreo, Tupiza y Villa Abecia lo sienten; el terremoto de magnitud 6.9 provoca alarma en Tarja; enfermos del hospital abandonan sus camas ante el temor de ser aplastados por las paredes; no se reportan daños ni víctimas.

El 23 de julio de 1909, Sipe Sipe siente un fuerte terremoto de magnitud 5.8 que destruye el campanario de su pequeña iglesia; cercas de tapias de los sembradíos se tumban; El suelo de los sembradíos se agrieta; tierra y piedras caen de los cerros; al parecer hubo 15 muertos; el gobierno pensó en trasladar la población hacia Valle Hermoso.

El 24 de febrero de 1947, un terremoto de magnitud 6.4 destruye el pueblo de Consata, provincia Larecaja de La Paz; se reportan hundimientos del suelo y deslizamientos de tierra en los cerros; no hay víctimas personales pero si ganado muerto. El terremoto se sintió fuerte en la ciudad de La Paz y en varias localidades del Altiplano norte de La Paz. El 23 de agosto de 1956 ocurre otro terremoto de magnitud 5.8 en la zona.

El 27 de marzo 1948, por la noche se siente un terremoto de magnitud 6.1 en Sucre; el terremoto destruye varias construcciones de adobe y provoca 3 muertos y 16 heridos; los monumentos de la torre de la catedral se giran y alguno cae; el gobierno reconstruye la ciudad. El terremoto es sentido en varias poblaciones cercanas a la capital.

El 26 de agosto de 1957, un terremoto de magnitud 6.1 destruye varias casas de adobe en la población de Postrevalle, provincia Vallegrande de Santa Cruz, no se reportan víctimas.

El 1° de septiembre de 1958, un terremoto de magnitud 5.8 agrieta varias construcciones de adobe en la población de Aiquile; muchas familias se refugian en Mizque; se reportan algunos heridos; se producen varias réplicas después del terremoto principal.

El 23 de julio de 1981, un terremoto de magnitud 5.0 se siente en Ivirgarsama, zona tropical de la provincia Carrasco de Cochabamba; la losa central de un puente construido con hormigón pretensado se desplaza unos centímetros; en algunos sectores arena blanquecina y fina del suelo (licuefacción de arenas); no se reportan víctimas.

Entre el 9 de mayo y 19 de junio de 1986, ocurren tres terremotos cerca de Villa Tunari, provincia Chapare de Cochabamba; las magnitudes de los terremotos son de 5.8 y 5.5 y alarman a los pobladores que no pueden mantenerse de pie; durante el terremoto más fuerte se observa oleaje en el remanso de los ríos; cabañas de los ingenieros del IBTA son mecidas.

El 8 de junio de 1994, por la noche (20 horas y 30 minutos) ocurre el terremoto de mayor magnitud en Bolivia; el terremoto de foco a 630 km. de profundidad y de magnitud 8.3 es sentido en todo el país; Casi todas las ciudades del país lo sintieron como si fuera un terremoto local; En la zona central de la ciudad de La Paz los edificios altos oscilan suavemente, lo que alarma a los moradores que salen a las calles; en Cobija las cabañas son fuertemente remecidas, alguna de ellas se tumba; en San Joaquín, provincia Iténez del Beni, las cabañas y los árboles son fuertemente remecidos. El terremoto fue sentido incluso en algunas capitales de Sudamérica y detectados por sismógrafos de Norte América. No se reportaron víctimas pero en la Sierra del sur del Perú algunos muertos son causados por los deslizamientos de tierra.

El 5 de noviembre de 1995, un terremoto de magnitud 5.4 destruye casas de adobe en la población de Cumujo, provincia Atahuallpa de Oruro; se reporta un herido.

El 22 de mayo de 1998, un terremoto de magnitud 6.5 causa destrucción y muerte en poblaciones del sur de Cochabamba; Aiquile, Totorá y Mizque y muchas comunidades campesinas sienten el terremoto; Aiquile resulta la más afectada por la destrucción de gran porcentaje de las casas de adobe, le siguen en importancia de daños Totorá y Mizque; cerca de 80 muertos se reportan en toda la zona afectada por el terremoto y algo más de cien heridos. Por cerca de varios meses continúa temblando el suelo debido a la ocurrencia de otros terremotos de magnitudes pequeñas.

Otras amenazas de degradación de tierras, erosión y quemas

Figura 7. Mapa con áreas de degradación de tierras (Fuente: www.mds.gov.bo)

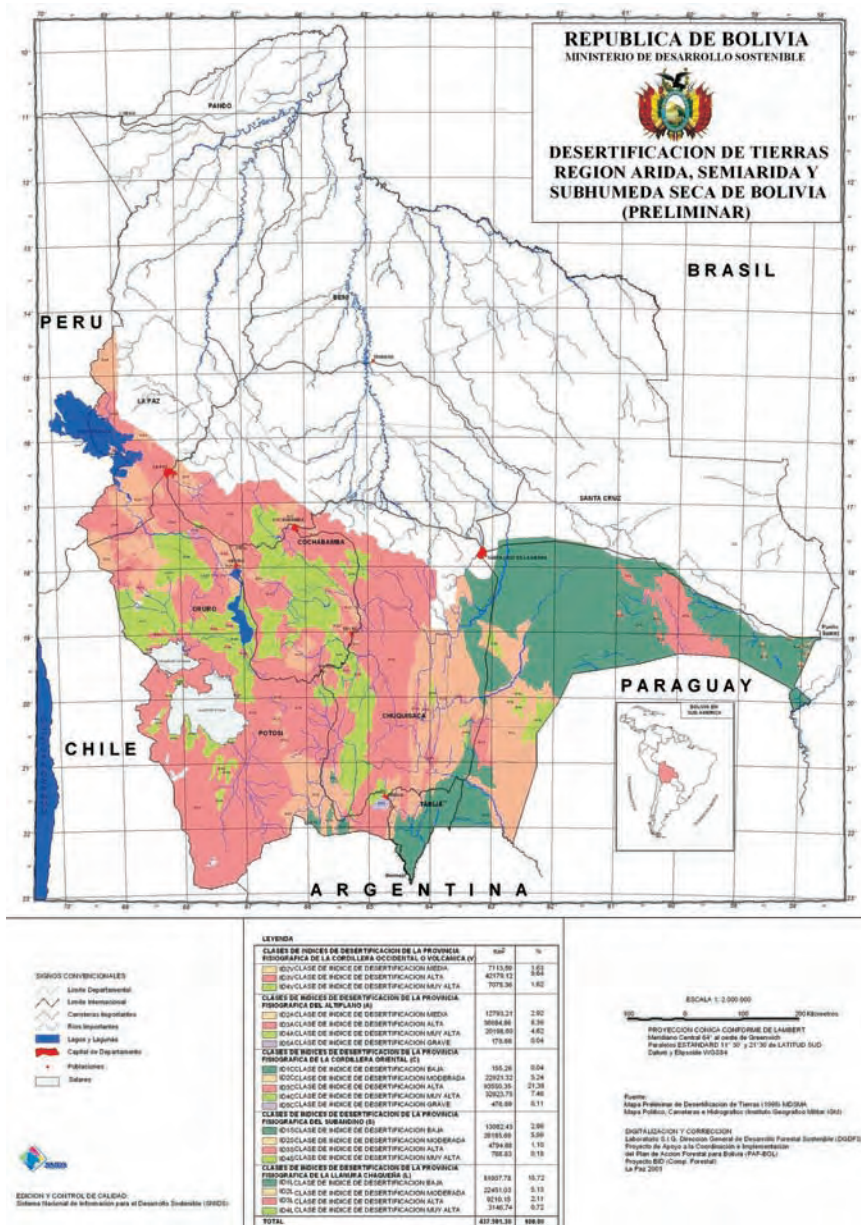


Figura 8. Mapa de erosión (Fuente: www.mds.gov.bo)

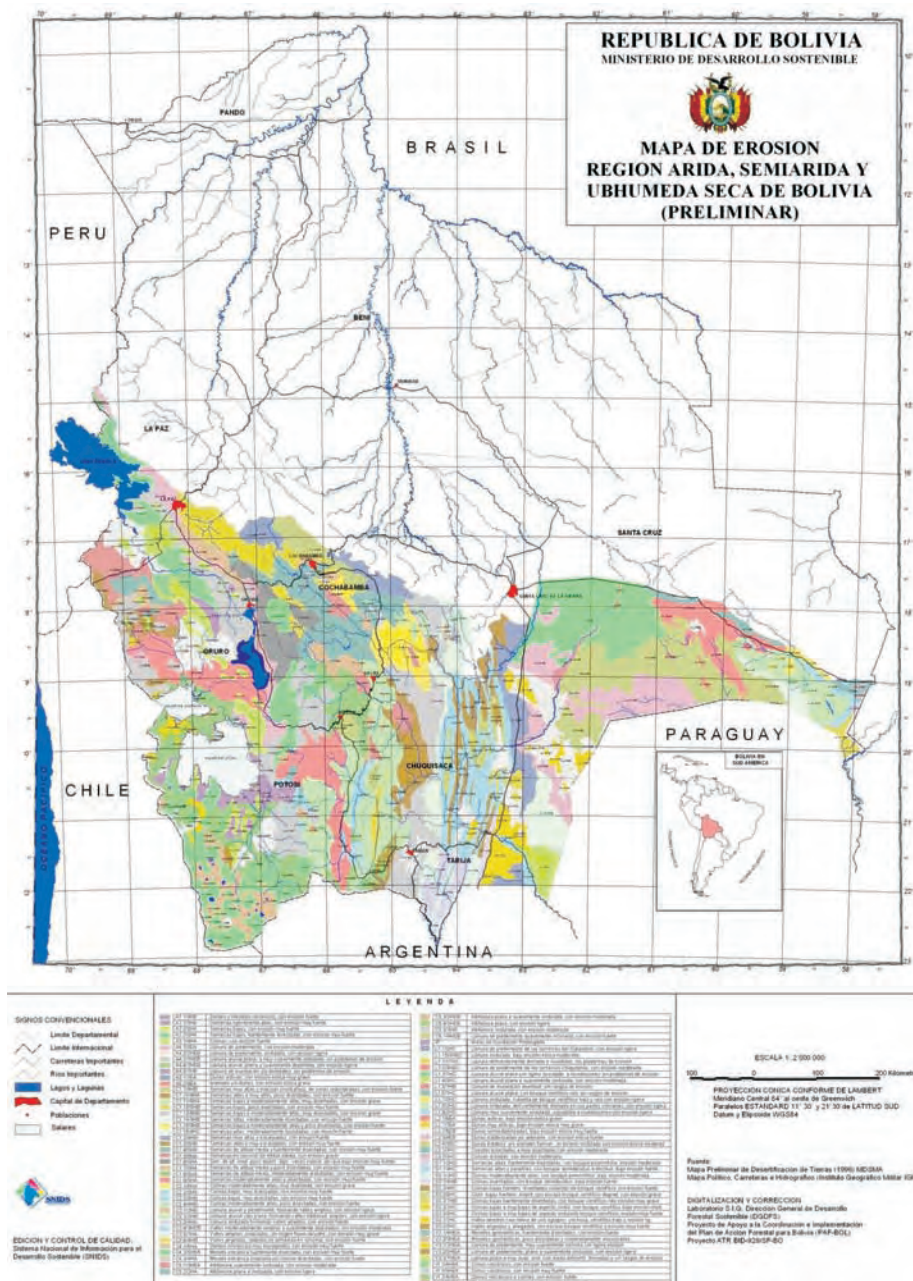
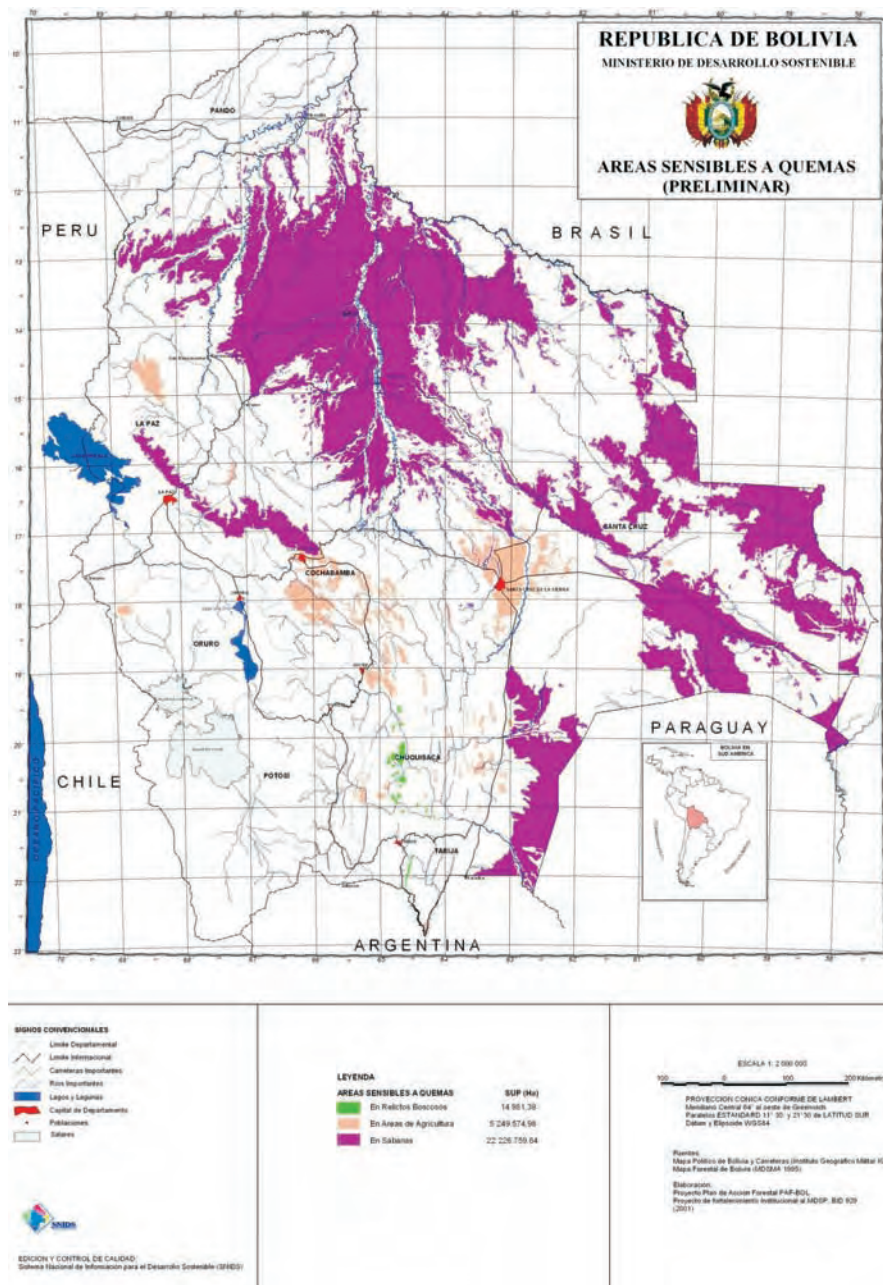


Figura 9. Mapa con áreas sensibles a quemas (Fuente: www.mds.gov.bo)



ÍNDICE DE DÉFICIT POR DESASTRE (IDD)

Parámetros de referencia para el modelo

Aunque no existen datos detallados útiles para la modelación sobre el inventario de inmuebles públicos y privados es posible con información general de área construida y población realizar algunas estimaciones de parámetros aproximados que permitan dar una valoración *coarse grain* del volumen y costo de los elementos expuestos requeridos para el análisis. A continuación se presentan los parámetros que se utilizaron para efectos de conformar una estructura de información homogénea y consistente para los fines específicos del proyecto. Se estimaron parámetros como el costo por metro cuadrado de ciertos tipos constructivos, el número de metros cuadrados construidos en cada ciudad en relación con el número de habitantes y la distribución porcentual de las áreas construidas en grupos básicos de análisis como el componente público, el privado, que en caso de desastre estaría a cargo del Estado, y el resto de los bienes privados, que constituyen el *stock* de capital.

La figura 10 presenta las estimaciones del valor por metro cuadrado según sector (desde el año 1980 hasta el 2003). La figura 11 presenta una gráfica de los metros cuadrados por habitante, y la figura 12 muestra los porcentajes de la construcción pública y privado a cargo del Estados respecto al total.

Figura 10. Valor por metro cuadrado según sector. (USD/m²)

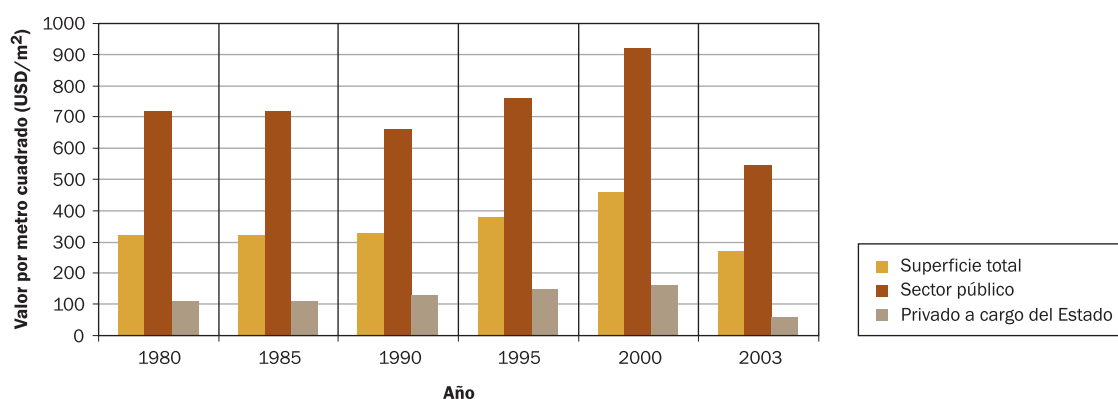


Figura 11. Metros cuadrados por habitante

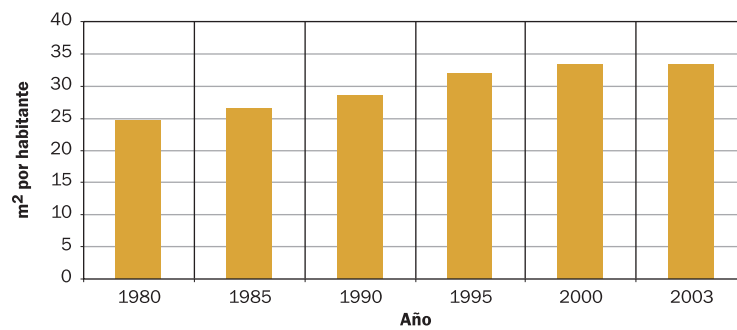
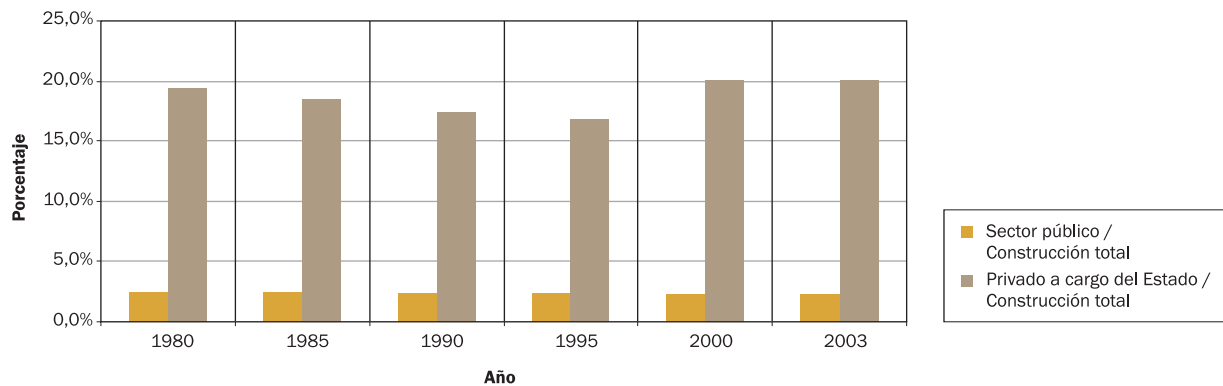


Figura 12. Porcentajes de la construcción pública y privado a cargo del Estados respecto al total



Estimación de los indicadores

En la Tabla 3 se presenta el IDD cada cinco años desde 1980 hasta el 2000, para los Eventos Máximos Considerados, EMC, de períodos de retorno de 50, 100 y 500 años.

Tabla 3. IDD para diferentes periodos de retorno

IDD	1980	1985	1990	1995	2000
IDD ₅₀	1,27	0,32	0,67	0,41	0,41
IDD ₁₀₀	2,48	0,82	1,61	1,04	1,03
IDD ₅₀₀	6,23	5,37	7,32	5,71	5,70