

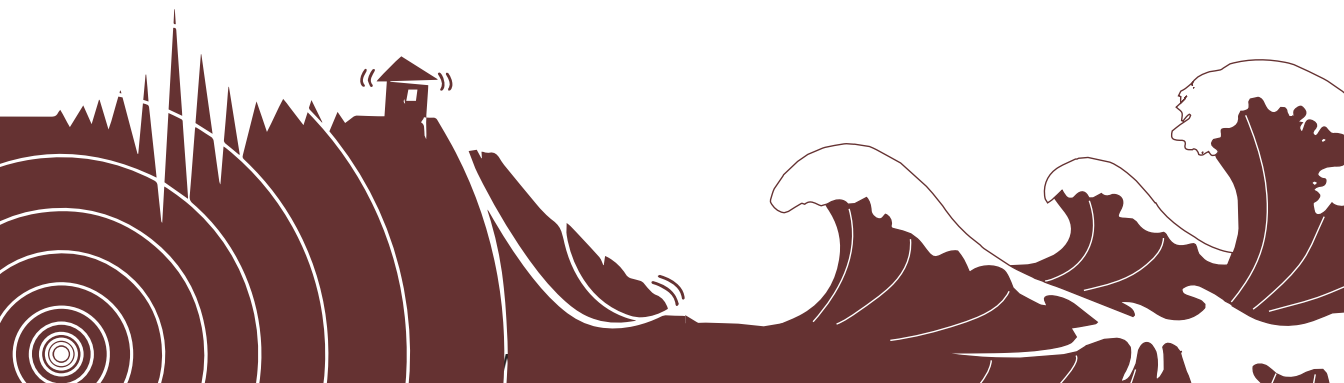
# Riesgo geológico

## para el estado de Washington

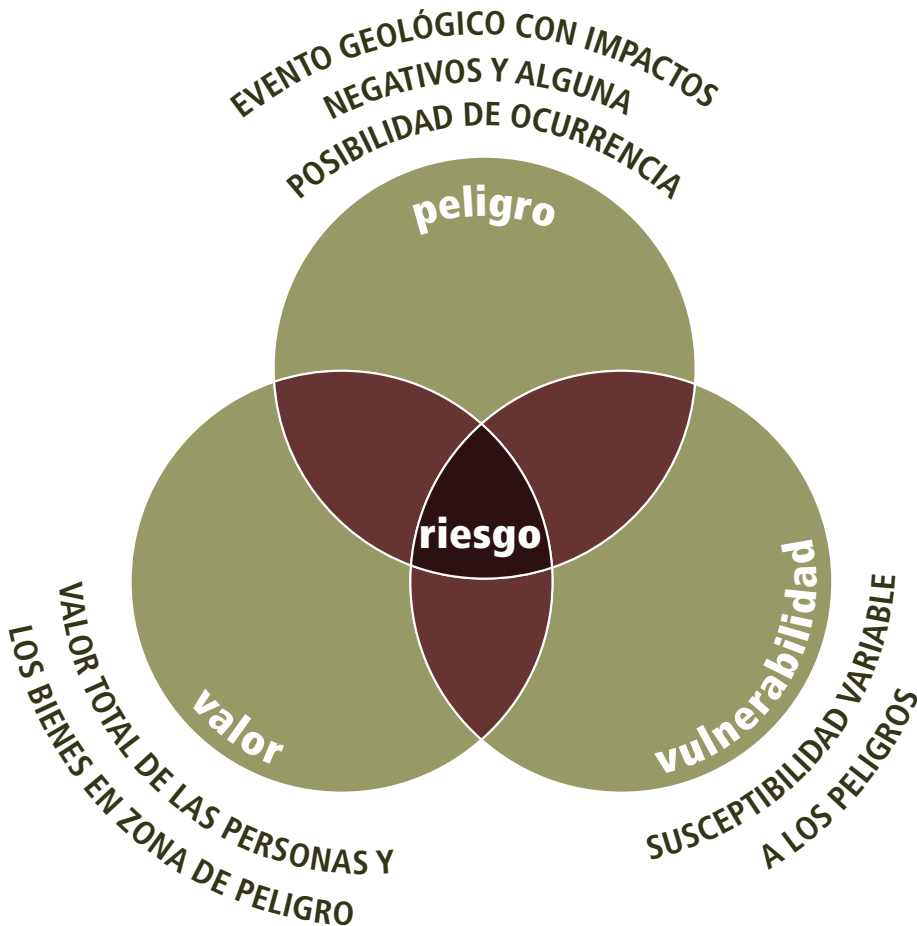


SERVICIO GEOLÓGICO  
DE WASHINGTON

**DERRUMBES, VOLCANES, TERREMOTOS, Y TSUNAMIS REPRESENTAN SERIAS AMENAZAS PARA LA ECONOMÍA DE WASHINGTON. YA SEA QUE SUCEDAN EL PRÓXIMO AÑO O DENTRO DE 50 AÑOS, ES PROBABLE QUE LAS PÉRDIDAS SEAN DEVASTADORAS, Y COMPRENDER NUESTROS RIESGOS AYUDA A AUMENTAR NUESTRA RESILIENCIA.**



## EL RIESGO GEOLÓGICO PUEDE DEFINIRSE COMO LA COMBINACIÓN DE PELIGRO, VALOR Y VULNERABILIDAD <sup>1</sup>



RESPUESTAS DE ANÁLISIS DE RIESGOS **TRES** PREGUNTAS BÁSICAS:

1. ¿Qué peligros geológicos existen en la comunidad?
2. ¿Cuál es la probabilidad de que ocurran eventos peligrosos?
3. ¿Cuáles son las consecuencias si ocurre el evento peligroso?

LOS GEÓLOGOS OBSERVAN EL REGISTRO GEOLÓGICO PARA DETERMINAR CON QUÉ FRECUENCIA ES PROBABLE QUE OCURRA CADA PELIGRO.

CON FRECUENCIA SUCEDEN PEQUEÑOS EVENTOS GEOLÓGICOS.

SIN EMBARGO, CADA CIENTOS DE AÑOS, PODEMOS ESPERAR UNO O MÁS EVENTOS DESASTROSOS. ESTOS GRANDES ACONTECIMIENTOS HAN DEJADO HUELLAS INDELEBLES EN EL PAISAJE Y EN NUESTRAS VIDAS.



EN EL ESTADO DE WASHINGTON, LOS PELIGROS GEOLÓGICOS MÁS SIGNIFICATIVOS SON LOS TERREMOTOS, TSUNAMIS, LAS ERUPCIONES VOLCÁNICAS Y LOS DERRUMBES.

OTROS PELIGROS GEOLÓGICOS INCLUYEN LA SUBSIDENCIA ENCIMA DE MINAS ABANDONADAS INCORRECTAMENTE, LA EXPOSICIÓN AL RADÓN Y A OTROS MINERALES PELIGROSOS.

## LAS CONSECUENCIAS ECONÓMICAS DE UN POTENCIAL PELIGRO GEOLÓGICO SE DETERMINAN CALCULANDO EL VALOR DE LA PROPIEDAD Y LA INFRAESTRUCTURA EN LAS ÁREAS QUE PROBABLEMENTE SE VERÁN AFECTADAS POR ESE PELIGRO

### ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO

Una vez que se conoce el valor de la pérdida, se puede realizar un análisis de costo-beneficio para determinar si alguna medida de mitigación tomado para reducir la vulnerabilidad a los peligros representa un uso efectivo del dinero de los impuestos.



### ¿CÓMO SE CALCULA LA PÉRDIDA FINANCIERA TOTAL?

El valor financiero total de un área determinada se define como la pérdida directa de personas, propiedades e infraestructura. Se podría ir un paso más allá y agregar el valor monetario de las pérdidas que se producirían por la interrupción de la economía local o regional después de un gran desastre.

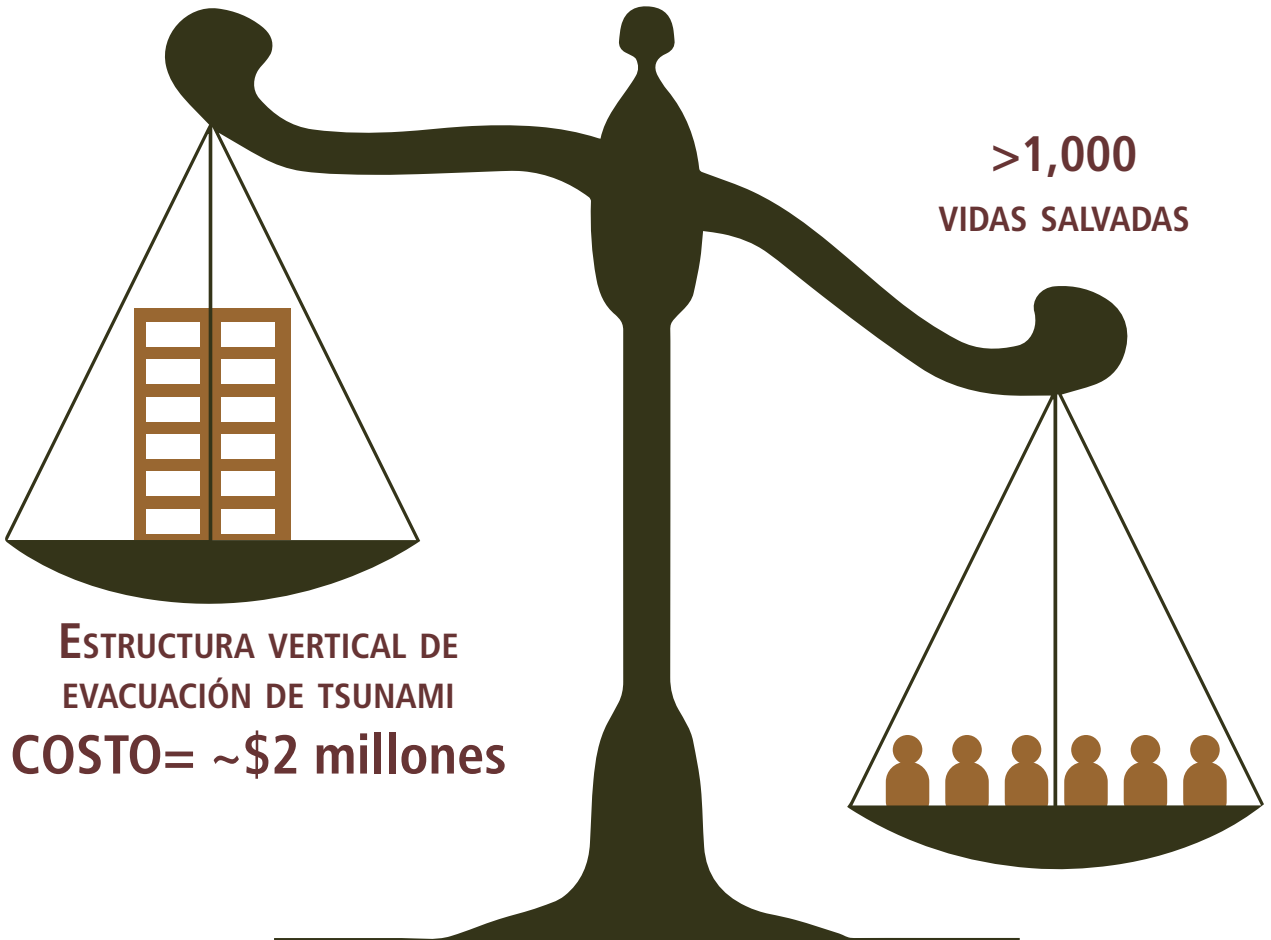
FEMA considera que una vida estadística tiene un valor promedio de \$6.3 millones. Esta es la suma que FEMA usa en los análisis de costo-beneficio.

## ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO GEOLÓGICO EN ACCIÓN:

### La estructura de evacuación vertical de tsunami de la escuela primaria Ocosta

En 2012, los residentes del condado de Grays Harbor votaron a favor de una medida de bonos para agregar una estructura de evacuación de tsunami vertical, con un valor de aproximadamente \$2 millones para la escuela primaria Ocosta. La estructura de 10,000 pies cuadrados está diseñada para ser un refugio seguro para 1,000 evacuados costeros, donde gran parte de la tierra probablemente se inundará durante un tsunami del que escapar a pie es extremadamente difícil.

El análisis de costo-beneficio para construir esta estructura fue simple, ya que el bajo costo fue superado fácilmente por las vidas que se salvarán con su construcción. Las estructuras de evacuación vertical adicionales en las comunidades costeras del condado de Pacific ahora se encuentran en las etapas de planificación.



## EL ESTADO DE WASHINGTON OCUPA EL SEGUNDO LUGAR EN TÉRMINOS DE RIESGO SÍSMICO EN EL PAÍS

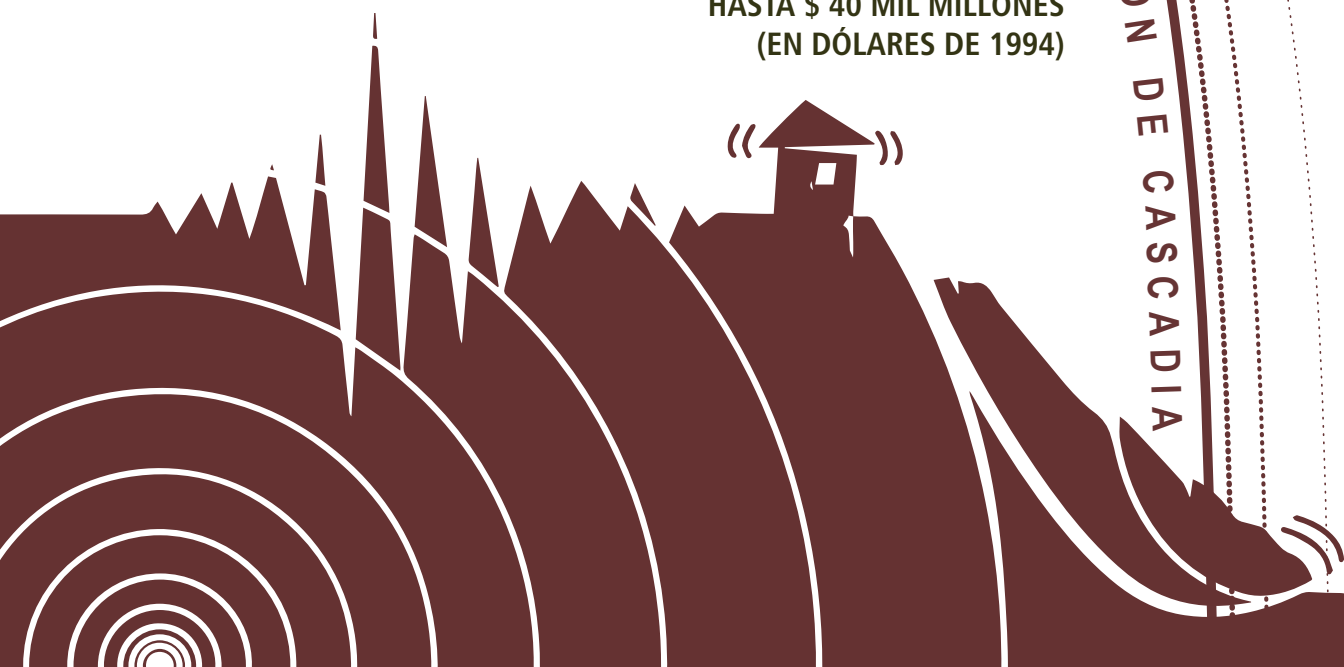
Washington tiene un alto riesgo de terremotos y ha experimentado alrededor de 15 terremotos que han causado daños a edificios desde 1872. Además, las pruebas geológicas demuestran que existe un riesgo considerable de fallas que no se han fracturado desde la colonización europea del noroeste del Pacífico. Muchas de estas fallas son capaces de producir terremotos de magnitud superior a (M)6.5 a poca profundidad y, por lo tanto, son altamente dañinas.

Un posible terremoto a causa de la falla de Seattle muestra que las pérdidas estimadas para un evento M6.7 serían de aproximadamente **\$ 33 mil millones.**<sup>2</sup>

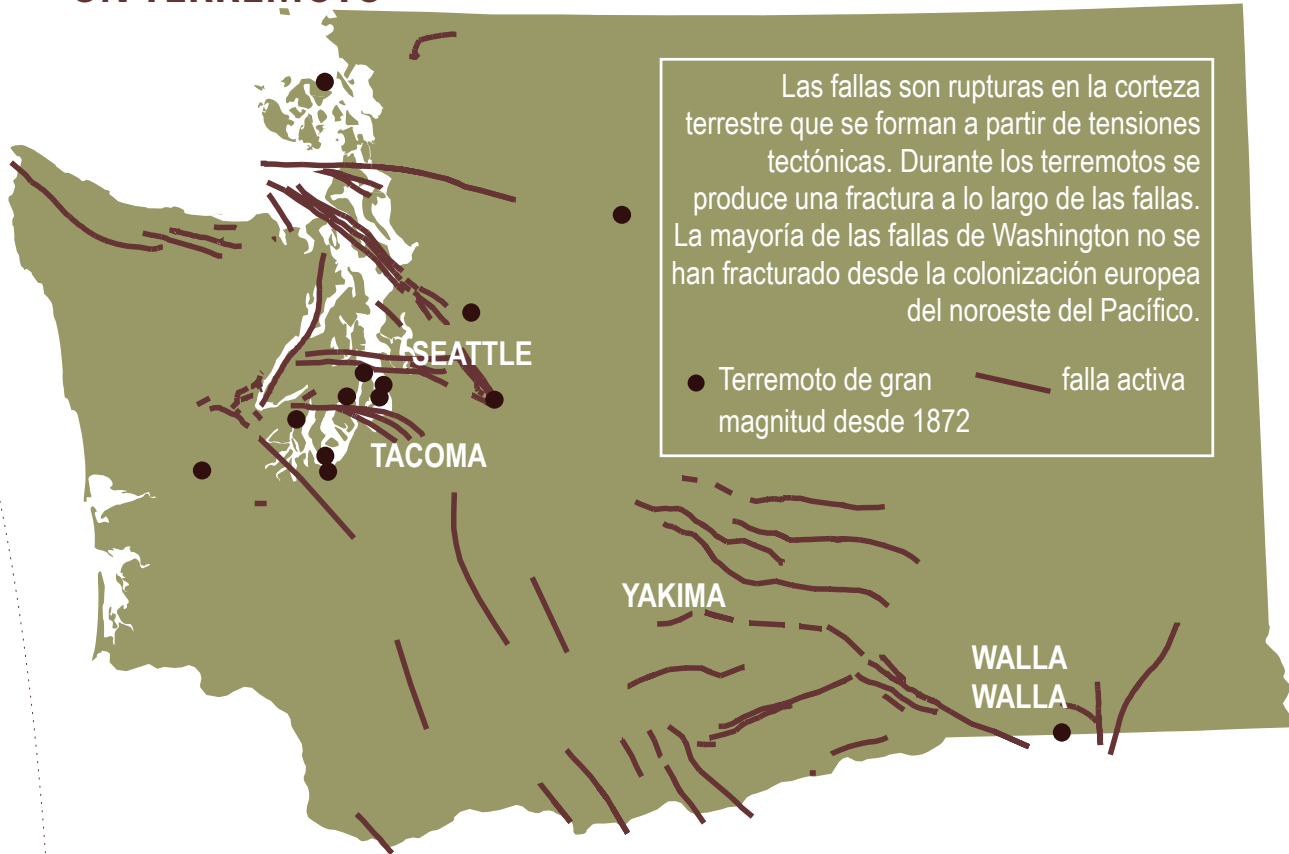
Además, existe evidencia sustancial de que la zona de subducción de Cascadia está activa y ha generado terremotos superiores a M9.0.<sup>3</sup>

**EL TERREMOTO DE M6.7 EN NORTHRIDGE, CA DE 1994 MATÓ A 60 PERSONAS Y COSTÓ HASTA \$ 40 MIL MILLONES (EN DÓLARES DE 1994)**

ZONA DE SUBDUCCIÓN DE CASCADIA



## 61,420 HABITANTES DE WASHINGTON VIVEN EN ÁREAS ALTAMENTE VULNERABLES A LA LICUEFACCIÓN DURANTE UN TERREMOTO



PARA EL ESTADO DE WASHINGTON, EL IMPACTO DE UN TERREMOTO DE M9.0 EN LA ZONA DE SUBDUCCIÓN DE CASCADIA SE HA ESTIMADO EN **\$49 MIL MILLONES** <sup>4</sup>

LOS TERREMOTOS EN LA ZONA DE SUBDUCCIÓN DE CASCADIA SE REPITEN EN PROMEDIO CADA **500 AÑOS** MÁS O MENOS.

EL ÚLTIMO OCURRIÓ EN EL AÑO 1700 DC, PERO LOS TERREMOTOS IMPORTANTES PUEDEN REPETIRSE CADA 200 A 1,000 AÑOS.

Washington tiene un peligro moderado de tsunamis generados a distancia. El tsunami asociado con el terremoto de Alaska de M9.2 de 1964 fue el evento histórico más grande en Washington. Las estimaciones de daños fueron de más de \$775,000 para casas y puentes y más de \$1.5 millones (ambos en dólares de 2016) para criaderos de ostras en la escasamente poblada bahía de Willapa.

Los tsunamis generados localmente representan un peligro mucho mayor, tanto porque llegan rápidamente como porque pueden ser mucho más grandes que los tsunamis generados a distancia, con una altura de hasta 50 pies en algunas áreas.

La evidencia geológica demuestra que se generó un tsunami debido a un terremoto en la falla de Seattle hace unos 1000 años.

El tsunami más grande en Washington en los últimos 500 años se generó en la zona de subducción de Cascadia el 26 de enero de 1700. Las capas de arena depositadas por él se encuentran desde la Columbia Británica hasta el norte de California, y se documentaron tanto en los registros de los nativos americanos como de los japoneses.<sup>3</sup>

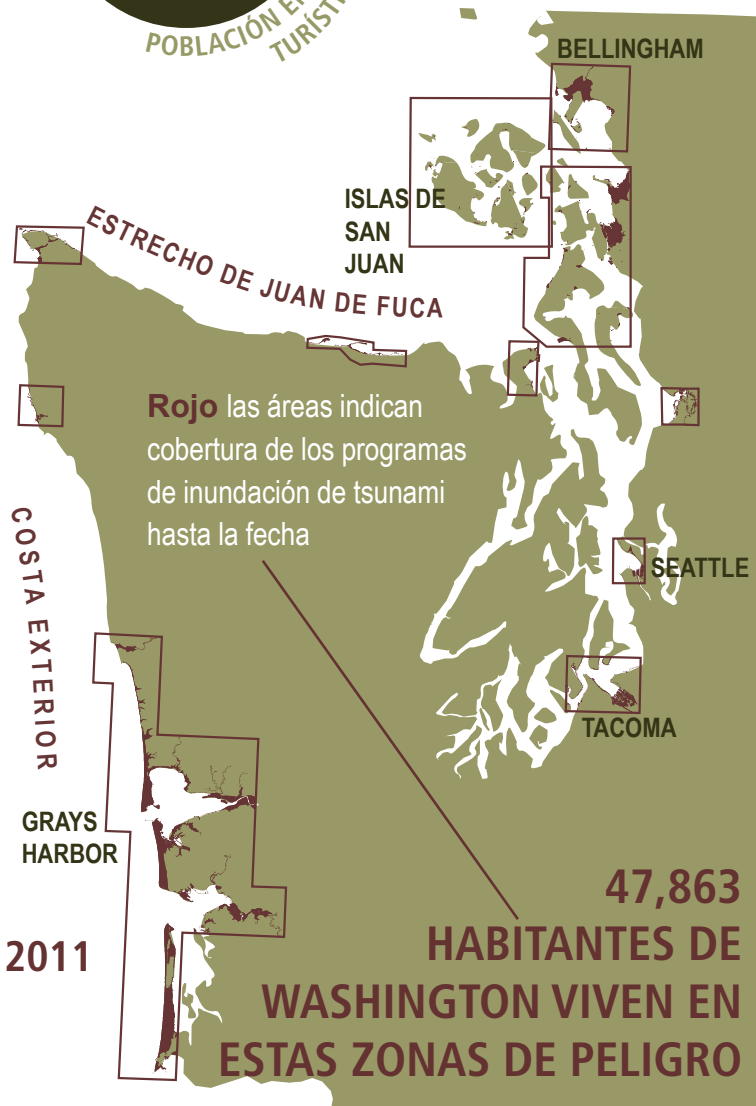
### TSUNAMI DE TOHOKU DE 2011

APROX. \$ 300 mil millones  
en daños totales  
15,894 muertes



## EL RIESGO DE TSUNAMI CAMBIA CON LAS ESTACIONES

a medida que las poblaciones costeras aumentan dramáticamente en los meses de verano





## UN TSUNAMI EN EL ÁREA DE SEATTLE DEBIDO A UN TERREMOTO EN LA FALLA DE SEATTLE TIENE UN INTERVALO DE RECURRENCIA DE UNOS 2500 AÑOS <sup>2</sup>

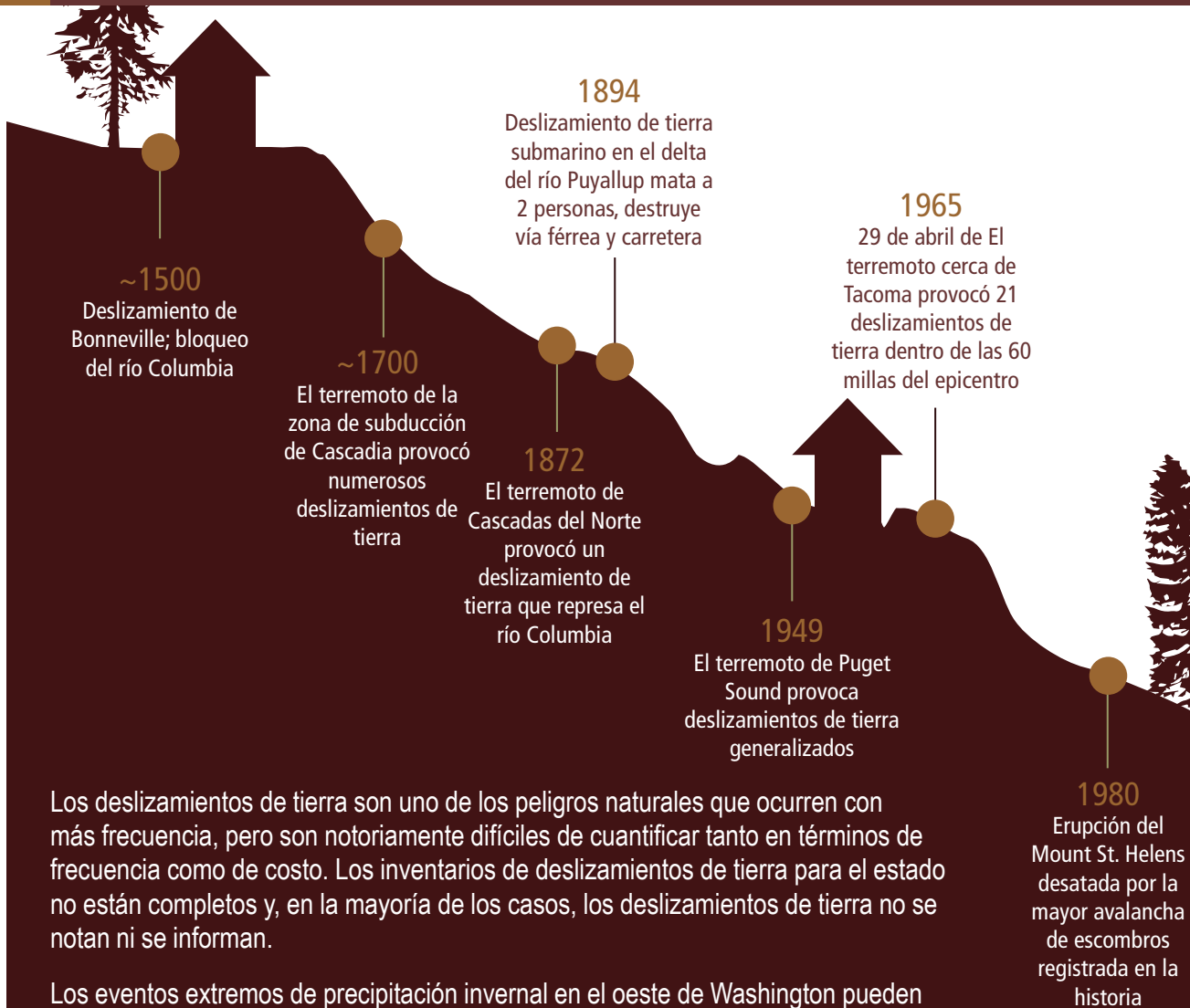
El valor tasado en la zona de inundación del tsunami a lo largo de la costa exterior y el Estrecho de Juan de Fuca es de alrededor de \$4,500 millones, y las empresas de la zona generan \$4,600 millones en volumen de ventas anuales.<sup>11</sup> Aún no se han desarrollado curvas de fragilidad (la vulnerabilidad al daño de los edificios por un evento geológico) para los tsunamis, pero el estado de Oregon ha calculado un 25 % del valor total para sus estimaciones de daños. Eso sugeriría alrededor de \$1 mil millones en pérdidas de propiedades y una pérdida total de ingresos comerciales generados allí. Las pérdidas económicas totales en Washington probablemente superarían los \$6 mil millones en el primer año. La pérdida se agrava cuando

se considera que el hundimiento del suelo que acompaña a estos eventos tarda varias décadas en recuperarse, lo que retrasa significativamente cualquier reconstrucción.

La pérdida de vidas en un tsunami depende en gran medida de la época del año, la hora del día y la respuesta de los ciudadanos. Una estimación razonable de muertes durante un tsunami en la zona de subducción de Cascadia es de 10,000. El modelo de costo-beneficio de FEMA actualmente asume el valor de una vida estadística en \$6,3 millones, arrojando una pérdida estimada de \$63 mil millones solo por la pérdida de vidas.

**EN PROMEDIO, LOS TERREMOTOS EN LA ZONA DE SUBDUCCIÓN DE CASCADIA GENERAN TSUNAMIS CADA 500 AÑOS**





Los deslizamientos de tierra son uno de los peligros naturales que ocurren con más frecuencia, pero son notoriamente difíciles de cuantificar tanto en términos de frecuencia como de costo. Los inventarios de deslizamientos de tierra para el estado no están completos y, en la mayoría de los casos, los deslizamientos de tierra no se notan ni se informan.

Los eventos extremos de precipitación invernal en el oeste de Washington pueden producir más de 1,500 deslizamientos de tierra en un período de unas pocas horas a semanas. Y los deslizamientos grandes y lentos destruyen o dañan casas y caminos varias veces al mes cada invierno.

Los eventos grandes y dañinos, como el deslizamiento de tierra SR-530 (Oso) o Aldercrest-Banyon en Kelso, ocurren con menos frecuencia, pero cuestan millones, y la mayoría de estos daños no están cubiertos por el seguro. En estos grandes sucesos se recurre a la FEMA para que ayude a recuperar las pérdidas. La asistencia federal recupera con frecuencia solo unos 20 centavos por dólar. Si no se hace una declaración federal de desastre, la asistencia suele ser cero.

# EL TERREMOTO DE NISQUALLY DE 2001 CAUSÓ DAÑOS A CAUSA DE DESLIZAMIENTOS POR MÁS DE \$34.3 MILLONES <sup>7</sup> (EN DÓLARES DE 2001)



## LOS PRINCIPALES PELIGROS QUE PLANTEAN LOS VOLCANES SON CAÍDA DE CENIZA Y LAHARES



### LAHARES

Los lahares, o flujos de escombros volcánicos, pueden viajar lejos del volcán e inundar áreas con lodo de decenas de pies de espesor.

Hace unos 600 años, un gran lahar enterró el sitio actual de la ciudad de Orting a 30 pies de profundidad y probablemente continuó fluyendo por el río Puyallup hasta Puget Sound. Si esto sucediera hoy, los daños a las estructuras totalizarían un estimado **\$13 mil millones**.<sup>8</sup>

Mount Rainier, Glacier Peak y Mount Baker presentan este nivel de peligro de lahar para centros de población importantes.

## LOS LAHARES QUE VIAJAN UNA DISTANCIA SIGNIFICATIVA DESDE EL VOLCÁN MUESTRAN INTERVALOS DE RECURRENCIA EN TORNO A 500 AÑOS

### CAÍDA DE CENIZA

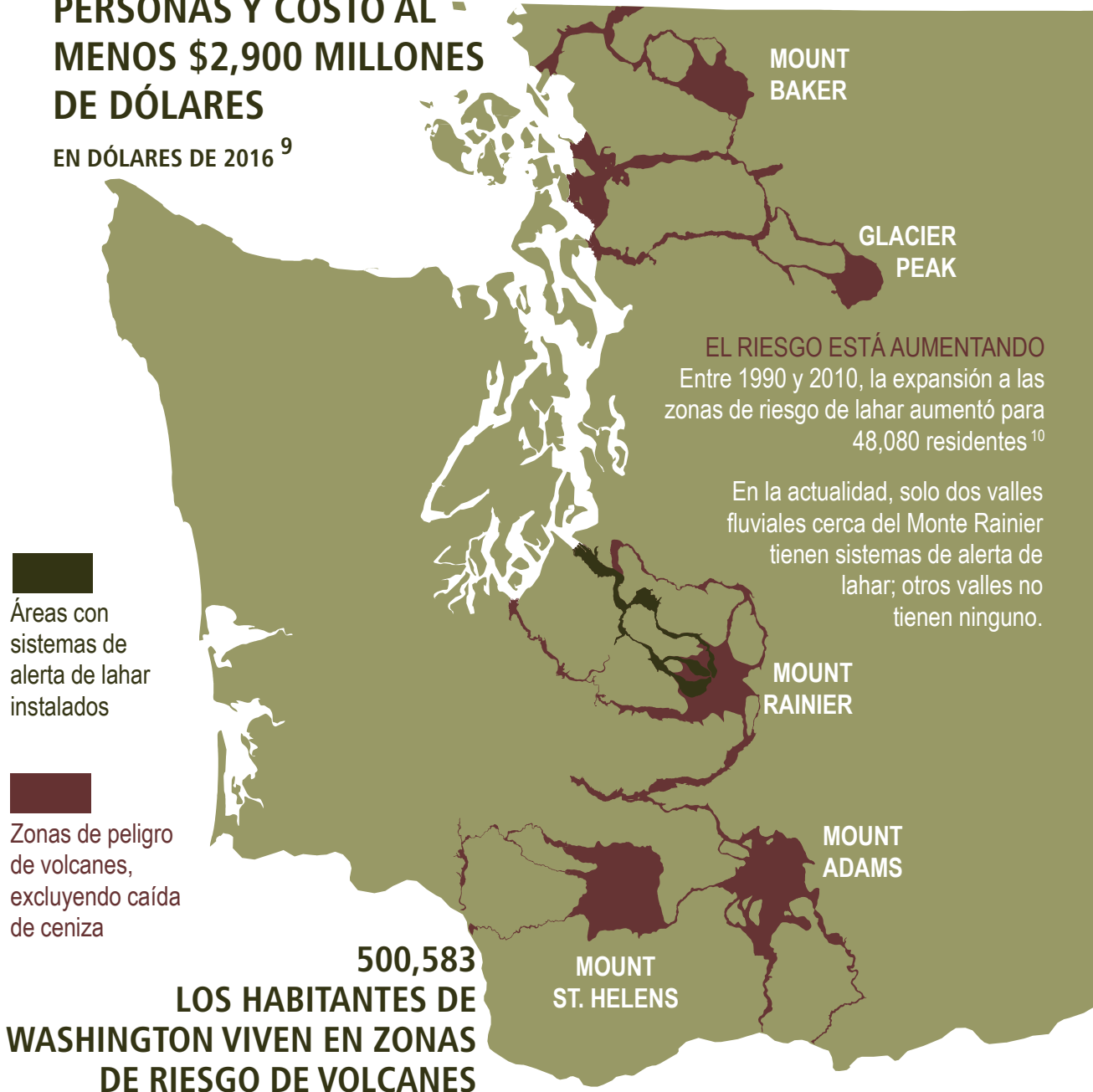
Mount St. Helens (al menos doce erupciones en los últimos 4,000 años) y Glacier Peak (al menos seis erupciones en los últimos 4000 años) son los volcanes de Washington con mayor probabilidad de producir ceniza.<sup>9</sup>

Las erupciones de ceniza representan un peligro significativo para las aeronaves, y las acumulaciones de ceniza pueden causar daños graves por impactos, problemas respiratorios, cortocircuitos en equipos eléctricos, visibilidad reducida, obstrucción de la maquinaria y enterramiento de estructuras, lo que podría provocar el colapso del techo. La ceniza en una explosión lateral puede tener impactos devastadores cerca del volcán.



# LA ERUPCIÓN DEL MONTE ST. HELENS EN 1980 MATÓ A 57 PERSONAS Y COSTÓ AL MENOS \$2,900 MILLONES DE DÓLARES

EN DÓLARES DE 2016 <sup>9</sup>



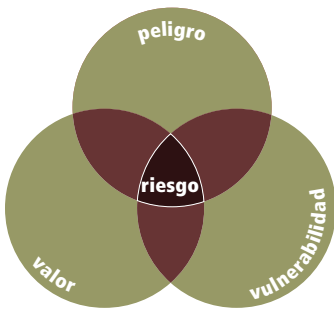
- Sirena de tsunami o lahar
- Estructura vertical de evacuación
- Cobertura de modelos de inundaciones de tsunamis
- Zona de peligro volcánico
- Sistema de alerta de lahar en funcionamiento

# FORMAS DE REDUCIR EL RIESGO Y DISMINUIR LOS IMPACTOS

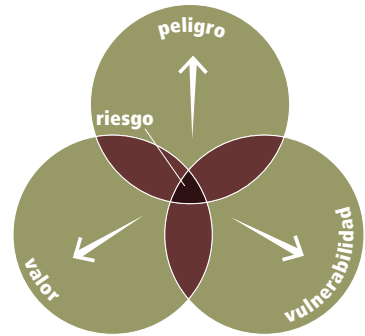


- Evaluar los peligros geológicos a nivel estatal
- Hacer que las escuelas sean estructuralmente resistentes
- Exigir a los proveedores de servicios públicos que identifiquen y mitiguen las vulnerabilidades en los sistemas antes, durante y después de una emergencia
- Identificar y reemplazar infraestructura obsoleta o vulnerable en áreas de alto riesgo sísmico
- Construir estructuras verticales adicionales de evacuación de tsunamis en comunidades costeras vulnerables para reducir la pérdida de vidas.
- Reforzar o reemplazar los edificios de mampostería no reforzados para resistir mejor los temblores
- Hacer cumplir y actualizar los códigos de construcción
- Alentar y facilitar la planificación de emergencias a nivel comunitario
- Asegurar la continuidad de la atención médica después de las emergencias

## EL RIESGO SE PUEDE REDUCIR MEDIANTE:



- La mitigación del **peligro** a través de la mejora de las propiedades de ingeniería del suelo
- La limitación del **valor** de residir en zonas de peligro con mapas de peligro mejorados, planificación del uso de la tierra, preparación y técnicas de evacuación
- La limitación de la **vulnerabilidad** a los peligros, a través de códigos de construcción mejorados o reacondicionamientos sísmicos relativamente económicos



## REFERENCIAS CITADAS

1. Dibble, R. R.; Nairn, I. A.; Neall, V. E., 1985, Volcanic hazards of North Island, New Zealand—Overview: *Journal of Geodynamics*, v. 3, pp. 369-396.
2. Earthquake Engineering Research Institute and Washington Military Department Emergency Management Division, 2005, Scenario for a Magnitude 6.7 earthquake on the Seattle Fault: Earthquake Engineering Research Institute and Washington Military Department Emergency Management Division, 162 p.
3. Atwater, B. F.; Satoko, M.; Satake, K.; Yoshinobu, T.; Kazue, U.; Yamaguchi, D. K., 2005, The orphan tsunami of 1700—Japanese clues to a parent earthquake in North America: U.S. Geological Survey Professional Paper 1707, 133 p.
4. Washington State Emergency Management Council—Seismic Safety Committee, 2012, Resilient Washington State—A framework for minimizing loss and improving statewide recovery after an earthquake: Washington Division of Geology and Earth Resources Information Circular 114, 33 p.
5. Atwater, B. F.; Moore, Andrew L., 1992, A tsunami about 1000 years ago in Puget Sound, Washington: *Science*, v. 258, n. ° 5088, p. 1614-1617.
6. Wood, N.; Soulard, C., 2008, Variations in community exposure and sensitivity to tsunami hazards on the open-ocean and Strait of Juan de Fuca coasts of Washington: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2008-5004, 34 p.
7. Highland, L. M., 2003, An account of preliminary landslide damage and losses resulting from the February 28, 2001, Nisqually, Washington, Earthquake: U.S. Geological Survey Open-File Report 03-211.
8. Cakir, Recep; Walsh, T. J., 2012, Loss estimation pilot project for lahar hazards from Mount Rainier, Washington: Washington Division of Geology and Earth Resources Information Circular 113, 17 p.
9. Washington Emergency Management Division, 2008, Washington State enhanced hazard mitigation plan: Washington Military Department.
10. Diefenbach, A. K.; Wood, N. J.; Ewert, J. W., 2015, Variations in community exposure to lahar hazards from multiple volcanoes in Washington State (USA): *Journal of Applied Volcanology*, v. 4, n. ° 4, 14 p.

**TRABAJAMOS PARA REDUCIR EL RIESGO Y LAS PÉRDIDAS FUTURAS DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS AL AUMENTAR LA CONCIENCIA PÚBLICA E INFORMAR A EXPERTOS CAPACITADOS.**

**MAPA DE  
PELIGROS**

**ESTUDIOS DE  
FALLAS ACTIVAS**

**PLANIFICACIÓN  
DE CASO  
DE INUNDACIÓN  
POR TSUNAMI**



**ASISTENCIA A  
JURISDICCIONES  
LOCALES**

**ASESORES  
CIENTÍFICOS**

**EDUCACIÓN Y  
DIFUSIÓN**

**RESPUESTA A  
EMERGENCIAS**

**SIMULACIÓN DE PÉRDIDAS  
SOCIOECONÓMICAS**

**SIN EVALUACIONES DE RIESGOS GEOLÓGICOS, LOS RIESGOS NO SE CONOCERÍAN Y LOS ESTÁNDARES DE CONSTRUCCIÓN SE BASARÍAN EN MERAS CONJETURAS.**

**UNA SOCIEDAD RESILIENTE PLANIFICA  
PARA EVENTOS NO PROGRAMADOS.**

<http://www.dnr.wa.gov/geología>