

Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction



ANÁLISIS DEL RIESGO EXTENSIVO “Metodología para identificación de umbrales”

 **Corporación OSSO**
Diciembre 2010



Índice de contenido

1. Presentación	3
2. Antecedentes	4
3. Discusión metodológica	7
3.1. Metodología de cálculo de umbrales en GAR 2009	9
3.2. Metodología seleccionada para el cálculo de umbrales	10
4. Resultados obtenidos	11
5. Aplicación de los umbrales en el análisis del riesgo manifiesto	13
6. Referencias	14

Índice de tablas

Tabla 1: Registros y pérdidas por país	8
Tabla 2: Umbrales de pérdidas humanas por región y globales	12
Tabla 3: Umbrales de viviendas destruidas por región y globales	12
Tabla 4: Pérdidas extensivas e intensivas relacionadas con fenómenos	13

Anexos

ANEXO 1. Informe técnico sobre metodologías para la definición de umbrales.

ANEXO 2. Criterios de selección de registros utilizados para la identificación de umbrales de pérdidas.

Figuras

Figura 1. Porcentaje de registros en relación con las pérdidas (muertos y viviendas destruidas)

1. Presentación

El documento que aquí se presenta se realizó en el marco del trabajo preparatorio para la elaboración del Global Assessment Report for Disaster Risk Reduction que la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD) publicará en 2011.

En él se presentan los principales resultados del ejercicio de clasificación de las manifestaciones de riesgo en manifestaciones intensivas y extensivas y, por tanto, de la metodología y de los cálculos que llevan a establecer un umbral de separación entre estos dos tipos de manifestaciones. El ejercicio incluye la revisión crítica de la metodología que se utilizó en el 2009 y la propuesta de una nueva metodología para el establecimiento de dicho umbral.

El análisis se realizó con la información correspondiente a 21 países (12 de América Latina, 7 de Asia y 1 de África) que cuentan con bases de datos históricos sobre manifestaciones de riesgo (DesInventar) relativamente homogéneas tanto desde el punto de vista temporal (al menos 20 años de información) como desde el punto de vista de la resolución de la información (municipio o equivalente).

La parte estadística del trabajo estuvo a cargo del estadístico Wilmar Alexander Torres. En el trabajo en su conjunto, además de él, participó el equipo de la Corporación OSSO, conformado por los investigadores Fernando Ramírez, Andrés Velásquez, Cristina Rosales, Natalia Ramírez y Nayibe Jiménez.

2. Antecedentes

Los desastres constituyen manifestaciones del riesgo existente, expresiones de unas condiciones de riesgo que han sido construidas social e históricamente. Hasta finales de la década de 1990 existía un énfasis en el análisis de los grandes desastres (de las grandes manifestaciones del riesgo). Sin embargo y de manera empírica se podía constatar la existencia de manifestaciones de riesgo de pequeña y mediana amplitud (relativamente pocos daños) pero que tenían tanto una gran cobertura territorial como una frecuencia mucho mayor que la de las grandes manifestaciones de riesgo.

El desarrollo de bases de datos sobre manifestaciones históricas de riesgo permite aportar una visión más adecuada sobre lo sucedido en materia de manifestaciones de riesgo: si bien es cierto que las manifestaciones de riesgo (desastres) no cubren toda la temática de riesgo (finalmente el riesgo existe aunque no se manifieste), dichas materializaciones históricas del riesgo permite observar pautas históricas de ocurrencia en un período de tiempo dado. Y permite señalar particularmente que las observaciones o registros sobre el riesgo manifiesto tienden a agruparse en dos extremos claramente identificables: muchos registros con muy pocas pérdidas por registro, con una alta frecuencia y en su conjunto con una amplia cobertura territorial y pocos registros con grandes pérdidas por registro y concentrados en territorios relativamente reducidos.

Diversas aproximaciones se han ensayado para analizar estas manifestaciones de riesgo.

En primer lugar, tratando de ubicar de que se habla cuando se trata de grandes, medianas y pequeñas manifestaciones de riesgo. Un acercamiento a esta temática se hizo en 2002 (LA RED-OSSO, 2002), al realizar una comparación entre los datos recopilados por Em-Dat y los datos recopilados por Desinventar. Esta comparación permitió ubicar varios puntos importantes en materia de registros históricos:

- 1) El nivel de observación de las manifestaciones de riesgo y el nivel de resolución de la información son fundamentales para establecer la diferencia entre grandes, medianos y pequeños. Bases de datos como las de Em-Dat, con un nivel de observación global y un nivel de resolución nacional tienden a registrar especialmente las manifestaciones de riesgo más grandes, mientras bases de datos como DesInventar, de un nivel de observación nacional y un nivel de resolución municipal o equivalente, tienden a registrar tanto los grandes como los pequeños.

2) Pero al mismo tiempo no debe confundirse el fenómeno asociado con el desastre con el desastre mismo. Un sismo único puede producir múltiples manifestaciones de riesgo, tanto grandes como pequeñas, sobre diversos territorios. Y la explicación está en que un mismo fenómeno produce efectos diferentes dependiendo entre otros factores de la vulnerabilidad. Por ello bases de datos como Em-Dat basadas en el fenómeno y no en las manifestaciones de riesgo generadas por este, tienden a agrupar efectos, mientras bases como las de DesInventar tienden a diferenciar las distintas manifestaciones.

3) Aunque la información puede ser agrupable a diversos niveles territoriales, no todos los eventos producen diversas manifestaciones. Hay eventos puntuales, que solo afectan un territorio determinado y no varios, que pueden ser grandes, medianos o pequeños.

4) En el caso de Em-Dat se definía un “umbral” a partir del cual se consideraba un acontecimiento como desastres (10 muertos o más, 100 afectados o más, llamado internacional de apoyo) mientras DesInventar no plantea límite inferior para considerar un acontecimiento como manifestación del riesgo: basta con que existan daños asociados al acontecimiento.

Este ejercicio de comparación, aunque no pretendía finalmente establecer una diferenciación entre las actualmente llamadas manifestaciones extensivas e intensivas del riesgo, permitió una primera aproximación a la comprensión del comportamiento de las manifestaciones del riesgo y a entender que, de uno u otra manera, este comportamiento es diferenciado o puede ser diferenciado en dos grandes subconjuntos.

Una segunda aproximación al tema de lo pequeño, lo mediano y lo grande está documentada en el trabajo realizado por Marulanda y Cardona en 2006 que buscaba hacer una evaluación del impacto de los pequeños y moderados desastres en Colombia. Para ello buscaron excluir del análisis de los grandes desastres mediante el cálculo de los valores extremos que deberían ser excluidos. Estos valores extremos (outliers) fueron identificados a partir de un proceso de eliminaciones sucesivas hasta fijar un umbral de 3,5 desviaciones estándar de la distribución media de los datos. Este método no se utilizó porque aunque sigue un procedimiento estadístico transparente, la definición del número de desviaciones estándar es arbitraria y relativa, es decir, el umbral aumenta o disminuye en relación con el número de desviaciones

estándar que se consideren adecuadas para el cálculo de los valores extremos (Appendix 2. EIRD, 2009).

Una tercera aproximación se realizó en el marco de los trabajos para el Informe del GAR 2009. En esta se partió de la necesidad de encontrar un método que permitiese seleccionar dos subconjuntos de manifestaciones de riesgo, las definidas anteriormente como manifestaciones intensivas y manifestaciones extensivas. Para ello se utilizó la información de doce países, contenida en bases de datos relativamente homogéneas, que cuentan con criterios y parámetros similares y que conforman un Sistema de Inventario de Manifestaciones de Riesgo (DesInventar) y que cuentan con un alto nivel de desagregación de la información al menos a un nivel inferior al de estado, provincia o departamento.

En esta ocasión si hicieron varias aproximaciones para la obtención del umbral, definido como el punto divisorio entre las manifestaciones extensivas y las manifestaciones intensivas del riesgo: la primera, que puede llamarse “empírica y de aproximaciones sucesivas” buscaba encontrar un punto de quiebre “razonable” de acuerdo a los datos existentes y al criterio más o menos experto “ojo de buen cubero” del analista. Para probar el método se utilizaron cinco bases de datos correspondientes a Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia (Ramírez, 2008). A partir de la definición operativa de manifestaciones intensivas del riesgo (pocos registros, concentrados en territorios relativamente reducidos y con grandes volúmenes de pérdidas) y extensivas (muchos registros con relativamente pocas pérdidas por registro y ocupando en su conjunto amplios territorios) se identificaron, en una primera aproximación, aquellos valores que claramente se localizaban en ambos extremos y que por tanto representaban, sin ninguna duda, lo “más intensivo” y lo “más extensivo” de las pérdidas. En los valores intermedios se identificaron concentraciones diferenciales que correspondieran a la definición operativa. Así, por ejemplo, en el caso de las pérdidas humanas se encontró que el 90,7% de los registros contenían entre 11 y 50 muertos, mientras solo el 9,3% registraban entre 51 y 100 muertos. Ello llevó a considerar como razonable que los 51 o más muertos representaba las pérdidas intensivas, mientras que cualquier valor inferior correspondía a las pérdidas extensivas.

Igualmente en esta ocasión, se volvió a revisar la metodología de los outliers utilizada por Marulanda y Cardona y se realizaron otras dos aproximaciones buscando la primera una distribución estadística (en este caso la curva de Sigmund) que se aproximara a la distribución empírica encontrada y la segunda, a través del método de

los percentiles, buscando un valor en el cual la pendiente de la curva fuese menor a 0,1%. Lastimosamente estos dos últimos métodos utilizados no están documentados para su análisis y discusión.

3. Discusión metodológica

La identificación de una metodología para el cálculo de umbrales de pérdidas se realizó mediante pruebas con diferentes métodos estadísticos, entre ellos el que se utilizó en GAR 2009. Los criterios que se siguieron para esta identificación fueron, por un lado, la búsqueda de un método que permitiera dar un soporte estadístico robusto al cálculo de los umbrales y de esta manera disminuir la subjetividad en la definición de los valores límite a partir de los cuales se pueden diferenciar las manifestaciones intensivas y extensivas del riesgo. Por otro lado, la búsqueda de un método que se ajustara a las características de los datos contenidos en los inventarios de DesInventar y, principalmente, que diera cuenta de los elementos conceptuales antes descritos.

Los métodos estadísticos que se probaron se describen con detalle en el Anexo 1, así como las razones por las cuales fueron descartados algunos de ellos. No obstante, resulta importante destacar los pasos que se realizaron para la selección del método:

- En primer lugar, se probó nuevamente la metodología de análisis de las distribuciones de los registros y de las pérdidas que se utilizó en GAR 2009, lo cual se describe con detalle más adelante. Cabe decir que no se consideró pertinente utilizar de nuevo este método porque no hay una justificación clara sobre los supuestos que determinan el rango de acumulación de daños a partir del cual se identifican los umbrales.
- Se utilizó otro método de cálculo de umbrales mediante la distribución empírica de los registros, en este caso sin agruparlos (como se hizo en GAR 2009), pero la metodología fue descartada porque los resultados que se obtuvieron fueron bastante elevados en razón de la influencia que ejercen los registros con valores extremos.
- Otros métodos que se probaron consistieron en el ajuste de la distribución de los datos a una distribución teórica que permitiera explicar el comportamiento de los mismos. Se hicieron pruebas tanto con probabilidades para datos discretos como para datos continuos pero en ninguno de los dos casos se tuvo éxito.

- Finalmente, se utilizó el método de remuestreo, denominado Bootstrap, y con éste se probaron diferentes alternativas para la definición de los umbrales, de las cuales se seleccionó aquella que no se deja influenciar por el peso de los valores extremos de algunas bases de datos.

De estos métodos interesa destacar en este apartado el ejercicio que se realizó con la metodología de GAR 2009 y las características generales y los resultados obtenidos con el método de remuestreo que se seleccionó. Los análisis se realizaron con 21 bases de datos construidas con DesInventar para África, América Latina y Asia, las cuales alcanzan un total de 187 805 registros, 640 628 pérdidas humanas y 5 322 386 viviendas destruidas (Tabla 1). En el Anexo 2 se describen con detalle los criterios que se tuvieron en cuenta para seleccionar el universo de registros a partir de los cuales se calcularon los umbrales. Los umbrales se definieron para las variables de pérdidas humanas y de viviendas destruidas.

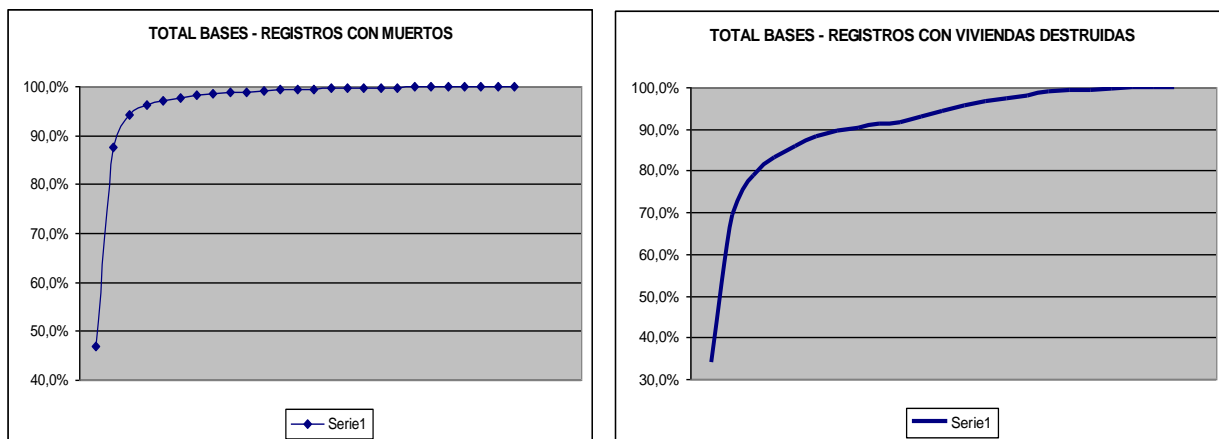
Tabla 1: Registros y pérdidas por país

País	Total Registros	Pérdidas humanas	Viviendas destruidas
Argentina	15 897	3 334	53 651
Bolivia	2 539	1 159	6 098
Chile	10 702	3 120	86 671
Colombia	23 863	35 702	179 475
Costa Rica	11 057	516	8 796
Ecuador	4 448	2 812	10 168
El Salvador	3 350	4 541	180 277
Guatemala	4 163	1 923	20 883
México	21 245	28 249	349 566
Panamá	2 900	311	12 513
Perú	14 635	40 157	218 147
Venezuela	4 205	2 724	47 003
Total América	119 004	124 548	1 173 248
Indonesia	7 002	190 452	1 069 904
Irán	2 189	136 370	137 617
Jordania	443	140	83
Mozambique	3 590	104 457	646 517
Nepal	13 512	11 541	216 627
Orissa	8 922	33 844	1 717 964
Sri Lanka	13 326	33 553	133 416
Siria	7 326	679	468
India Tamil Nadu	12 491	5 044	226 542
Total Asia y África	68 801	516 080	4 149 138
Total	187 805	640 628	5 322 386

3.1. Metodología de cálculo de umbrales en GAR 2009

Como se mencionó en la introducción de este apartado, uno de los primeros ejercicios que se realizó en el proceso de identificación del método para el cálculo de umbrales fue probar con las bases actuales la metodología de percentiles que se utilizó en el GAR 2009. De acuerdo con ésta, los umbrales se identifican mediante un análisis estadístico de las distribuciones de los registros en relación con las distribuciones de las pérdidas. Los datos se organizaron en los rangos de acumulación de pérdidas ya establecidos para dicho informe y, de igual manera, se definieron los umbrales a partir del rango en el cual el incremento marginal del número de registros fue menor al 0,1% del total, como se muestra en la Figura 1. Con este valor de la pendiente los umbrales que se hallaron corresponden a 50 pérdidas humanas y a 100 viviendas destruidas, frente a 50 y 500, respectivamente, encontrados en 2009.

Figura 1. Porcentaje de registros en relación con las pérdidas (muertos y viviendas destruidas)



El umbral de pérdidas humanas que se calculó con esta metodología es bastante cercano al que se obtuvo en GAR 2009, en el que se definió que los registros con 51 o más muertos correspondían a manifestaciones intensivas del riesgo. El umbral de las viviendas destruidas es por el contrario bastante diferente, en el anterior informe los registros con 501 o más viviendas destruidas clasificaban como manifestaciones intensivas.

A pesar que estos resultados pueden ser explicados a partir del incremento del universo de registros y de pérdidas analizados, se considera que este método tiene un alto grado de subjetividad en la definición del umbral por las siguientes razones:

- en primer lugar, no hay una metodología clara para definir la organización de los registros en diferentes rangos de acumulación de pérdidas, lo cual necesariamente se ve afectado por la particularidad de los datos en la que aproximadamente el 90% de los registros no presentan pérdidas.
- En segundo lugar, el umbral se define a partir del rango en el cual el incremento marginal del número de registros es menor al 0,1%, valor que no corresponde a una metodología claramente establecida y que además genera dificultades para la selección del umbral en los casos donde se existen varios valores de 0,1%.
- Adicionalmente, para este cálculo solo se tuvieron en cuenta los registros que cuentan con 1 o más muertos y con 1 o más viviendas destruidas, excluyendo sin explicación registros que presentan otros daños y que naturalmente hacen parte del universo. Esto último significa que se excluía más del 85% de las observaciones realizadas sobre manifestaciones de riesgo. Por tal razón, se consideró pertinente buscar otros métodos estadísticos que permitieran disponer de criterios más objetivos para la definición de los umbrales.

3.2. Metodología seleccionada para el cálculo de umbrales

Dadas las limitaciones de las anteriores metodologías probadas y teniendo en cuenta las características de los datos disponibles en las bases de DesInventar, se probó con una técnica de remuestreo denominada Bootstrap. Las ventajas de este método tienen que ver con que es particularmente indicado para datos discretos que no tienen una distribución normal, como ocurre con las manifestaciones de riesgo, y que además permite tener en cuenta tanto del número de registros con diversos niveles de efectos como especialmente los valores extremos (*outliers*) de las bases de datos. Para el cálculo de los umbrales mediante esta metodología se se definieron tres alternativas diferentes:

1) Umbral no ponderado

Se calculó un umbral para el conjunto de las bases de datos tomadas como un todo. Esta alternativa tiene como ventaja que los resultados no se dejan influenciar por el peso de los valores extremos, pero a su vez no representa las particularidades de los diferentes países cuyas bases de datos se utilizan.

2) Umbral ponderado

Para la definición del umbral mediante esta alternativa se calcularon previamente umbrales de pérdidas humanas y de viviendas destruidas para cada uno de los países objeto de análisis. También se definió un intervalo de confianza, dentro del cual estarían los umbrales definidos para cada caso. El umbral global ponderado se calculó a partir de estos umbrales definidos para cada base de datos y la ponderación se estableció con relación al número total de registros. El umbral ponderado tiene la ventaja de tener en cuenta la información registrada de cada país, pero da un mayor peso a aquellos países que tienen mayor cantidad de registros o que tienen un mayor número de registros con grandes pérdidas.

3) Mediana de los umbrales

A diferencia del cálculo del umbral ponderado, el calcular el umbral a partir de la mediana de los umbrales por país permite captar tanto el peso de cada uno de los países como reducir de manera razonable el peso de los eventos extremos y de la concentración de muchas pérdidas en un solo país. Dado el tipo de datos con que se cuenta y la no existencia, en términos estrictos de un universo de observaciones (las registradas en las bases de datos de 21 países no constituyen el universo total de manifestaciones de riesgo para esos países) ni de una muestra estadística (sin un universo no puede calcularse una muestra), esta parece la alternativa más aceptable para el tratamiento de los datos.

4. Resultados obtenidos

A continuación se presentan los umbrales que se calcularon mediante las tres alternativas antes descritas. Los umbrales se definieron para las variables de pérdidas humanas y viviendas destruidas para el total de registros de las bases de datos. También

se realizaron cálculos de umbrales para los registros asociados a eventos geológicos e hidrometeorológicos, lo cuales se pueden encontrar en el Anexo 1.

Los umbrales de pérdidas humanas calculados con las tres alternativas propuestas (umbrales sin ponderar, ponderado y con la mediana) se presentan en la Tabla 2. Se debe recordar que el umbral ponderado tiene en cuenta el peso de cada base de datos (en relación con el número de registros), lo cual explica que los valores sean mucho más altos (21 en América, 232 en Asia-África y 99 para ambas regiones) que los obtenidos con las otras dos alternativas.

Tabla 2: Umbrales de pérdidas humanas por región y globales

Región	Número de registros	Umbral		
		Sin ponderar	Ponderado	Mediana
América	119 004	22	21	24
Asia y África	68 801	72	232	31
Global	187 805	35	99	25

Los umbrales de viviendas destruidas que se calcularon con las tres alternativas propuestas se presentan en la Tabla 3. Al igual que en el caso de las pérdidas humanas, los umbrales ponderados son los más altos porque se ven influenciados por la gran cantidad de registros con muchas viviendas destruidas que contienen algunas bases de datos. Los umbrales que se obtuvieron con la Mediana son mucho menores que los que se generaron con el método sin ponderar ya que no hay influencia de los valores extremos de algunas bases.

Tabla 3: Umbrales de viviendas destruidas por región y globales

Región	Número de registros	Umbral		
		Sin ponderar	Ponderado	Mediana
América	119 004	546	512	317
Asia y África	68 801	3000	4069	1068
Global	187 805	1368	1815	600

De acuerdo con estos resultados, para la clasificación de las pérdidas en manifestaciones intensivas y extensivas del riesgo se propone el cálculo de los umbrales mediante la alternativa de la Mediana porque, por un lado, tiene en cuenta las particularidades de cada país al utilizar una medida de tendencia central de los

umbrales obtenidos para cada bases de datos y, por otro lado, porque a su vez no se deja influenciar por los valores extremos que presentan algunas bases. En este sentido, los umbrales estarían definidos por 25 pérdidas humanas y 600 viviendas destruidas. En el caso de las pérdidas humanas el umbral es mucho menor que el que se calculó para GAR 2009, mientras que para viviendas destruidas aumentó, en este caso, en un 20%.

5. Aplicación de los umbrales en el análisis del riesgo manifiesto

Si se aplica el umbral anteriormente obtenido por cálculo de la mediana, el universo de registros, para los 21 países considerados esta representado por un total de 192.183 registros, de los cuales, un 99.1% corresponden a manifestaciones extensivas del riesgo, mientras solo el 0,9% corresponde a manifestaciones intensivas del riesgo. Del total de estos registros, 154.268 corresponden con las definiciones establecida de registros asociados a fenómenos geológicos e hidrometeorológicos, mientras 37.915 se asocian incendios. Para los que están relacionados con fenómenos geológicos o hidrometeorológicos, la distribución de pérdidas está dada en la siguiente Tabla 4:

Tabla 4: Pérdidas extensivas e intensivas relacionadas con fenómenos hidrometeorológicos y geológicos

Tipo de Riesgo	Tipo de Amenaza	Registros	%	Muertos	%	Viviendas destruidas	%
Extensivo	Hidrometeorológica	148 193	96,1	48 952	7,7	618 416	11,8
Extensivo	Geológica	4 612	2,9	2 475	0,4	103 221	2
Intensivo	Hidrometeorológica	1 010	0,65	178 568	28	2 822 264	43,3
Intensivo	Geológica	453	0,35	407 019	63,9	1 685 371	43,9
Total		154 268	100	637 014	100	5 229 272	100

6. Referencias

EIRD (2009) Informe de evaluación global sobre reducción de riesgo de desastres. Naciones Unidas. Ginebra, Suiza.

LA RED – OSSO para PNUD (2002) Análisis comparativo de bases de datos de desastres. Informe final.

Marulanda y Cardona (2006). Análisis del impacto de desastres menores y moderados a nivel local en Colombia. Informe final, proyecto Provention.

Ramírez, Fernando (2008) Documento de trabajo: lo extensivo y lo intensivo en las manifestaciones del riesgo. Proyecto Análisis de riesgo extensivo. CORPORACIÓN OSSO para EIRD.

Anexo 1.

Informe técnico sobre cálculo de umbrales

Introducción

En este documento se presenta un método para el cálculo de umbrales de pérdidas humanas y de viviendas destruidas, a partir de las bases de datos obtenidas por medio de DesInventar en 12 países de América Latina (Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, México, Panamá, Perú y Venezuela), 8 países de Asia (Indonesia, Irán, Jordania, Nepal, India Orissa, Sri Lanka, Siria e India Tamil Nadu) y un país del continente Africano (Mozambique). La metodología que se propone trata de minimizar la subjetividad y dar un soporte más estadístico para el cálculo de los diferentes umbrales, los cuales establecerán a partir de que valor los registros se clasificarán como intensivos o extensivos.

La identificación del método adecuado implicó la revisión de la técnica estadística que se utilizó en el GAR 2009, así como de otras metodologías que buscan analizar el comportamiento de los datos a partir de distribuciones empíricas o de probabilidad de los registros. En este documento se detallan las pruebas que se realizaron mediante estos métodos. Los datos que se analizaron se presentan en la Tabla 1, en la que se muestran los registros de pérdidas humanas y de viviendas destruidas por país en el periodo de 1970-2009.

Tabla 5: Registros de pérdidas por país.

País	Total Registros	Registros con pérdidas Humanas	Total Pérdidas Humanas	Registros con viviendas destruidas	Total Viviendas Destruidas
Argentina	15.897	1.444	3.334	677	53.651
Bolivia	2.539	207	1.159	220	6.098
Chile	10.702	1.488	3.120	2.221	86.671
Colombia	23.863	2.185	35.702	4.585	179.475
Costa Rica	11.057	236	516	902	8.796
Ecuador	4.448	623	2.812	1.103	10.168
El Salvador	3.350	377	4.541	445	180.277
Guatemala	4.163	575	1.923	984	20.883
México	21.245	3.016	28.249	1.310	349.566
Panamá	2.900	172	311	661	12.513
Perú	14.635	1.534	40.157	2.059	218.147
Venezuela	4.205	550	2.724	597	47.003
Total América	119.004	12.407	124.548	15.764	1.173.248
Indonesia	7.002	1.066	190.452	3.251	1.069.904
Irán	2.189	669	136.370	127	137.617
Jordania	443	47	140	17	83
Mozambique	3.590	405	104.457	841	646.517
Nepal	13.512	3.687	11.541	6.231	216.627
Orissa	8.922	2.767	33.844	4.264	1.717.964
Sri Lanka	13.326	732	33.553	1.984	133.416
Siria	7326	401	679	55	468
India Tamil Nadu	12.491	1.033	5.044	6.745	226.542
Total Asia y África	68.801	10.807	516.080	23.515	4.149.138
Total	187.805	32.214	640.628	39.274	5.322.386

En la Tabla 1 se puede observar que los países de América con mayores pérdidas humanas en el periodo de análisis son Perú, Colombia y México con 40.157, 35.702 y 28.249 muertes respectivamente. También se observa que los países con mayores viviendas destruidas son México, Perú, El Salvador y Colombia con 349.566, 218.147, 180.277 y 179.475 viviendas respectivamente.

Los países bajo estudio de Asia y África que presentaron mayores pérdidas humanas son Indonesia con 190.452 muertes e Irán con 136.370, mientras que los países que presentaron más viviendas destruidas fueron India Orissa con 1.717.964 viviendas e Indonesia con 1.069.904 viviendas destruidas.

También se observa que algunos de los países Asia y África no son comparables con los países de América debido a la gran magnitud de pérdidas que tienen sus registros, ya que las pérdidas tanto humanas como de viviendas en los países del continente Asiático son

aproximadamente 4 veces las de los países de América, por lo cual se hace necesario establecer umbrales tanto para cada país como para cada continente.

1. Cálculo de umbrales mediante la Metodología Bootstrap

La Metodología Bootstrap debe su nombre y su formulación original a Bradley Efron (1979). Esta metodología constituye la línea más desarrollada, tanto desde el punto de vista teórico como aplicado, de una variedad de técnicas para la inferencia estadística denominadas genéricamente “métodos de remuestreo”.

La idea de esta técnica es tratar la muestra de datos que se tiene como si fuera la población, es decir, se utiliza como el universo del que se extraerán un gran número de remuestras con reemplazamiento del mismo tamaño del universo. Aunque cada remuestra tendrá el mismo número de elementos que el universo, mediante el remuestreo con remplazo cada una podría incluir algunos de los datos originales más de una vez y algunos que no aparecieran. Como resultado, cada remuestra probablemente será levemente y aleatoriamente diferente de la muestra original; con lo cual, se puede calcular algún estadístico de interés en cada una de las remuestras y estimar la distribución para el estadístico de interés (Mooney y Duval, 1993).

El número de remuestras a calcular depende de la capacidad computacional con la que se cuenta en el momento, por tanto este número de remuestras se define de manera arbitraria, claro está, que entre mayor sea el número de remuestras mejor será la estimación de la distribución del estadístico de interés.

El enfoque bootstrap está especialmente indicado en los casos en que los datos no siguen una distribución normal; hecho que es común en la mayor parte de las medidas utilizadas habitualmente. Además, al construirse empíricamente la distribución del estimador (estadístico de interés) sobre la base de todas las características de la distribución original de los datos, esta incluye aquellos factores considerados como contaminantes (outliers).

El Bootstrap fue introducido al presente estudio, como un método basado en cálculos intensivos mediante simulación para estimar la probabilidad de baja ocurrencia en una distribución normal a 3 desviaciones estándar, donde un suceso extremo será aquel que tiene una probabilidad de ocurrencia del 0,27%, lo cual se traduce en que la mayoría de los datos van a tener una probabilidad de ocurrencia del 99,73% para la cual se buscará estimar la distribución muestral mediante la metodología bootstrap.

La probabilidad de baja ocurrencia definida anteriormente, se puede tomar como referencia y aplicarla a las bases de datos que reportan pérdidas humanas y viviendas destruidas, de tal forma que calculando la distribución del estadístico de baja ocurrencia se puede definir un umbral para cada país con el objetivo de clasificar los registros como extensivos o intensivos.

Una vez estimada la distribución muestral del estadístico, se procede a realizar el cálculo de la Mediana, la cual separa en dos partes iguales la distribución muestral y deja a cada lado el 50% de los datos. Este valor hallado (Mediana) establecerá el Umbral para cada país bajo estudio.

Además de establecer un indicador puntual (umbral) para cada país, también se estableció un intervalo de confianza Bootstrap mediante el método del percentil, donde se define un nivel de confianza $1-\alpha$ y se calculan los percentiles $\alpha/2$ y $1-\alpha/2$ de la distribución muestral del estadístico definido. Este intervalo de confianza sirve para determinar el rango de valores entre los cuales se estima que estará el verdadero umbral de cada país con una determinada probabilidad de acierto.

Para determinar una medida global que representará a todos los países tanto de América como de Asia y África se emplearon tres alternativas que se presentan a continuación:

Como primera alternativa se calculó un *umbral ponderado* a partir de los umbrales definidos para cada uno de los países, donde la ponderación se estableció mediante el número de registros reportados a lo largo del periodo de estudio en cada país. Este umbral ponderado tiene la ventaja de tener en cuenta la información registrada en cada país y darles mayor peso a aquellos países que presentan mayor cantidad de registros.

El cálculo del Umbral global ponderado se representa como:
$$U_{Pond} = \frac{\sum_{i=1}^m U_i * R_i}{\sum_{i=1}^m R_i}$$

donde:

m = Numero de países bajo estudio.

U_i = Umbral definido para el país i .

R_i = Numero de registros reportados en el país i .

En la segunda alternativa empleada se calculó un *umbral mediano* a partir de los umbrales definidos para cada uno de los países bajo estudio. El cálculo de la mediana se define como el valor que se encuentra en la mitad de los datos, por lo tanto, es la medida de tendencia central que divide la distribución de datos en dos partes iguales. Por tal razón, el umbral mediano tiene la ventaja de no dejarse influenciar por umbrales extremos que puedan presentar algunos de los países bajo estudio.

Para realizar el cálculo del Umbral mediano, primero se deben de ordenar los datos a incluir en el cálculo de forma creciente o decreciente y se representa como:

$$U_{Med} = \begin{cases} \left(\frac{U_{\frac{m}{2}} + U_{\frac{m}{2}+1}}{2} \right) & \text{Si } m \text{ es par} \\ U_{\frac{m+1}{2}} & \text{Si } m \text{ es impar} \end{cases}$$

donde:

m = Numero de países bajo estudio.

$U_{\frac{m}{2}}$ = Umbral del país correspondiente a la posición $\frac{m}{2}$.

$U_{\frac{m}{2}+1}$ = Umbral del país correspondiente a la posición $\frac{m}{2} + 1$.

$U_{\frac{m+1}{2}}$ = Umbral del país correspondiente a la posición $\frac{m+1}{2}$.

En la tercer y última alternativa empleada para hallar los umbrales globales no se partió de los umbrales definidos para cada país, sino que se aplicó la metodología Bootstrap a todos los registros disponibles, es decir, se calculó un umbral (*Umbral no Ponderado*) sin tener en cuenta cada país, como si todos los países bajo estudio fueran uno solo.

2. Resultados

2.1. Cálculo de umbrales para pérdidas humanas con el total de registros

En el caso de las pérdidas humanas, de los 119.004 registros considerados en América, 106.597 no reportan pérdidas y solo 12.407 si lo hacen (10,4%), mientras que de los 68.801 registros considerados en Asia y África, 57.994 no reportaron pérdidas y 10.807 si lo hicieron (18,6%).

Para aplicar la metodología Bootstrap se calcularon 10.000 remuestras para estimar la distribución del estadístico de bajo ocurrencia (99,73%), con la cual se halló los umbrales en cada país, teniendo en cuenta todos los registros reportados en cada uno de ellos como se aprecia en la Tabla 2.

Tabla 6: Umbrales para pérdidas humanas por país

País	Total Registros	Umbral	Intervalo al 90% de Confianza	
			Límite Inferior	Límite Superior
América				
Argentina	15.897	7	6	8
Bolivia	2.539	43	25	52
Chile	10.702	8	7	9
Colombia	23.863	18	15	22
Costa Rica	11.057	3	3	4
Ecuador	4.448	30	14	39
El Salvador	3.350	56	31	124
Guatemala	4.163	23	15	36
México	21.245	35	31	45
Panamá	2.900	5	4	8
Perú	14.635	34	29	40
Venezuela	4.205	24	15	50
Asia y África				
Indonesia	7.002	306	209	510
Irán	2.189	5045	1118	7756
Jordania	443	9	6	9
Mozambique	3.590	92	69	125
Nepal	13.512	31	25	35
Orissa	8.922	172	88	208
Sri Lanka	13.326	12	8	20
Siria	7.326	4	3	5
India Tamil Nadu	12.491	25	14	44

Mediante la anterior tabla se observa que los umbrales más altos de pérdidas humanas en América se definieron para los países de El Salvador (56) y Bolivia (43) debido a que en estos países presentan una proporción importante de registros con altas pérdidas humanas, mientras que para los países de Asia los umbrales más altos se definieron para Irán (5045) e Indonesia (306).

El umbral ponderado en América para las pérdidas humanas viene dado por:

$$U = \frac{(7 * 15897 + 43 * 2539 + 8 * 10702 + 18 * 23863 + 3 * 11057 + 30 * 4448 + 56 * 3350 + 23 * 4163 + 35 * 21245 + 5 * 2900 + 34 * 14635 + 24 * 4205)}{119004}$$

$$U = 21,36 \cong 22$$

El anterior punto encontrado establece el umbral para las pérdidas humanas en América, donde el registro se establecerá como intensivo si se pierden 22 o más vidas humanas, en caso contrario el registro se definirá como extensivo según el umbral ponderado.

Para identificar el umbral mediano en América, se debe ordenar los umbrales de cada país como se muestra a continuación:

3, 5, 7, 8, 18, 23, 24, 30, 34, 35, 43, 56

Como se tienen 12 umbrales correspondientes a cada uno de los países bajo estudio en América, se busca la posición de la mediana usando la fórmula:

$$\frac{m}{2} = \frac{12}{2} = 6 \quad \text{y} \quad \frac{m}{2} + 1 = \frac{12}{2} + 1 = 7$$

El valor de la mediana está entre 23 (sexta posición) y 24 (séptima posición).

Para hallar el valor que está en la mitad de los dos datos anteriores, se suman y se divide entre 2, por tanto el umbral mediano es $23.5 \cong 24$.

El anterior punto encontrado establece el umbral para las pérdidas humanas en América, donde el registro se establecerá como intensivo si se pierden 24 o más vidas humanas, en caso contrario el registro se definirá como extensivo según el umbral mediano.

Los umbrales calculados con las tres alternativas propuestas se presentan en la tabla 3.

Tabla 7. Umbrales para pérdidas humanas con todos los registros

Continente	Numero de Registros	Umbral		
		Mediano	Ponderado	Sin Ponderar
América	119.004	24	21	22
Asia y África	68.801	31	232	72
Global	187.805	25	99	35

A partir de los anteriores umbrales calculados, se pueden establecer los registros de pérdidas humanas como intensivos o extensivos.

Según el cálculo de la Mediana, se establece que los umbrales vienen dados por 24 en América, 31 en Asia y África y el umbral Global por 25 pérdidas humanas, donde el registro se establecerá como intensivo si se pierden igual o mayor número de vidas humanas a los umbrales definidos, en caso contrario el registro se definirá como extensivo.

Según el cálculo del umbral ponderado, se establece que los umbrales vienen dados por 21 en América, 232 en Asia y África y el umbral Global por 99 pérdidas humanas, donde el

registro se establecerá como intensivo si se pierden igual o mayor número de vidas humanas a los umbrales definidos, en caso contrario el registro se definirá como extensivo.

Según el cálculo del umbral sin ponderar, se establece que los umbrales vienen dados por 22 en América, 72 en Asia y África y el umbral Global por 35 pérdidas humanas, donde el registro se establecerá como intensivo si se pierden igual o mayor número de vidas humanas a los umbrales definidos, en caso contrario el registro se definirá como extensivo.

2.2. Cálculo de umbrales para viviendas destruidas con el total de registros

En el caso de las viviendas destruidas, de los 119.004 registros considerados en América, 103.240 no reportan pérdidas y solo 15.764 si lo hacen (13,2%), mientras que de los 68.801 registros considerados en Asia y África, 45.286 no reportaron pérdidas y 23.515 si lo hicieron (34,2%).

De igual forma como se realizó el cálculo para definir los umbrales de pérdidas humanas por país, también se realizó para definir los umbrales de viviendas destruidas, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 8: Definición de umbrales para viviendas destruidas por país

País	Total Registros	Umbral	Intervalo al 90% de Confianza	
			Límite Inferior	Límite Superior
América				
Argentina	15.897	200	150	301
Bolivia	2.539	121	68	510
Chile	10.702	750	531	910
Colombia	23.863	333	300	420
Costa Rica	11.057	32	19	53
Ecuador	4.448	100	60	200
El Salvador	3.350	2911	2276	3726
Guatemala	4.163	411	300	503
México	21.245	600	500	882
Panamá	2.900	217	129	600
Perú	14.635	998	844	1400
Venezuela	4.205	300	223	502
Asia y África				
Indonesia	7.002	13696	8034	18250
Irán	2.189	4138	2385	9434
Jordania	443	6	3	50
Mozambique	3.590	15814	9290	18626
Nepal	13.512	804	603	1000
Orissa	8.922	9078	6079	14254
Sri Lanka	13.326	978	656	1567
Siria	7326	2	1	4
India Tamil Nadu	12.491	1068	859	1224

Mediante la anterior tabla se observa que los umbrales más altos de viviendas destruidas en América se definieron para los países de El Salvador (2911) y Perú (998) debido a que en estos países presentan una proporción importante de registros con altas viviendas destruidas, mientras que para los países de Asia y África los umbrales más altos se definieron para Mozambique (15814) e Indonesia (13696).

Los umbrales calculados con las tres alternativas propuestas se presentan en la tabla 5.

Tabla 9: Umbrales para viviendas destruidas con todos los registros

Continente	Numero de Registros	Umbral		
		Mediano	Ponderado	Sin Ponderar
América	119.004	317	512	546
Asia y África	68.801	1.068	4.069	3.000
Global	187.805	600	1.815	1.368

A partir de los anteriores umbrales calculados, se pueden establecer los registros de viviendas destruidas como intensivos o extensivos según sea el umbral definido.

Según el cálculo de la Mediana, se establece que los umbrales vienen dados por 317 en América, 1.068 en Asia y África y el umbral Global por 600 viviendas destruidas, donde el registro se establecerá como intensivo si se pierden igual o mayor número de viviendas a los umbrales definidos, en caso contrario el registro se definirá como extensivo.

Mediante el cálculo del umbral ponderado, se establece que los umbrales vienen dados por 512 en América, 4.069 en Asia y África y el umbral Global por 1.815 viviendas destruidas, donde el registro se establecerá como intensivo si se pierden igual o mayor número de viviendas a los umbrales definidos, en caso contrario el registro se definirá como extensivo.

Para el cálculo del umbral sin ponderar, se establece que los umbrales vienen dados por 546 en América, 3.000 en Asia y África y el umbral Global por 1.368 viviendas destruidas, donde el registro se establecerá como intensivo si se pierden igual o mayor número de viviendas a los umbrales definidos, en caso contrario el registro se definirá como extensivo.

De igual forma como se realizó el cálculo para definir los umbrales medianos, ponderados y sin ponderar teniendo en cuenta todos los registros, también se realizó para definir los umbrales por eventos geológicos e hidrometeorológicos.

2.3. Cálculo de umbrales en registros por eventos geológicos

En el caso de las pérdidas humanas por eventos Geológicos, de los 3.841 registros considerados en América, 3.268 no reportan pérdidas y solo 573 si lo hacen (14,9%), mientras que de los 1017 registros considerados en Asia y África, 655 no reportaron pérdidas y 362 si lo hicieron (35,6%).

En la Tabla 6 y 8 se presentan los umbrales definidos para cada uno de los países bajo estudio teniendo en cuenta solo los registros por eventos geológicos como Actividad Volcánica, Sismo y Tsunami.

Tabla 10: Definición de umbrales para pérdidas humanas por país en los registros por eventos geológicos

País	Total Registros	Umbral	Intervalo al 90% de Confianza	
			Límite Inferior	Límite Superior
América				
Argentina	169	25	6	40
Bolivia	25	42	4	43
Chile	444	17	11	27
Colombia	591	1162	143	22942
Costa Rica	244	23	9	26
Ecuador	133	203	12	300
El Salvador	468	458	50	900
Guatemala	71	21	3	25
México	488	1591	143	10000
Panamá	46	2	0	2
Perú	1113	100	54	3000
Venezuela	49	42	11	47
Asia y África				
Indonesia	391	46293	4532	77804
Irán	218	31212	13314	40000
Jordania	11	2	0	2
Mozambique	7	4	0	4
Nepal	91	127	82	138
Orissa	6	0	0	0
Sri Lanka	101	8833	3148	10436
Siria	107	3	1	3
India Tamil Nadu	85	453	204	515

Mediante la anterior tabla se observa que los umbrales más altos de pérdidas humanas en América se definieron para los países de México (1591) y Colombia (1162) y los umbrales más pequeños para Panamá (2) y Chile (17), mientras que para los países de Asia y África los umbrales más altos se definieron para Indonesia (46293) e Irán (31212) y los umbrales más pequeños para India Orissa (0) y Jordania (2).

Los umbrales calculados con las tres alternativas propuestas se presentan en la tabla 7.

Tabla 11: Umbrales para pérdidas humanas con los registros por eventos geológicos

Continentes	Numero de Registros	Umbral		
		Mediano	Ponderado	Sin Ponderar
América	3.841	42	478	468
Asia y África	1.017	127	25.415	29.797
Global	4.858	42	5.699	5.052

A partir de los anteriores umbrales calculados, se pueden establecer los registros Geológicos de pérdidas humanas como intensivos o extensivos según sea el umbral definido.

Según el cálculo de la Mediana, se establece que los umbrales vienen dados por 42 en América, 127 en Asia y África y el umbral Global por 42 pérdidas humanas, donde el registro se establecerá como intensivo si se pierden igual o mayor número de vidas humanas a los umbrales definidos, en caso contrario el registro se definirá como extensivo.

Para el cálculo del umbral ponderado, se establece que los umbrales vienen dados por 478 en América, 25.415 en Asia y África y el umbral Global por 5.699 pérdidas humanas, donde el registro se establecerá como intensivo si se pierden igual o mayor número de vidas humanas a los umbrales definidos, en caso contrario el registro se definirá como extensivo.

Mediante el cálculo del umbral sin ponderar, se establece que los umbrales vienen dados por 468 en América, 29.797 en Asia y África y el umbral Global por 5.052 pérdidas humanas, donde el registro se establecerá como intensivo si se pierden igual o mayor número de vidas humanas a los umbrales definidos, en caso contrario el registro se definirá como extensivo.

En el caso de las viviendas destruidas por eventos Geológicos, de los 3.841 registros considerados en América, 2798 no reportan pérdidas y 1.043 si lo hacen (27,2%), mientras que de los 1017 registros considerados en Asia y África, 608 no reportaron pérdidas y 409 si lo hicieron (40,2%).

De igual forma como se realizó el cálculo para definir los umbrales de registros Geológicos en pérdidas humanas por país, también se realizó para definir los umbrales de viviendas destruidas, como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 12: Umbrales para viviendas destruidas por país en los registros por eventos geológicos

País	Total Registros	Umbral	Intervalo al 90% de Confianza	
			Límite Inferior	Límite Superior
América				
Argentina	169	3475	1010	4700
Bolivia	25	1010	7	1044
Chile	444	2745	1629	5243
Colombia	591	5462	2570	21810
Costa Rica	244	1457	300	2246
Ecuador	133	1059	65	1590
El Salvador	468	4806	3711	10000
Guatemala	71	1870	22	2300
México	488	9713	8055	31000
Panamá	46	566	1	639
Perú	1113	7007	4289	8450
Venezuela	49	95	19	100
Asia y África				
Indonesia	391	77517	42956	96576
Irán	218	29969	7372	37000
Jordania	11	0	0	0
Mozambique	7	239	4	242
Nepal	91	5450	2810	6137
Orissa	6	3	0	3
Sri Lanka	101	4530	3285	4936
Siria	107	2	1	2
India Tamil Nadu	85	7966	1358	8585

Mediante la anterior tabla se observa que los umbrales más altos de viviendas destruidas en América se definieron para los países de México (9713), Perú (7007) y Colombia (5462) y los umbrales más pequeños para Venezuela (95) y Panamá (566), mientras que para los países de Asia y África los umbrales más altos se definieron para Indonesia (77517) e Irán (29969) y los umbrales más pequeños para Jordania (0) y Siria (2).

Los umbrales calculados con las tres alternativas propuestas se presentan en la Tabla 9.

Tabla 13: Umbrales para viviendas destruidas con los registros por eventos geológicos

Continentes	Numero de Registros	Umbral		
		Mediano	Ponderado	Sin Ponderar
América	3.841	2.308	5.339	7.572
Asia y África	1.017	4.530	37.832	47.297
Global	4.858	2.745	12.141	24.405

A partir de los anteriores umbrales calculados, se pueden establecer los registros Geológicos de viviendas destruidas como intensivos o extensivos según sea el umbral definido.

Según el cálculo de la Mediana, se establece que los umbrales vienen dados por 2.308 en América, 4.530 en Asia y África y el umbral Global por 2.745 viviendas destruidas, donde el registro se establecerá como intensivo si se destruyen igual o mayor número de viviendas a los umbrales definidos, en caso contrario el registro se definirá como extensivo.

Para el cálculo del umbral ponderado, se establece que los umbrales vienen dados por 5.339 en América, 37.832 en Asia y África y el umbral Global por 12.141 viviendas destruidas, donde el registro se establecerá como intensivo si se destruyen igual o mayor número de viviendas a los umbrales definidos, en caso contrario el registro se definirá como extensivo.

Mediante el cálculo del umbral sin ponderar, se establece que los umbrales vienen dados por 7.572 en América, 47.297 en Asia y África y el umbral Global por 24.405 viviendas destruidas, donde el registro se establecerá como intensivo si se destruyen igual o mayor número de viviendas a los umbrales definidos, en caso contrario el registro se definirá como extensivo.

2.4. Cálculo de umbrales en registros por eventos hidrometeorológicos

En el caso de las pérdidas humanas por eventos hidrometeorológicos, de los 99.903 registros considerados en América, 90.805 no reportan pérdidas y solo 9.098 si lo hacen (9,1%), mientras que de los 46.112 registros considerados en Asia y África, 37.687 no reportaron pérdidas y 8.425 si lo hicieron (18,3%).

En la Tabla 10 y 12 se presentan los umbrales definidos para cada uno de los países bajo estudio teniendo en cuenta solo los registros por eventos hidrometeorológicos como son vendavales, tornados, deslizamientos, heladas, hundimientos, entre otros.

Tabla 14: Umbrales para pérdidas humanas por país en los registros por eventos hidrometeorológicos

País	Total Registros	Umbral	Intervalo al 90% de Confianza	
			Límite Inferior	Límite Superior
América				
Argentina	13.740	7	5	8
Bolivia	2.402	41	19	52
Chile	6.901	6	5	7
Colombia	21.488	15	14	20
Costa Rica	9.922	3	2	4
Ecuador	3.359	35	15	41
El Salvador	2.597	26	20	124
Guatemala	2.993	35	19	42
México	19.051	32	28	40
Panamá	2.121	5	4	8
Perú	11.893	30	20	35
Venezuela	3.436	24	13	50
Asia y África				
Indonesia	5.250	85	43	110
Irán	1.132	198	97	313
Jordania	430	9	6	9
Mozambique	3.090	97	69	205
Nepal	8.853	32	26	36
Orissa	3.974	300	199	516
Sri Lanka	12.507	9	7	12
Siria	4.386	2	1	3
India Tamil Nadu	6.490	11	8	15

Mediante la anterior tabla se observa que los umbrales más altos de pérdidas humanas en América se definieron para los países de Bolivia (40), Guatemala (35) y Ecuador (34) y los umbrales más pequeños para Panamá (4) y Costa Rica (3), mientras que para los países de Asia y África los umbrales más altos se definieron para India Orissa (372) e Irán (175) y los umbrales más pequeños para Jordania (8) y Sri Lanka (10).

Los umbrales calculados con las tres alternativas propuestas se presentan en la Tabla 11.

Tabla 15: Umbrales para pérdidas humanas con los registros por eventos hidrometeorológicos

Continente	Numero de Registros	Umbral		
		Mediano	Ponderado	Sin Ponderar
América	99.903	25	19	20
Asia y África	46.112	32	57	50
Global	146.015	26	31	30

A partir de los anteriores umbrales calculados, se pueden establecer los registros por eventos hidrometeorológicos de pérdidas humanas como intensivos o extensivos según sea el umbral definido.

A partir del cálculo de la Mediana, se establece que los umbrales vienen dados por 25 en América, 32 en Asia y África y el umbral Global por 26 pérdidas humanas, donde el registro se establecerá como intensivo si se pierden igual o mayor número de vidas humanas a los umbrales definidos, en caso contrario el registro se definirá como extensivo.

Según el cálculo del umbral ponderado, se establece que los umbrales vienen dados por 19 en América, 57 en Asia y África y el umbral Global por 31 pérdidas humanas, donde el registro se establecerá como intensivo si se pierden igual o mayor número de vidas humanas a los umbrales definidos, en caso contrario el registro se definirá como extensivo.

Mediante el cálculo del umbral sin ponderar, se establece que los umbrales vienen dados por 20 en América, 50 en Asia y África y el umbral Global por 30 pérdidas humanas, donde el registro se establecerá como intensivo si se pierden igual o mayor número de vidas humanas a los umbrales definidos, en caso contrario el registro se definirá como extensivo.

En el caso de las viviendas destruidas por eventos hidrometeorológicos, de los 99.903 registros considerados en América, 90.491 no reportan pérdidas y solo 9.412 si lo hacen (9,4%), mientras que de los 46.112 registros considerados en Asia y África, 35.915 no reportaron pérdidas y 10.197 si lo hicieron (22,1%).

De igual forma como se realizó el cálculo para definir los umbrales de pérdidas humanas por país y registros hidrometeorológicos, también se realizó para definir los umbrales de viviendas destruidas, como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 16: Umbrales para viviendas destruidas por país en los registros por eventos hidrometeorológicos

País	Total Registros	Umbral	Intervalo al 90% de Confianza	
			Límite Inferior	Límite Superior
América				
Argentina	13.740	200	150	300
Bolivia	2.402	102	64	160
Chile	6.901	231	94	500
Colombia	21.488	300	270	341
Costa Rica	9.922	16	12	21
Ecuador	3.359	84	60	193
El Salvador	2.597	647	291	1090
Guatemala	2.993	500	305	530
México	19.051	500	400	670
Panamá	2.121	328	150	683
Perú	11.893	300	215	400
Venezuela	3.436	473	246	738
Asia y África				
Indonesia	5.250	2529	1788	3230
Irán	1.132	2364	992	4500
Jordania	430	6	3	50
Mozambique	3.090	17280	9937	19317
Nepal	8.853	777	526	904
Orissa	3.974	21321	14254	41000
Sri Lanka	12.507	363	242	574
Siria	4.386	4	3	7
India Tamil Nadu	6.490	1320	1104	1968

Mediante la anterior tabla se observa que los umbrales más altos de viviendas destruidas en América se definieron para los países de El Salvador (511), Guatemala (500) y México (500) y los umbrales más pequeños para Costa Rica (16) y Panamá (47), mientras que para los países de Asia y África los umbrales más altos se definieron para India Orissa (18553) y Mozambique (14863) y los umbrales más pequeños para Jordania (6) y Sri Lanka (408).

Los umbrales calculados con las tres alternativas propuestas se presentan en la tabla 13.

Tabla 17: Umbrales para viviendas destruidas con los registros por eventos hidrometeorológicos

Continente	Total Registros	Umbral		
		Mediano	Ponderado	Sin Ponderar
América	99.903	300	301	300
Asia y África	46.112	1.320	3.775	3111
Global	146.015	363	1.398	871

A partir de los anteriores umbrales calculados, se pueden establecer los registros hidrometeorológicos de viviendas destruidas como intensivos o extensivos según sea el umbral definido.

Según el cálculo de la Mediana, se establece que los umbrales vienen dados por 300 en América, 1.320 en Asia y África y el umbral Global por 363 viviendas destruidas, donde el registro se establecerá como intensivo si se destruyen igual o mayor número de viviendas a los umbrales definidos, en caso contrario el registro se definirá como extensivo.

Según el cálculo del umbral ponderado, se establece que los umbrales vienen dados por 301 en América, 3.775 en Asia y África y el umbral Global por 1.398 viviendas destruidas, donde el registro se establecerá como intensivo si se destruyen igual o mayor número de viviendas a los umbrales definidos, en caso contrario el registro se definirá como extensivo.

Para el cálculo del umbral sin ponderar, se establece que los umbrales vienen dados por 300 en América, 3.111 en Asia y África y el umbral Global por 871 viviendas destruidas, donde el registro se establecerá como intensivo si se destruyen igual o mayor número de viviendas a los umbrales definidos, en caso contrario el registro se definirá como extensivo.

Los umbrales calculados pueden verse influenciados por la presencia de países que tienen gran cantidad de registros con muchas pérdidas humanas o con demasiadas viviendas destruidas como sucede, por ejemplo, con los casos de Irán (umbral igual a 5.045 pérdidas humanas), Indonesia (umbral igual a 13.696 viviendas destruidas) y Mozambique (umbral igual a 15.814 viviendas destruidas). Por tanto, si alguno o algunos de estos países no se tomaran en cuenta para el cálculo del umbral en Asia y África y el umbral Global, se esperaría que los umbrales disminuyeran significativamente.

De acuerdo con esto, se realizaron algunas pruebas para verificar el peso de algunas bases de datos, partiendo del supuesto que las bases de Orissa, Tamil Nadu, Sri Lanka, Jordania y Nepal son las más homogéneas con respecto a las de América Latina, es decir que tienen un nivel de resolución de información comparable. Se compararon los umbrales de estas 17 bases "homogéneas"¹ y luego se fueron agregando las bases de datos que generaron los mayores umbrales (Indonesia, Mozambique, Irán). Los resultados se presentan en la Tabla 14.

¹ Para el momento que se realizaron estas pruebas aún no se disponía de la base de Siria, por ello se hicieron con 20 bases de datos.

Tabla 18: Comparación de umbrales de bases homogéneas con las de Indonesia, Mozambique, Irán

Pérdidas humanas	Umbral		
	Sin ponderar	Ponderado	Mediano
Todos los países (20)	20	95	29
Bases Homogéneas (17)	25	29	23
BH + Indonesia (18)	30	38	26
BH+Indonesia+Mozambique (19)	30	39	28
BH+Indonesia+Irán (19)	32	95	28
Viviendas destruidas			
Todos los países (20)	1106	1493	661
Bases Homogéneas (17)	800	786	411
BH + Indonesia (18)	950	1231	506
BH+Indonesia+Mozambique (19)	1088	1465	600
BH+Indonesia+Irán (19)	1000	1263	600

De acuerdo con estos resultados, las pérdidas humanas presentan una variación entre 23 y 29, lo cual ocurre porque las bases de Mozambique y la de Irán incrementan jalen hacia arriba el umbral. Esto ocurre con menor intensidad en el caso de la mediana que en las otras dos alternativas.

En el caso de las viviendas destruidas el resultado es semejante, aunque en este la base de Indonesia también pesa bastante en el aumento del umbral, lo cual seguramente está relacionado con los datos del tsunami de 2004.

Los cálculos de umbrales también se realizó para los registros asociados con eventos geológicos y los registros con eventos hidrometeorológicos, como se describe a continuación.

3. Definición de umbrales para las bases de datos utilizadas en el GAR 2009

A continuación se muestran los umbrales definidos para las bases de datos utilizadas en el GAR 2009 al aplicar la metodología Bootstrap con 10000 remuestras para estimar la distribución del estadístico de bajo ocurrencia (99,73%). Este ejercicio se realizó con el fin de comparar los resultados con los umbrales que se obtuvieron mediante la metodología de GAR 2009. En la Tabla 15 se ilustran los umbrales que se obtuvieron para pérdidas humanas por país.

Tabla 19: Umbrales para pérdidas humanas por país, bases GAR 2009

País	Total Registros	Umbral	Intervalo al 90% de Confianza	
			Límite Inferior	Límite Superior
América				
Argentina	15.509	8	7	9
Bolivia	1.406	50	19	80
Colombia	24.472	30	23	32
Costa Rica	9.652	4	3	5
Ecuador	3.610	35	21	41
México	13.346	52	42	62
Perú	15.060	35	30	43
Venezuela	4.458	52	28	100
Asia y África				
India Orissa	10.069	199	151	200
India Tamil Nadu	16.683	49	41	60
Irán	3.732	1.285	348	5.044
Nepal	15.402	61	53	72
Sri Lanka	8.672	22	18	36

Mediante la anterior tabla se observa que los umbrales más altos de pérdidas humanas en América se definieron para los países de Venezuela (52) y México (52), mientras que para los países de Asia los umbrales más altos se definieron para Irán (1285) y Orissa (199).

Los umbrales calculados con las tres alternativas propuestas se presentan en la Tabla 16.

Tabla 20: Umbrales para pérdidas humanas con todos los registros, bases GAR 2009

Continentes	Numero de Registros	Umbral		
		Mediano	Ponderado	Sin Ponderar
América	87.513	35	29	30
Asia y África	54.558	61	160	81
Global	142.071	49	79	50

Según el cálculo de la Mediana, se establece que los umbrales vienen dados por 35 en América, 61 en Asia y el umbral Global por 49 pérdidas humanas.

Mediante el cálculo del umbral ponderado, se establece que los umbrales vienen dados por 29 en América, 160 en Asia y el umbral Global por 79 pérdidas humanas.

Para el cálculo del umbral sin ponderar, se establece que los umbrales vienen dados por 30 en América, 81 en Asia y el umbral Global por 50 pérdidas humanas.

Los umbrales calculados anteriormente pueden verse influenciados por la presencia de países que tienen gran cantidad de registros con muchas pérdidas humanas como sucede con el país de Irán (umbral igual a 1285 pérdidas humanas), por tanto si este país no se tomaran en cuenta para el cálculo de los umbrales en Asia y el umbral Global, se esperaría que los umbrales disminuyeran significativamente. Los umbrales calculados sin tener en cuenta el país de Irán se muestra en la Tabla 17.

Tabla 21: Umbrales para pérdidas humanas sin Irán, bases GAR 2009

Continente	Numero de Registros	Umbral		
		Mediano	Ponderado	Sin Ponderar
América	87.513	35	29	30
Asia y África	50.826	55	78	73
Global	138.339	42	47	50

Según el cálculo de la Mediana, se establece que los umbrales vienen dados por 35 en América, 55 en Asia y el umbral Global por 42 pérdidas humanas.

Mediante el cálculo del umbral ponderado, se establece que los umbrales vienen dados por 29 en América, 78 en Asia y el umbral Global por 47 pérdidas humanas.

Para el cálculo del umbral sin ponderar, se establece que los umbrales vienen dados por 30 en América, 73 en Asia y el umbral Global por 50 pérdidas humanas.

De igual forma como se realizó el cálculo para definir los umbrales de pérdidas humanas por país, también se realizó para definir los umbrales de viviendas destruidas, como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 22: Umbrales para viviendas destruidas por país, bases GAR 2009

País	Total Registros	Umbral	Intervalo al 90% de Confianza	
			Límite Inferior	Límite Superior
América				
Argentina	15.509	206	150	301
Bolivia	1.406	112	65	400
Colombia	24.472	400	307	496
Costa Rica	9.652	21	16	32
Ecuador	3.610	200	100	279
México	13.346	898	600	2.000
Perú	15.060	600	409	802
Venezuela	4.458	896	500	2.084
Asia y África				
India Orissa	10.069	5.000	3.772	7.231
India Tamil Nadu	16.683	1.047	858	1.190
Irán	3.732	2.398	1.463	4.101
Nepal	15.402	622	520	808
Sri Lanka	8.672	2.316	907	3.458

Mediante la anterior tabla se observa que los umbrales más altos de viviendas destruidas en América se definieron para los países de Venezuela (896) y México (898), mientras que para los países de Asia los umbrales más altos se definieron para Irán (2398) y Orissa (5000).

Los umbrales calculados con las tres alternativas propuestas se presentan en la Tabla 19.

Tabla 23: Umbrales para viviendas destruidas con todos los registros, bases GAR 2009

Continente	Numero de Registros	Umbral		
		Mediano	Ponderado	Sin Ponderar
América	87.513	303	447	406
Asia y África	54.558	2.316	1.951	1.969
Global	142.071	622	1.024	996

Según el cálculo de la Mediana, se establece que los umbrales vienen dados por 303 en América, 2316 en Asia y el umbral Global por 622 viviendas destruidas.

Mediante el cálculo del umbral ponderado, se establece que los umbrales vienen dados por 447 en América, 1951 en Asia y el umbral Global por 1024 viviendas destruidas.

Para el cálculo del umbral sin ponderar, se establece que los umbrales vienen dados por 406 en América, 1969 en Asia y el umbral Global por 996 viviendas destruidas.

Los umbrales calculados sin tener en cuenta el país de Irán se muestra en la Tabla 20.

Tabla 24: Umbrales para viviendas destruidas sin Irán, bases GAR 2009

Continente	Numero de Registros	Umbral		
		Mediano	Ponderado	Sin Ponderar
América	87.513	303	447	406
Asia y África	50.826	1.682	1.918	1.894
Global	138.339	611	987	946

Según el cálculo de la Mediana, se establece que los umbrales vienen dados por 303 en América, 1682 en Asia y el umbral Global por 611 viviendas destruidas.

Mediante el cálculo del umbral ponderado, se establece que los umbrales vienen dados por 447 en América, 1951 en Asia y el umbral Global por 1024 viviendas destruidas.

Para el cálculo del umbral sin ponderar, se establece que los umbrales vienen dados por 406 en América, 1894 en Asia y el umbral Global por 946 viviendas destruidas.

4. Otros métodos utilizados para el cálculo de umbrales

A continuación se describen algunos de los métodos descartados para realizar el cálculo de los umbrales a partir de las bases de datos obtenidas por medio de DesInventar para los 21 países bajo estudio.

4.1. Cálculo mediante metodología de GAR 2009

Uno de los métodos que se analizó fue el utilizado en el cálculo de los umbrales en el GAR 2009. Los umbrales que se calcularon con esta metodología se presentan en las Tablas 21 y 22, en las que se puede observar que el valor 0,1% de la pendiente se localiza en 50 pérdidas humanas y 100 viviendas destruidas. Este procedimiento se descartó debido a la subjetividad que presenta. En primer lugar, no hay una metodología clara para definir la organización de los registros en diferentes rangos de acumulación debido a la particularidad que los datos presentan, como lo es que aproximadamente el 90% de los registros no presentan pérdidas; en segundo lugar, el umbral se define a partir del rango en el cual el incremento marginal del numero de registros es menor al 0,1% el cual es un tanto arbitrario debido a que no se tiene establecida una metodología para determinar a partir de cual valor del incremento marginal se debe establecer el umbral a definir.

Tabla 25: Umbrales para pérdidas humanas con metodología GAR 2009

Pérdidas Humanas			
Intervalos de Clase	Todos los Registros	Registros con Perdidas	Curva
0	0.00%		
1	93.72%	0.00%	0.000
2	96.18%	69.13%	0.691
3	97.35%	78.53%	0.094
5	98.39%	86.97%	0.042
7	98.84%	90.60%	0.018
10	99.18%	93.37%	0.009
15	99.44%	95.46%	0.004
25	99.64%	97.08%	0.002
50	99.81%	98.49%	0.001
75	99.87%	98.93%	0.000
100	99.90%	99.20%	0.000
250	99.95%	99.59%	0.000
500	99.97%	99.72%	0.000
1000	99.98%	99.81%	0.000
2500	99.98%	99.87%	0.000
5000	99.99%	99.92%	0.000
7500	99.99%	99.94%	0.000
10000	99.99%	99.95%	0.000
15000	100.00%	99.96%	0.000
25000	100.00%	99.98%	0.000
50000	100.00%	99.99%	0.000
100000	100.00%	100.00%	0.000
Total	187805	23214	

Tabla 26: Umbrales para viviendas destruidas con metodología GAR 2009

Viviendas Destruidas			
Intervalos de Clase	Todos los Registros	Registros con Perdidas	Curva
0	0.00%		
1	85.37%	0.00%	0.000
2	87.16%	38.62%	0.386
3	88.46%	44.81%	0.062
5	90.17%	53.00%	0.041
7	91.25%	58.17%	0.026
10	92.45%	63.89%	0.019
15	93.65%	69.61%	0.011
25	94.97%	75.95%	0.006
50	96.60%	83.74%	0.003
75	97.27%	86.96%	0.001
100	97.81%	89.52%	0.001
250	98.82%	94.36%	0.000
500	99.36%	96.92%	0.000
1000	99.66%	98.37%	0.000
2500	99.84%	99.24%	0.000
5000	99.92%	99.62%	0.000
7500	99.94%	99.73%	0.000
10000	99.96%	99.81%	0.000
15000	99.97%	99.87%	0.000
25000	99.99%	99.94%	0.000
50000	100.00%	99.98%	0.000
100000	100.00%	100.00%	0.000
300000	100.00%	100.00%	0.000
Total	187805	39279	

4.2. Cálculo mediante distribución empírica de los registros

Se realizó un cálculo de los umbrales mediante la distribución empírica de los registros. Con este método se buscaba definir los umbrales para cada país y en general a partir de los registros que reportan pérdidas humanas y viviendas destruidas con baja probabilidad de ocurrencia (valores extremos). Esta probabilidad de baja ocurrencia (según la teoría de la distribución Normal, un suceso extremo es aquel que tiene una probabilidad de ocurrencia del 0,27%,) se puede tomar como referencia y aplicarla a las bases de datos, de tal forma que haciendo uso de la tabla de frecuencias sin agrupar los registros, debido a la pérdida de información e individualidad de los datos, se puede hallar un umbral y clasificar los registros obtenidos como extensivos o intensivos según sea el caso. Este método se descartó porque los umbrales obtenidos fueron muy elevados y no representaban de manera adecuada cada uno de los países bajo estudio, además de dejarse influenciar por pocos registros considerados como atípicos debido a sus altos valores de pérdidas humanas y de viviendas destruidas.

4.3. Cálculo mediante ajuste a una distribución de probabilidad

Otro método que se pretendía utilizar para calcular los umbrales fue el ajuste de los registros a una distribución de probabilidad conocida, donde se buscaba ajustar los datos a una distribución de probabilidad teórica que ayudara a explicar el comportamiento de la variable discreta² bajo estudio. El lograr aproximar la distribución empírica de los datos mediante alguna distribución teórica conocida, permite estimar los parámetros que describen correctamente el comportamiento de la variable analizada. A continuación se describe el proceso que se realizó.

Ajuste de los registros de pérdidas a una distribución de probabilidad

En muchas ocasiones se cuenta con una serie de datos u observaciones que se han obtenido analizando una variable aleatoria de patrón desconocido. En estos casos resulta fundamental intentar identificar un patrón conocido (distribución de probabilidad) que ayude a explicar el comportamiento de la variable de estudio.

² Las variables de tipo discreto son aquellas cuya naturaleza hace que el conjunto de valores que puede tomar la variable sea finito o infinito numerable, por tal razón solo consideran valores enteros y no admiten decimales.

Si se logra aproximar la distribución empírica de los datos mediante alguna distribución teórica conocida, será posible usar esta última para estimar los parámetros que describen correctamente el comportamiento de la variable aleatoria analizada.

Las pruebas de bondad de ajuste son pruebas de hipótesis que sirven para comprobar si una serie de datos se ajusta a una distribución de probabilidad conocida. Las pruebas de bondad de ajuste más usadas son:

Prueba Chi-Cuadrado

Prueba K-S (Kolmogorov-Smirnov)

Prueba AD (Anderson-Darling)

Las anteriores pruebas contrastan la hipótesis nula (H_0): de que los datos se aproximan a la distribución teórica propuesta, contra la hipótesis alterna (H_a): de que los datos no se aproximan a la distribución teórica propuesta.

La bondad de ajuste de las diferentes distribuciones analizadas (Distribución Uniforme, Distribución Geométrica, Distribución Poisson) se verificó a través del test de Anderson-Darling³, obteniendo que ninguna distribución de probabilidad discreta se ajustó adecuadamente a los registros históricos de pérdidas, por tanto no fue posible ajustar un modelo teórico discreto al conjunto de datos de pérdidas humanas y de viviendas destruidas.

Al determinar que ninguna distribución de probabilidad discreta se ajustó a los datos bajo estudio, se optó por ajustar una distribución de probabilidad continua⁴. Las distribuciones de probabilidad teóricas que se representaban mejor los datos fueron la Gamma, la Pareto y la Inversa Gaussiana, pero estas distribuciones son adecuadas para variables estrictamente de naturaleza continua, característica que no poseen las variables objeto de este estudio. Por tal razón, se desistió de ajustar una distribución de probabilidad continua. A continuación se presenta el procedimiento realizado mediante la distribución Gamma.

Distribución Gamma:

La función gamma ($\Gamma(p)$) se define como una función de análisis matemático que se utiliza en varios modelos o distribuciones probabilísticas y viene dada por:

$$\Gamma(p) = \int_0^{\infty} x^{p-1} * e^{-x} dx ; \text{ con } p > 0$$

³ Es una prueba no paramétrica de bondad de ajuste que verifica si los datos analizados provienen de una distribución de probabilidad específica.

⁴ Las variables de tipo continuo son aquellas cuya naturaleza hace que exista infinitos puntos en un intervalo de valores definidos, por tal razón considera valores decimales.

Integrando por partes se tendrá que $\Gamma(p) = (p - 1)!$.

Dos casos particulares de la función gamma son: $\Gamma(1) = 1$ y $\Gamma(1/2) = \sqrt{\pi}$ (para p no entero pero si positivo).

Una vez definida la función gamma, se aplicara para definir la distribución de probabilidad gamma, ya que son muchas las aplicaciones de esta distribución a experimentos o fenómenos aleatorios que tienen asociadas variables que siempre son no negativas y cuyas distribuciones son sesgadas a la derecha, es decir, el área bajo la función de densidad disminuye a medida que se aleja del origen (Canavos, 1988).

Definición: Una variable aleatoria X, sigue una distribución gamma de parámetros $p > 0$ y $a > 0$, si su función de densidad es:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{a^p}{\Gamma(p)} x^{p-1} e^{-ax} ; x > 0 \\ 0 ; x \leq 0 \end{cases}$$

La Función de distribución acumulada es:

$$F(x) = P(X \leq x) = \begin{cases} \frac{a^p}{\Gamma(p)} \int_0^{\infty} x^{p-1} * e^{-x} dx ; x > 0 \\ 0 ; x \leq 0 \end{cases}$$

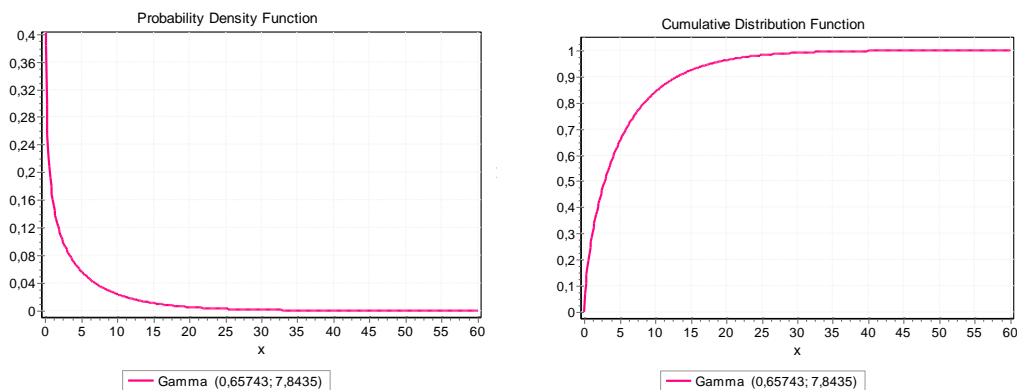
El valor de esta expresión no es fácil de obtener, aunque cuando p es entero positivo, la integral se puede calcular por partes y las probabilidades se obtienen de forma aproximada.

Ajuste de los registros de pérdidas humanas a un modelo probabilístico

Prueba de Anderson Darling					
Tamaño de muestra	118194				
Estadístico	-12067,0				
Nivel de significancia	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Valor critico	1,3749	1,9286	2,5018	3,2892	3,9074
Decisión	No se rechaza Ho a ningún nivel de significancia				

Los anteriores resultados indican que los registros de pérdidas humanas se aproximan a un modelo probabilístico Gamma según la prueba de bondad de ajuste de Anderson-Darling.

Las funciones de densidad y probabilidad acumulada se muestran en los siguientes gráficos:



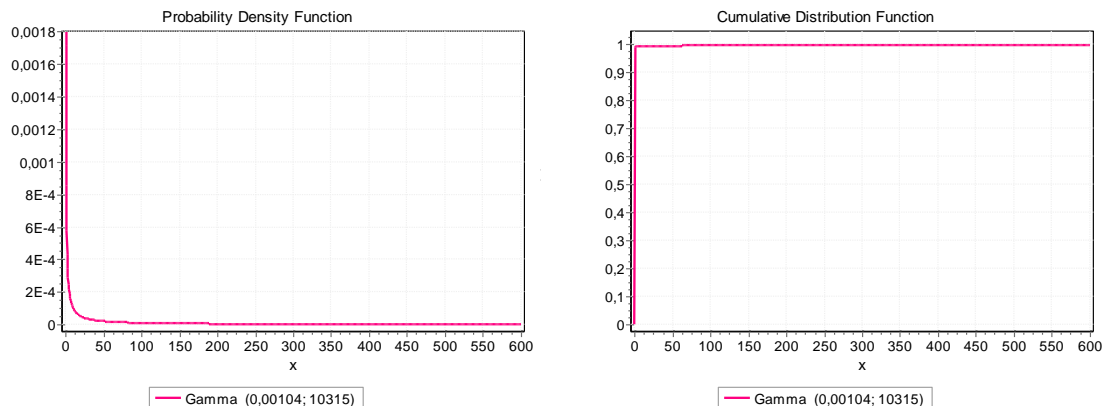
Mediante la función de distribución acumulada se puede determinar el umbral para las pérdidas humanas trasladando la probabilidad de que suceda un evento extremo en la distribución normal a la distribución teórica encontrada (Gamma), encontrando que el suceso ocurrido se establecerá como intensivo si se pierden 40 o más vidas humanas, en caso contrario el evento se definirá como extensivo.

Ajuste de los registros de viviendas destruidas a un modelo probabilístico

Prueba de Anderson Darling					
Tamaño de muestra	118194				
Estadístico	-13943				
Nivel de significancia	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Valor crítico	1,3749	1,9286	2,5018	3,2892	3,9074
Decisión	No se rechaza Ho a ningún nivel de significancia				

Los anteriores resultados indican que los registros de viviendas destruidas se aproximan a un modelo probabilístico Gamma según la prueba de bondad de ajuste de Anderson-Darling.

Las funciones de densidad y probabilidad acumulada se muestran en los siguientes gráficos:



Mediante la función de distribución acumulada se puede determinar el umbral para las viviendas destruidas, donde el suceso ocurrido se establecerá como intensivo si se destruyen 446 o más viviendas, en caso contrario el evento se definirá como extensivo.

5. Conclusiones

De las diferentes metodologías para el cálculo de umbrales que se analizaron, se propuso utilizar la técnica del Boopstrad porque tiene en cuenta las particularidades de cada país así como incluir en el análisis los valores extremos contenidos en algunas bases de datos. A partir de la aplicación de esta técnica se analizaron tres alternativas diferentes para realizar el cálculo de los umbrales globales de manera razonable desde el punto de vista estadístico. Como se observó, los umbrales calculados mediante las alternativas del umbral ponderado y del umbral sin ponderar se dejan influenciar por registros extremos, por tal razón se recomienda utilizar la alternativa del umbral definido a partir del cálculo de la mediana para clasificar los registros como extensivos o intensivos.

De acuerdo con los resultados, para los países de América Latina se define que un registro se clasificara como intensivo si se pierden 24 o más vidas humanas o si se destruyen 317 o más viviendas.

Para los países de Asia y África se define que un registro se clasificara como intensivo si se pierden 31 o más vidas humanas o si se destruyen 1.068 o más viviendas.

A nivel Global, se define que un registro se clasificara como intensivo si se pierden 25 o más vidas humanas o si se destruyen 600 o más viviendas.

Los anteriores valores establecen los nuevos umbrales para señalar la intensidad de daños en los registros, que para los umbrales globales definidos en el GAR 2009 eran de 50 en pérdidas

humanas y 500 en viviendas destruidas, los cuales pasarían a 25 pérdidas humanas y 600 viviendas destruidas para el GAR 2011.

Teniendo en cuenta todos los países bajo estudio (21 en total), se determina que el umbral más alto en pérdidas humanas se definió para el país de Irán (5.045), mientras que los umbrales más altos para las viviendas destruidas se definieron para los países de Indonesia (13.696) y Mozambique (15.814). Lo anterior es debido a que en estos países se presentó una gran proporción de registros con altas pérdidas tanto humanas como de viviendas.

La mayoría de los países de los continentes de Asia y África fueron los que presentaron mayores umbrales tanto en pérdidas humanas como en viviendas destruidas, por lo cual el umbral global se verá influenciado por estos países y tenderá a tener un incremento. Una alternativa para definir los umbrales globales sería no considerar estos países (Irán, Mozambique e Indonesia), que para las pérdidas humanas el umbral global pasaría de 25 a 24 y para las viviendas destruidas de 600 a 372.

Al aplicar la metodología propuesta actualmente a las bases de datos utilizadas en el GAR 2009 se observó que el umbral definido para las pérdidas humanas que era de 50 fue muy similar al de la metodología bootstrap que se situó en 49, pero los umbrales definidos para las viviendas destruidas difieren un poco debido a que el umbral con metodología utilizada en el GAR 2009 era de 500 y mediante la metodología bootstrap se definió en 622.

6. Referencias

Bradley Efron (1979). "*Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife*". The Annals of Statistics, Vol 7, (1): 1–26.

Mooney, C.; Duval, R. (1993). "*Bootstrapping. A nonparametric approach to statistical inference*". Newbury Park, Sage Publications.

Canavos, G.C. "*Probabilidad y Estadística. Aplicaciones y Métodos*". Ed. McGraw-Hill, 1988.

Anexo 2

Criterios de selección de registros utilizados para la identificación de umbrales de pérdidas

Introducción

Para la identificación de los umbrales de pérdidas, a partir de los cuales se pueden diferenciar las manifestaciones intensivas y extensivas del riesgo, se utilizaron bases de datos construidas con la metodología de DesInventar, a partir de la cual se registran las pérdidas de vidas, vivienda, infraestructura y sectores económicos según las unidades político – administrativas más locales, equivalentes a municipio o distrito en cada país. El universo de registros que se utilizó se definió a partir de serie de criterios que buscan consolidar bases de datos lo más homogéneas posibles, tanto en términos de los eventos a los cuales están asociadas las pérdidas como de la resolución de la información en cada inventario. En este documento se presenta una descripción de estos criterios y de los datos seleccionados en cada base de datos a partir de la aplicación de los mismos.

1. Bases de datos analizadas en GAR 2011

El análisis se realizó para 21 bases de datos en total, nueve más que las bases que se utilizaron para GAR 2009 (Tabla 1). Doce de las bases de datos son de América Latina (Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, México, Panamá, Perú y Venezuela), siete de Asia (Irán, Indonesia, Jordania, Nepal, Orissa-India, Sri Lanka y Tamil Nadu-India) y una de África (Mozambique). Todas las bases se actualizaron al 2009, excepto Tamil Nadu y Orissa que cuentan con información hasta el 2007 y el 2008, respectivamente.

Tabla 27: Listado de bases de datos

Región	GAR 2009	GAR 2011
África		Mozambique
América Latina	Argentina Bolivia Colombia Costa Rica Ecuador México Perú Venezuela	Chile El Salvador Guatemala Panamá
Asia	India Orissa India Tamil Nadu Irán Nepal Sri Lanka	Indonesia Jordania

2. Criterios para la selección de registros en cada base de datos

En GAR 2009 se implementó un conjunto de criterios para seleccionar los registros objeto de estudio. De acuerdo con estos, se excluyeron los registros que no tenían fuente de información, los que no tenían ningún efecto registrado y aquellos cuyas pérdidas no estaban asociadas con el listado de eventos definidos para el análisis.

En GAR 2011 se incluyeron otros criterios para la selección de registros como el periodo de la información y la resolución de la información, que en este caso tiene que ver con la exclusión de aquellas fichas que tienen un nivel de agregación subnacional (departamento, región, provincia o equivalente). En la Tabla 2 se presenta el listado de criterios y a continuación se describe cada uno de ellos.

Tabla 28: Criterios para la selección de fichas

Informe	Criterios	Observaciones
GAR 2009	Eventos	Las fichas deben estar asociadas al listado de eventos hidrometeorológicos, geológicos y antrópicos (incendios) definidos para el análisis.
	Sin fuente	Se excluyen las fichas que no tengan registrada la fuente de información.
	Sin efectos	Idem.
GAR 2011	Nivel cero (0)	Idem.
	Periodo	Las fichas deben corresponder al periodo 1970-2009.

a) Periodo

Los registros deben estar incluidos en el periodo 1970 – 2009. Doce de las bases de datos tiene información para este periodo y el resto contiene datos para periodos menores y diversos, como se muestra en la Tabla 3⁵.

Tabla 29: Registros y pérdidas por base de datos, GAR 2011

	Base de datos	Periodo		Base de datos	Periodo
1	Argentina	1970-2009	12	México	1970-2009
2	Bolivia	1970-2009	13	Mozambique	1979-2009
3	Chile	1970-2009	14	Nepal	1971-2009
4	Colombia	1970-2009	15	Orissa	1970-2008*
5	Costa Rica	1970-2009	16	Panamá	1988-2009
6	Ecuador	1970-2009	17	Perú	1970-2009
7	El Salvador	1970-2009	18	Siria	1980-2009
8	Irán	1970-2009	19	Sri Lanka	1974-2009
9	Indonesia	1972-2009	20	Tamil Nadu	1976-2007
10	Jordania	1982-2009	21	Venezuela	1970-2009
11	Guatemala	1988-2009			

b) Eventos

Los eventos a analizar corresponden a las tipologías de eventos geológicos, hidrometeorológicos y antrópicos, cuyo listado se presenta en la Tabla 4.

5 Para la definición de los umbrales se utilizó la base de Orissa con información hasta el año 2008 pero para los análisis de patrones y tendencias se utilizó la base con información hasta el 2009.

Tabla 30: Listado de eventos a analizar en GARD 2011

Eventos hidrometeorológicos	
Alud	Marejada
Aluvión	Neblina
Avenida torrencial	Nevada
Deslizamiento	Ola de calor
Granizada	Sequía
Helada	Tempestad
Huracán	Tormenta eléctrica
Inundación	Tornado
Incendio forestal	Vendaval
Lluvias	
Eventos geológicos	
Actividad volcánica	Tsunami
Sismo	
Eventos antrópicos	
Incendio	

En algunas bases de datos existen eventos personalizados, es decir, eventos creados para cada base en particular, los cuales fueron incluidos en el análisis siempre que se tratara de eventos pertenecientes a algunas de las tipologías antes mencionadas. En la Tabla 5 se presenta el listado de estos eventos.

Tabla 31: Eventos personalizados

Eventos	
Hidrometeorológicos	Geológicos
Hundimiento/ Land Subsidence	Lahar
Onda fría/ola de frío (Cold wave/Cold)	
Urban flood	
Flash flood	
Cloud Burst	

c) Registros con datos a nivel subnacional

Del conjunto de registros que se utilizaron para definir el umbral se excluyeron aquellos con pérdidas agregadas a nivel subnacional (nivel cero en DesInventar) porque contienen valores extremos que distorsionan la identificación de los umbrales al no corresponder con el nivel de resolución de la mayor parte de la base de datos. En la Tabla 6 se presenta el número de registros con nivel cero para cada base y su participación respecto al total de registros.

Cabe aclarar que este criterio sólo aplica para el conjunto de registros que se utilizaron para la definición de los umbrales de pérdidas. Para los análisis de patrones y de tendencias de manifestaciones intensivas y extensivas del riesgo se utilizaron todos los registros que cumplen con los criterios a y b antes mencionados.

Tabla 32: Registros con resolución a nivel subnacional en cada base de datos

Base de datos	Registros	Registros a nivel subnacional	%
Argentina	16 211	314	1,9%
Bolivia	2 655	116	4,4%
Chile	10 892	190	1,7%
Colombia	24 554	691	2,8%
Costa Rica	11 076	19	0,2%
Ecuador	4 783	335	7,0%
El Salvador	3 366	16	0,5%
Guatemala	4 285	122	2,8%
Irán	2 460	271	11,0%
Indonesia	7 098	96	1,4%
Jordania	444	1	0,2%
México	22 054	809	3,7%
Mozambique	3 907	317	8,1%
Nepal	13 512	-	0,0%
Orissa	9 024	102	1,1%
Panamá	3 002	102	3,4%
Perú	15 268	633	4,1%
Sri Lanka	13 326	-	0,0%
Siria	7 326	-	0,0%
Tamil Nadu	12 491	-	0,0%
Venezuela	4 449	244	5,5%
Total 21 bases	192 183	4 378	2,3%

3. Síntesis de registros y pérdidas del universo GAR

A continuación se presenta una síntesis de los registros y las pérdidas que constituyen el conjunto de registros que se utilizaron para definir los umbrales de pérdidas y el conjunto de registros que se utilizaron para los análisis de patrones y tendencias (Tabla 7).

Tabla 33: Registros y pérdidas en cada base de datos

Base de datos	Fichas umbral			Fichas nivel cero			Fichas universo GAR		
	Registros	Muertos	Viviendas destruidas	Registros	Muertos	Viviendas destruidas	Registros	Muertos	Viviendas destruidas
América Latina									
Argentina	15 897	3 334	53 651	314	43	322	16 211	3 377	53 973
Bolivia	2 539	1 159	6 098	116	31	151	2 655	1 190	6 249
Chile	10 702	3 120	86 671	190	64	15 206	10 892	3 184	101 877
Colombia	23 863	35 702	179 475	691	196	3 631	24 554	35 898	183 106
Costa Rica	11 057	516	8 796	19	-	-	11 076	516	8 796
Ecuador	4 448	2 812	10 168	335	207	1 906	4 783	3 019	12 074
El Salvador	3 350	4 541	180 277	16	-	-	3 366	4 541	180 277
Guatemala	4 163	1 923	20 883	122	30	58	4 285	1 953	20 941
México	21 245	28 249	349 566	809	3 193	83 246	22 054	31 442	432 812
Panamá	2 900	311	12 513	102	28	1 021	3 002	339	13 534
Perú	14 635	40 157	218 147	633	837	220 229	15 268	40 994	438 376
Venezuela	4 205	2 724	47 003	244	291	9 282	4 449	3 015	56 285
Total AL	119 004	124 548	1173 248	3 591	4 920	335 052	122 595	129 468	1508 300
Asia									
Irán	2 189	136 370	137 617	271	1 011	455	2 460	137 381	138 072
Indonesia	7 002	190 452	1069 904	96	649	8 594	7 098	191 101	1 078 498
Jordania	443	140	83	1	-	-	444	140	83
Nepal	13 512	11 541	216 627	-	-	-	13 512	11 541	216 627
Mozambique	3 590	104 457	646 517	317	2 284	252 925	3 907	106 741	899 442
Orissa	8 922	33 844	1717 964	102	74	11 162	9 618	34 787	1 729 236
Sri Lanka	13 326	33 553	133 416	-	-	-	13 326	33 553	133 416
Siria	7 326	679	468	-	-	-	7 326	679	468
Tamil Nadu	12 491	5 044	226 542	-	-	-	12 491	5 044	226 542
Total Asia-África	68 801	516 080	4149 138	787	4 018	273 136	70 182	520 967	4422 384
Total 21 bases	187 805	640 628	5 322 386	4 378	8 938	608 188	192 777	650 435	5 930 684

