

# OS TERREMOTOS

---

*Luis Mendoza Barros*  
 Instituto Xeográfico Nacional.  
 Santiago de Compostela

## 1. INTRODUCCIÓN

---

Solicítanme un artigo referente a terremotos, por considerar que están de actualidade na Comunidade Galega. O tema, amplo de abondo, necesitaría máis explicacións e apartados, sen dúbida, polo que só podo pretender aquí expoñer unha serie de conceptos e datos relacionados con estes fenómenos, algúns deles pouco divulgados, e que considero de interese.

Consciente de que pode resultar insuficiente, ó final proporciono algunha bibliografía que servirá de axuda para ampliarlos coñecementos sobre os diversos aspectos que se van tocando na exposición.

## 2. TERREMOTO, SISMO, TREMOR...

---

A palabra *terremoto* asociámola a efectos destructores, cando realmente ten un sentido amplo e, composta do latín TERRAE ("terra") e MOTUS ("movemento"), significa simplemente "sacu-

da do terreo", ocasionada por forzas que actúan no interior do globo.

De orixe grega é a palabra *seísmo* (de SEIEIN "sacudida"), e de aí *sismo*, que a Real Academia Española define do mesmo xeito que *terremoto* e *sismo*, dicindo que é unha sacudida de terra producida por causas internas. De *sismo* temos compostos como *sismómetro*, *sismógrafo*, *sismoloxía*, etc.

*Tremor de terra* identificámolo máis ben cun terremoto pequeno, ou débiles estremecementos da terra. Sen embargo, o significado é o mesmo que o dun terremoto, e como tal enténdese en Latinoamérica.

Debemos precisar que eses estremecementos proceden do interior da Terra, e transmiten enerxía á superficie desta, mediante ondas elásticas. Cientificamente defínese como unha liberación súbita de enerxía potencialmente almacenada no interior da terra. Provéen do esforzo acumulado nunha rexión (de falla) debido a unha deformación continuada.

De forma máis sinxela, un terremoto (de orixe tectónica) pode considerarse unha consecuencia da ruptura dunha parte da costra. Isto, en Xeoloxía, coñécese como unha *falla*, é dicir, unha fractura de material cun movemento relativo das súas dúas partes.

### 3. O PASADO

---

#### 3.1. Breve Historia

---

O catálogo de terremotos máis extenso da antigüidade corresponde a China, con algunha descrición de máis de 3000 anos, documentando os medianos e grandes dende o 780 a. de C.

Un relato bíblico, de Moisés no Sinaí, e o referente ás murallas de Jericó son probablemente as mencións máis antigas de terremotos no mundo occidental.

Non habendo, na antigüidade, a menor explicación científica para estes temidos e violentos fenómenos, as lendas populares de moitos países atribuíanllos a monstros grotescos que vivían por baixo da terra e, ó sacudi-los seus corpos, producían os tremores, ou ben que eran os deuses que nos enviaban os castigos desa forma polas faltas humanas.

Como para moitas cousas, foron os filósofos gregos os que trataron de da-las primeiras explicacións mecáni-

cas a eses fenómenos naturais, e tanto Estrabón como Aristóteles (383-322), apuntaron as súas teorías de que eran máis frecuentes ó longo das costas que contra o interior da terra. Tamén diferenciaron os movementos verticais dos horizontais nas trepidacións.

As ideas dos autores clásicos continuaron vixentes mesmo durante a Idade Media e Moderna, ata que, no século XVIII, o gran terremoto de Lisboa de 1755 produce un interese universal acerca da orixe destes fenómenos e empezan a estudiárense de forma sistemática os efectos dos terremotos.

O estudio e catalogación de terremotos dunha zona determinada constitúe o punto de partida para os estudos da sismicidade.

No relativo a España, o Banco de Datos do Instituto Xeográfico referencia sismos dende o ano 880 a. de C., e poderíamos clasificalos en catro épocas ben diferenciadas: a primeira, ata o ano 600 D. de C., na que as descricións case rozan a lenda; a segunda, do ano 600 ó 1400, habería que aceptala con reservas, pois é pouco fiable; do 1400 ó 1800 obsérvanse erros, aínda que non excesivos; a partir desta época, a imprenta permite abundantes descricións ata a chegada da época instrumental a comezos do presente século. Debe dicirse que o Banco de Datos Sísmicos continúa co seu enriquecemento mediante investigacións.

### 3.2. Observatorios

---

Os primeiros sismógrafos efectivos foron construídos a finais do século XIX. O famoso e catastrófico terremoto de San Francisco no ano 1906 foi rexistrado en decenas de estacións sismográficas, e tan lonxe coma Xapón, Italia, Alemaña...

En 1960, 700 observatorios de terremotos funcionaban en numerosos países espallados por todo o mundo, aínda que con grande variedade de rexistros sismográficos e falta de sincronía nas horas, o que dificultaba os estudos para a investigación.

Xa no ano 1962, 120 estacións da rede estandarizada mundial, establecida polos EE. UU., estaban espallados por sesenta países.

Coa finalidade de estudar a sismicidade na área da Península Ibérica, a empezos da década do 60 preséntase un traballo para emprender un amplo programa de investigación polo servizo de Sismoloxía do daquela Instituto Xeográfico Catastral, entre 10º Oeste e 5º Este de Greenwich, e de 35º a 44º Norte. Para este estudo, botábase en falta algunha estación, e unha concretamente para cubrir o NW da península, pero que o Instituto Xeográfico Catastral xa tiña previsto situar en Santiago de Compostela, onde o Observatorio Xeofísico comenza a rexistrar en novembro de 1971.

### 4. CAUSAS DOS TERREMOTOS

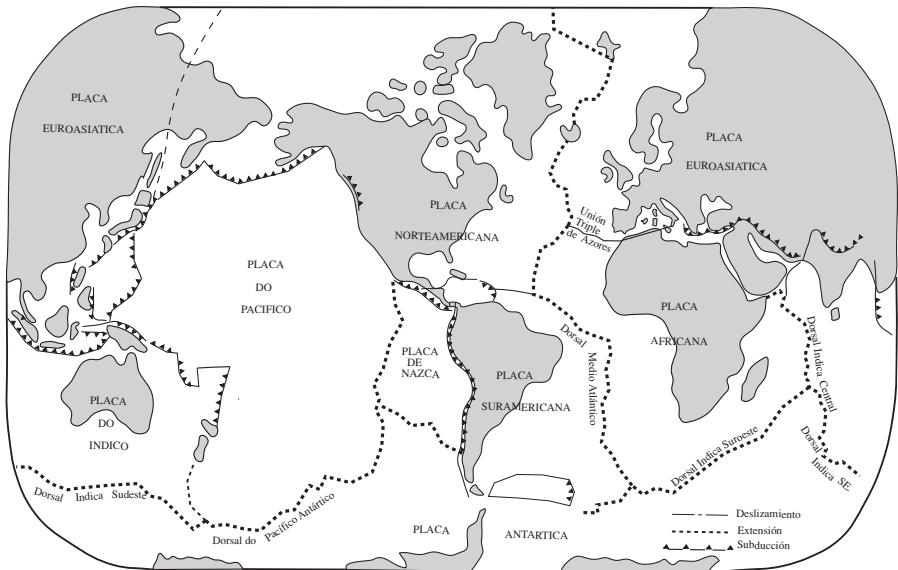
---

A xeoloxía, o paleomagnetismo, a gravimetría, o magnetismo, etc. poñen de manifesto os procesos dinámicos que houbo, e que, dunha ou doutra maneira, deixaron pegada na costra terrestre. As mesmas ciencias, converxendo na década dos 60, permiten establecer a teoría da *Tectónica de Placas*, que afirma que a codia terrestre encóntrase formada por placas, con certo movemento dunhas respecto doutras.

Na actualidade distínguense unhas vinte, entre placas, subplacas e microplacas (consideradas como corpos ríxidos), separadas por bandas de material deformable (que poden ser zonas de intensa deformación) e que se moven unhas respecto das outras a unha velocidade que vai de 1 cm. a 20 centímetros por ano.

As placas que se consideran ríxidas están formadas por costra oceánica e continental, pero esta parte de codia continental non soe comportarse como peza ríxida. De aí que ese movemento de placas pode quedar total ou parcialmente absorbido pola deformación do interior da codia continental. Tamén debemos salientar que os límites de placas en esta resultan amplos e difusos.

Os bordas de placa poden clasificarse en tres tipos principais:



Distribución Global das principais Pracas Tectónicas

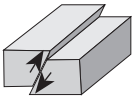
- Diverxentes: créase nova codia.
- Transformantes: prodúcese un desprazamento horizontal entre as dúas placas.
- Converxentes: unha das placas somérxese no manto, podendo producir elevacións na codia continental. Nestes tipos de bordo é onde soen producirse os máis fortes terremotos.

Se analizamos un mapa mundial coa localización de terremotos onde figuren as placas tectónicas, observáremos que o número deles é maior nas beiras de converxencia de placas, e é tamén aí onde se producen os máis fortes. Nos bordos das dorsais oceánicas encóntranse aliñados ó longo de zonas

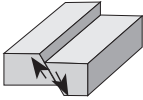
moi estreitas, mentres que nas zonas continentais distribúense de maneira máis difusa.

Isto indícanos que os terremotos non se distribúen de forma caprichosa, senón que a súa ocorrencia, no espazo e no tempo, e unha vez estudada a solución dos seus mecanismos focais, contrastan a *Dinámica Actual*, consecuencia fundamental, entre outras, da tectónica de placas.

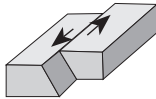
De maneira simplificada, podemos dicir que, como consecuencia da *dinámica actual*, prodúcense tres tipos de fallas:



- Fallas inversas, producidas por presións horizontais.



- Fallas normais, producidas por tensións horizontais.



- Fallas de desgarre, producidas por presións e tensións horizontais.

As fallas dan orixe ó 90% dos terremotos. Son estes os superficiais (prodúcense na codia) e de orixe tectónica, quedando aproximadamente o 10% restante para os profundos, os de oclusión (producidos por afundimentos) e os de orixe volcánica.

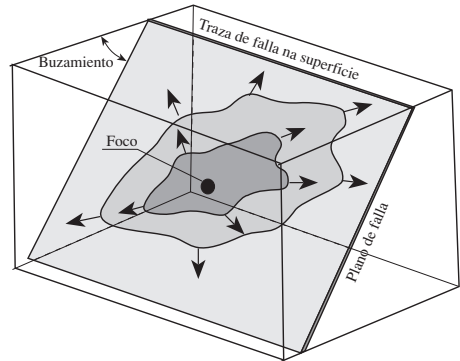
Referente ó Noroeste Peninsular, segundo o profesor R. Vegas, a débil sismicidade de Galicia corresponde á acomodación da converxencia no bordo fósil Pirineos - Foxa Noribérica e nalgún dos corredores de fallas do interior, así como nas fallas NE-SW do sur de Galicia, orixinadas na formación da marxe Atlántica.

## 5. MECANISMO FOCAL

Como consecuencia do empuxe da tectónica de placas, Reid expuxo, en 1911, a teoría do *Rebote Elástico*, considerada como a primeira explicación do mecanismo da orixe dos terremotos. Segundo esta teoría, as deforma-

cións elásticas vanse acumulando nunha rexión, ata que se supera a resistencia do material e se produce a fractura, falla, con movemento relativo das súas dúas partes, o que produce unha relaxación súbita.

Unha vez admitido que o mecanismo dos terremotos corresponde a unha rachadura no material da codia terrestre, o primeiro paso na súa determinación é calcula-la orientación do plano de rachadura. Este vén dado polo acimut da súa traza, o buzamento e maila dirección do movemento por riba del.



Como a maioría das rachaduras ten lugar a varios Km. de profundidade, e non poden facerse medidas sobre o terreo, temos que buscar información nas observacións das ondas sísmicas rexistradas nos sismogramas, cousa que se vén facendo, e conseguin-

do grandes logros, dende comezos do século, sendo un deles precisamente o da teoría do Rebote elástico de Raid, en 1911.

Xa no ano 1925, no estudio do terremoto de Montana, demostrouse que as observacións estaban de acordo coa teoría e que se podía determina-lo plano de falla dun terremoto a partir do primeiro impulso da onda "P" rexistrado nos múltiples Observatorios espallados polo mundo.

Na década dos anos trinta fixéronse os primeiros traballos para considera-las dimensións do foco sísmico. Pero foi a primeiros do 60 cando se fixo unha das primeiras determinacións de lonxitude de fractura dun terremoto deducida da análise das ondas sísmicas. Tamén foi a partir desa época cando os ordenadores permitiron investigacións con métodos numéricos para determina-lo mecanismo focal a partir dos signos (compresión ou dilatación) da onda "P". Despois, xa coa rede estandarizada (WWSSN) en 1962, e a utilización das amplitudes da onda S, permitiron un mellor coñecemento do plano de falla.

De todas maneiras, demostrouse que a maioría dos terremotos son procesos complexos, con rupturas múltiples que corresponden a modelos con asperezas, barreiras ou zonas que permanecen sen se romper dentro do plano de rachadura.

O estudio do mecanismo de terremotos tomou de novo grande interese a partir de 1968 no desenvolvemento da teoría da tectónica de placas. Foron decisivos no establecemento da idea das fallas de transformación, do mecanismo das zonas de extensión e a estrutura das capas buzantes nas zonas de subducción.

Tamén a orientación destes planos de falla e eixes de esforzos determinados a través das ondas sísmicas, son utilizados tanto para o coñecemento tectónico dunha rexión, como para estruturas locais e contrastan a teoría da tectónica de placas.

## 6. LIBERALIZACIÓN DE ENERXÍA. MEDIDA

---

Dos tres tipos mais importantes de enerxía da terra, cinética, térmica e elástica, corresponde esta última á dos terremotos, e constitúen estes a manifestación máis espectacular da enerxía interna terrestre.

As deformacións elásticas vanse acumulando nunha rexión ata que se supera a resistencia do material e se produce a ruptura co movemento relativo das súas dúas partes e a relaxación das deformacións acumuladas. Para que se produza un fendemento, a rixidez do material debe ser alta de abondo, xa que, do contrario, de se producir unha deformación plástica, o material fluiría en lugar de romperse.

Na terra, esta rixidez dáse na parte superior da litosfera (a maioría dos terremotos ocorren nos primeiros 60 Km.), sendo os terremotos máis profundos (de ata 600 Km.) debidos á subducción en zonas nas que a litosfera foi arrastrada cara ó interior, conservando en parte as súas propiedades elásticas.

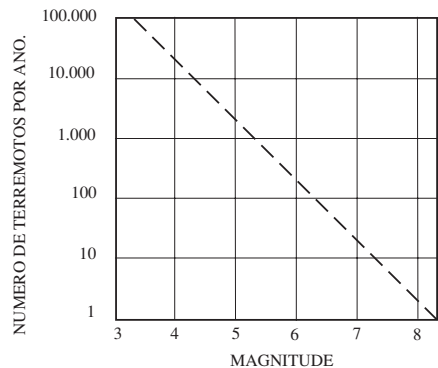
A enerxía elástica almacenada nun volume de rocha ven dada aproximadamente polo produto deste volume, polo cociente de rixidez e polo cadrado das deformacións elásticas. Nesa zona (foco), a ruptura produce calor (que se disipa), e enerxía que se transmite en forma de ondas elásticas.

### 6.1. Magnitude

No ano 1935, Richter propuxo unha escala de magnitudes na que os graos son proporcionais ó logaritmo das ondas xeradas polos terremotos e rexistradas nun sismograma. A escala de magnitudes é aberta, o que significa que non ten límite por arriba, aínda que se supón que un dos máis grandes da historia, o de Lisboa de 1755, alcanzou grao 9.

Aínda non hai acordo absoluto sobre a maneira de medir a magnitude, por iso non sempre cadran. Xeralmente admítense dúas escalas de magnitudes: a feita por medio da onda "S" (chamada Mb) e a feita por medio da onda

superficial "L" (chamada Ms). As fórmulas van variando cos coñecementos e tendo en conta o tipo de sismógrafo e a zona. Referente á Península Ibérica, tivéronse en conta medidas dos rexistros de estacións españolas, comparándoseas coas magnitudes dos mesmos terremotos proporcionados polo Centro de Información Nacional de Terremotos dos EE.UU., adaptándoseas así ós valores de uso internacional mediante cálculos obtidos por Mezcua e Martínez Solares (1983).



Relación entre o número de terremotos e a magnitude dos rexistrados anualmente no mundo. Ousérvese a relación lineal logarítmica.

Unha sinxela relación empírica debida a Gutenberg e Richter, relaciona a magnitude  $M$  dun terremoto coa enerxía producida en forma de ondas elásticas  $E_s$ :  $\log E_s = 11,8 + 1,5 M$ .

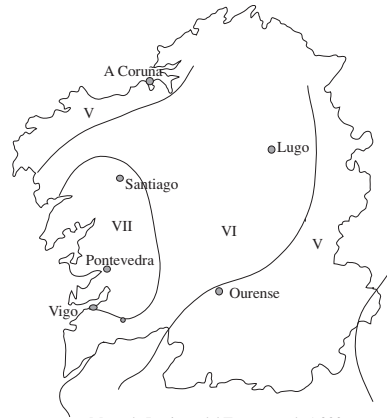
Con ela obtense para unha magnitude = 6, unha enerxía de  $10^{21}$  ergos,

sendo de  $10^{23}$  ergos para unha magnitude = 8. Isto quere dicir que mil movementos de Magnitude = 6 equivalen a un de magnitude = 8, o mesmo que mil de magnitude = 4 son equivalentes a un de magnitude = 6.

## 6.2. Intensidade

Para indica-lo tamaño dun sismo, utilizouse o método de intensidades por primeira vez no ano 1857. Foi Mallet quen se desprazou de Londres ó sur de Italia para facer uns estudos científicos, sobre o terreo, dos efectos dun gran terremoto. Sobre un mapa tabulou os efectos sentidos e os danos nos edificios e no chan, facendo liñas entre lugares de igual dano e intensidade e que chamou isosistas. Dende aquela, a intensidade sísmica segue usándose para indica-lo tamaño dun terremoto, aínda que se foi desenvolvendo e mellorando continuamente.

A primeira escala para medi-la intensidade nun punto débese a Rossi de Italia e Forrel de Suiza, no ano 1883, con un intervalo que vai de I a X. O italiano Mercalli presentou outra máis refinada en 1902, que vai de I a XII. En España, na actualidade rexe a M.S.K., que tamén ten doce graos, e é equivalente á de Mercalli. Estes valores son asignados ás descrições dos efectos dos terremotos sobre as persoas, edificacións e natureza en xeral.



Mapa de Isosistas do Terremoto de 1920.  
(J. Mezona, I.G.N.)

H.O. Wood e Frank Neumann, en 1931, modificaron a escala de Mercalli para axeitala ás condicións de construción en California e outras zonas de EE.UU. De novo é modificada por Richter en 1956, feito que ten a culpa de levar a moitos a confusión no concepto de intensidade e magnitude. Por iso é Richter mesmo quen aconsella, en 1958, chamar escala Mercalli Modificada cando se trata de efectos sobre o terreo, persoas e edificacións; e deixa-la denominación Escala Richter cando nos referimos á medida instrumental da enerxía liberada no foco (magnitude).

## 7. ONDAS SÍSMICAS

A vibración desencadeada pola rachadura dunha rocha no interior da terra xera ondas elásticas que se propagan en tódalas direccións.



Do foco saen dous tipos básicos de ondas, as "P" (Primae) e as "S" (Secundae). A propagación polo interior da terra está determinada polos principios da mecánica de medios elásticos, aínda que, debido a propiedades anelásticas da terra, as ondas sofren, durante a propagación, unha atenuación da súa amplitude, cambios de velocidade e outras distorsións.

O estudio das ondas sísmicas permítenos extraer coñecementos das capas profundas da terra. Os primeiros estudos fanse a empezos do século por un procedemento de cálculo ideado polo profesor R. Umkövesligelly, e dende aquela a Sismoloxía aproveita os sucesos desgraciados dos Terremotos, entre outros, para este eido da investigación.

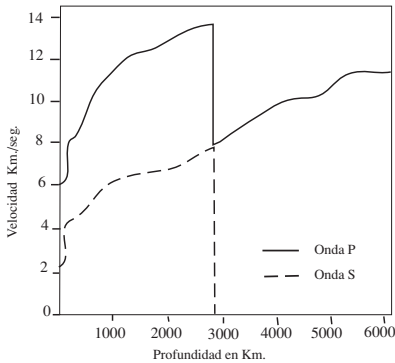
Outra técnica que permite o estudio de determinadas zonas da codia, coa vantaxe de poder ser escollida, é a dos *perfís sísmicos*. A técnica consiste, xeralmente, en facer explosións controladas e rexistra-las ondas en sismógrafos aliñados ó longo, ás veces, de centos de Kms. En Galicia hai un estudio con explosións realizadas no verán de 1982, que permitiron estudos da codia do Noroeste Peninsular. Segundo a tese presentada por D. Diego Córdoba Barba, baixo a dirección do Dr. Banda Tarradellas, o manto galego encóntrase a unha profundidade entre os 26 e 32 Km.

O tempo de percorrido das ondas nun determinado traxecto aporta información de posibles anomalías no interior da terra. As ondas que non atravesan anomalías percorren o traxecto nun tempo normal, mentres que as que penetran nelas son freadas ou aceleradas. Tendo en conta, na actualidade, os milleiros de estacións sísmicas espalladas polo mundo, e os 20.000 sismos de magnitude = 4, ou superior, resultan centos de miles de direccións de ondas sísmicas, nas que se pode comproba-la velocidade. Analizando a densa malla de traxectorias que se intersectan, pódese, así mesmo, chegar a caracteriza-la estrutura da anomalía polas desviacións observadas no tempo de percorrido. Esta técnica, que combina a información procedente de grande número de ondas que se entrecruzan para construír imaxes tridimensionais do manto, tal como se se tratase dun scanner en medicina, é chamada *Tomografía Sísmica*.

---

## 7.1 Velocidade

En Sismoloxía, o caso máis comunmente considerado é o cambio de velocidade coa profundidade. Tamén as ondas sísmicas viaxan a maior velocidade polas rexións da terra que opoñen maior resistencia ádeformación. O material frío tende a ser máis ríxido có quente, razón pola que as ondas sísmicas atravesan as rexións frías do interior da terra a máis velocidade, e tamén o fan así nas máis densas.



Velocidade das ondas internas en función da profundidade.

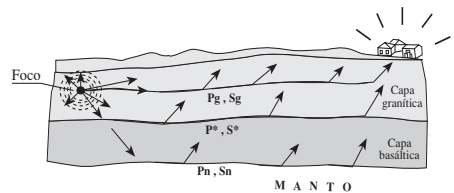
O estudo da velocidade das ondas nas diferentes capas nas que está estruturado o interior da terra non foi obtida exclusivamente das producidas por sismos, senón que as mellores precisións obtéñense en laboratorios e mediante explosións controladas, debido que xa se coñecen a hora e mailo lugar exactos delas. Entre estas técnicas encóntranse as dos *perfís sísmicos*, de que antes falamos, e das explosións nucleares, coa importancia de que estas poden liberar grande enerxía. Como exemplo podemos poñer a de Alasca de 1971, que liberou unha enerxía semellante a un terremoto de magnitude = 7.

## 7.2. Onda P

O movemento da onda "P" é semellante ó das ondas sonoras, en que se comprime e dilata periodicamente a rocha na dirección do seu despraza-

mento. Pola súa semellanza á do son, cando emerxe á superficie da terra, unha fracción dela pode ser transmitida á atmosfera como onda sonora.

As velocidades da onda "P" na codia continental transmítense a 5 Km./seg. pola capa de sedimentos (ata 2 Km. da superficie), pasando a 6 Km./seg. na parte superior granítica e alcanzando 8 na inferior basáltica. A 600 Km. de profundidade, a velocidade alcanza os 10 Km./seg. chegando a 13,5 na discontinuidade de Gutenberg (2.900 Km.).



Traxectoria das ondas P e S, coa súa nomenclatura, na propagación pola codia terrestre.

## 7.3. Onda S

O segundo tipo de onda interna que sae do foco é a "S". A súa existencia nun medio elástico, igual que a "P", foi proposta por primeira vez por Poisson en 1830. Desprázase soamente a través de medios sólidos, motivo polo que se descubriu que o núcleo externo é líquido, por perder as propiedades ó traspasalo. Os efectos de deformación fainos no plano normal a dirección na

que se propaga. Esta sacudida na dirección horizontal e vertical á superficie é a responsable do dano nas estruturas. A razón pola que non se propagan nos líquidos é que estes, ó se deformar lateralmente, non se recuperan na súa forma inicial inmediatamente (polo que os efectos non se transmiten).

Así e todo, debemos apuntar que as ondas "S", aínda que non poden propagarse polo núcleo como tales ondas "S", por líquido, poden facelo como ondas comprensionais e volverse transformar como ondas "S" ó pasar outra vez ó manto.

A velocidade destas ondas, agás no núcleo, está relacionada coa das ondas "P" de maneira moi aproximada pola relación  $V_s = V_p/1.75$

#### 7.4. Ondas Superficiais

---

Debido á existencia de superficies de discontinuidade no interior da terra e na mesma superficie terrestre, nas que se reflicten e refractan as ondas "P" e as "S", prodúcese acoplamento de enerxía dando orixe a un novo tipo de ondas, as superficiais, das que as máis importantes son as Rayleigh, suxeridas por Lord Rayleigh no ano 1885, e as Love, que levan precisamente o nome de quen, en 1911, explicou a teoría da súa propagación. Estas moven o chan de lado a lado, perpendicular á dirección de propagación e

paralelo á superficie do chan. Este movemento horizontal actúa sobre os cementos de edificacións producindo danos cando o fan coa forza suficiente.

As Rayleigh son máis lentas que as Love no seu desprazamento, e ámbalas dúas viaxan a menos velocidade que as "S".

#### 8. PREDICCIÓN SÍSMICA

---

Poderíamos dicir que a predicción sísmica é un soño dos máis temerosos e un desexo de moitos científicos, pero a prudencia debe imperar, pois, aínda que algúns éxitos lograran producir grandes esperanzas, a realidade é máis desilusionante.

Por predicción dun terremoto debe entenderse un prognóstico acertado da magnitude, o lugar e o tempo do evento. A predicción no tempo soe dividirse en tres tipos: a longo prazo, cando se prognostica de varias décadas a varios anos; a prazo intermedio, cando se fai de varios anos a varias semanas; e a curto prazo, cando o prognóstico faise de poucas semanas a horas.

Na actualidade, a investigación no eido da predicción realízase mediante estudos dos fenómenos precursores de carácter físico, tectónico e mesmo biolóxico, observados antes do terremoto. Os problemas que se presentan son que non sempre teñen que

darse os mesmos fenómenos, e tampouco os científicos non poden observarlos directamente (ou as observacións feitas non soen ser fiables) e, por último, a rede de equipos para a súa observación necesitaría ser extensísima e de moi elevado custo.

Algúns fenómenos e indicios parece ser que foron observados, e entre os posibles indicadores da proximidade dun terremoto pódense cita-la elevación do chan, deformación de rochas, cambio de velocidade de ondas "P", variación do campo magnético, ou emisión de gas radón en pozos. Unha das últimas observacións parece ser que foi feita no terremoto de Kobe en xaneiro de 1994, de Magnitude = 7.2. Dous investigadores da universidade de Tokio detectaron aumento de concentracións de cloruro e de sulfato, en análises de augas, dende 5 meses antes do terremoto, medrando considerablemente nos dous últimos meses. Sen dúbida son resultados moi significativos, como outras observacións, pero haberá que seguir conseguindo probas e, aínda así, no caso de comprobarse, non serán decisivos na predicción de terremotos.

A verdade é que se poden citar casos illados de predicción. En China, no ano 1975, un aviso con 24 horas de antelación ó terremoto permitiu evacua-la poboación na provincia de Harcheng, habendo tan só un número reducido de vítimas. Así e todo, un

ano e medio despois, morreron cerca de 500.000 persoas noutro que non prediciron os sismólogos chinos.

Debido a que na predicción non pode haber certeza, a maneira de ter mellores garantías para evita-las catstróficas consecuencias dos grandes terremotos é facendo estudos de Perigosidade Sísmica e Risco Sísmico, que van permitir diferenciar zonas máis ou menos perigosas e, en consecuencia, establecer e tomar medidas de prevención e atenuación dos efectos destructores, baseándose fundamentalmente en Normas Sismorresistentes.

## 9. PERIGOSIDADE, VULNERABILIDADE E RISCO SÍSMICO

---

A *perigosidade sísmica* nunha zona vén dada polo efecto (intensidade ou aceleración) producido por terremotos con epicentro nesa zona ou relativamente preto dela, durante un determinado período de tempo. Estes soen presentarse como períodos de retorno de 100, 500 ou 1.000 anos. No caso da Norma de Construcción Sismorresistente (parte xeral e de edificacións) vixente en España, o Mapa de Perigosidade Sísmica vén dado a un retorno de 500 anos. Subministra un valor da aceleración horizontal da superficie, para cada punto do terreo, expresada en relación ó valor da gravidade. Á súa vez, para o cálculo, subministra os valores de contribución  $K$ , que ten en conta terremotos históri-

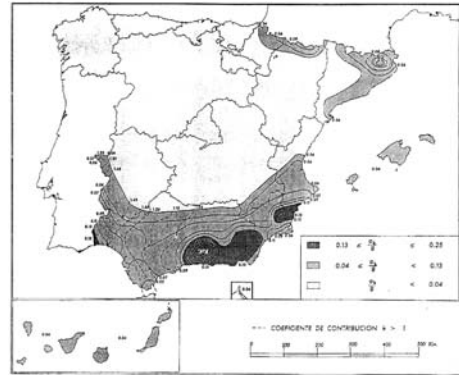
cos. Tamén considera as características do terreo nos primeiros trinta metros por baixo da estrutura.

A *Vulnerabilidade* é a probabilidade de que certa estrutura, ou tipos de estruturas dunha zona, sufra un dano apreciable, ante a acción dun terremoto dunha certa intensidade.

O *Risco Sísmico* dunha zona, supón o conxunto da Perigosidade Sísmica e a Vulnerabilidade, expresado en termos do valor económico do custo.

Para avalia-lo risco sísmico, no caso de que o sismo se produza nunha rexión contigua, necesítase coñece-la lei da atenuación da intensidade coa distancia. Na práctica, as curvas de atenuación da intensidade determínanse a partir dos mapas de isosistas dunha rexión.

O coñecemento adecuado do Risco Sísmico dunha rexión permítenos deseñar edificios de acordo coas intensidades máximas dos efectos que se espera alcanzar nela. Galicia non está considerada dentro da zona de risco sísmico, no mapa de perigosidade sísmica correspondente á Norma de Construcción Sismorresistente (Real Decreto 2543 de 29 de decembro de 1994), o que supón que as construcións coa estrutura de formigón normal non deben sufrir danos, por non se prever terremotos con efectos superiores a grao VII, na escala M.S.K.



Mapa de Perigosidade Sísmica de España. Subministra un valor característico da aceleración horizontal de superficie da terra.

As Redes Sísmicas, cada vez máis extensas e precisas, conectadas en tempo real, permiten ter un mellor coñecemento da sismicidade rexional e a realización de interesantes estudos, e, por conseguinte, os de Perigosidade e Risco Sísmico.

## 10. SISMICIDADE EN ESPAÑA E EN GALICIA

A sismicidade en España está considerada como moderada en relación coa dos países da conca Mediterránea, sendo estes os de maior actividade sísmica dentro do continente Europeo, e destacando entre eles Grecia e Italia.

Galicia, respecto do resto da España peninsular, garda unha relación de semellanza á de España cón continente Europeo, sendo zonas máis perigosas o Sur, Levante, Cataluña e a dos Pirineos.

## 10.1. Relación de sismos

Relación de sismos máis importante que afectaron a España			
Fecha	Localización	Intensidad	Consecuencias
1396	Tabernes (Valencia)	IX	Destrución da Cidade
1428	Olot (Gerona)	IX	“ “ “
1504	Carmona (Sevilla)	VIII	“ de edificios
1518	Vera (Almería)	IX	“ da Cidade
1522	Almería	IX	“ de edificios
1645	Alcoy (Alicante)	IX	“ “ “
1680	Málaga	IX	70 mortos
1748	Enguera (Valencia)	IX	Destrución de edificios
1755	SW Cabo S. Vicente	X	2.000 mortos en España 50.000 “ en Portugal
1804	Dalias (Almería)	VIII	300 mortos
1829	Torreveja (Alicante)	X	Case 400 mortos
1884	Arenas del Rey (Granada)	X	900 mortos

## 10.2. Relación de sismos

Relación de sismos máis sentidos en Galicia no presente século		
Fecha	Localización	Intensidade
1910	Ferrol	VII
1920	Pontevedra	VII
1962	Cantábrico	VI (Viveiro)
1969	SW Cabo S. Vicente	IV - V (Case toda Galicia)
1979	Becerreá	VI
1979	Sarria	VI
1979	Becerreá	VI
1995 (Nov.)	Sarria	VI
1995 (Dec.)	Sarria	VI

## 11. REDE SÍSMICA ESPAÑOLA

A Rede sísmica española evolucionou de maneira considerable na

última década, cunha serie de importantes innovacións que teñen a finalidade de alcanzar un mellor coñecemento da actividade sísmica ó redor da península Ibérica.

Pertence ó Instituto Xeográfico Nacional, quen, á súa vez, colabora con outros centros mundiais. O Centro Nacional de Información Sísmica ten encomendada a información sobre fenómenos sísmicos tanto a Protección Civil como á sociedade a través dos medios de comunicación.

Está configurada por unha serie de estacións con diferentes tipos de instrumentación. A diferente sismicidade en cada zona de España fai que a distribución destas estacións e instrumentación sísmica non sexa regular, concentrándose nas áreas de maior sismicidade.

### 11.1. Estación de Curto Período - Enlace telemétrico

Na actualidade consta de 36 estacións, aínda que se trata de instalar máis para completa-las zonas de escasa cobertura. Estas estacións compoñen a rede fundamental que lle permi-



Distribución das estacións de curto período do IGN con enlace telemétrico, situadas en territorio peninsular.

te ó Instituto Xeográfico Nacional detectar e calcular un terremoto superior a 3.2 de magnitude en calquera parte do territorio español.

En Galicia hai catro destas estacións, que permiten unha detectabilidade de 3.0 de magnitude no peor dos casos, e están situadas: en Santiago, dende 1984; en Vigo (1986); na Rúa (1987); e en Mondoñedo (1988). Envían datos en tempo real (á velocidade da luz) ó Observatorio Xeofísico de Santiago, e ó Instituto Xeográfico Nacional en Madrid, a través da liña telefónica. En Santiago, unha vez procesados os datos, rexístranse graficamente en papel termosensible. O tempo do sistema obtense dun reloxo que recibe os sinais dun satélite de G.P.S.

As catro estacións foron instaladas tendo en conta a Xeoloxía do terreo, o baixo ruído, a proximidade a algún centro telefónico, etc. Cada unha delas consta fundamentalmente dun Sismómetro e un equipo de telemetría que permite o envío da información sismolóxica a través de canles analóxicas (neste caso liñas telefónicas).

Os sismómetros ou sensores son de tipo electromagnético e traducen a velocidade do chan nun sinal eléctrico expresado en Volt, que é directamente proporcional á velocidade relativa entre a masa oscilante, que leva o sensor, e a carcasa deste, que se move conxuntamente co chan, por estar rixidamente apegado a el.

## 11.2. Estacións de banda ancha

---

As estacións de banda ancha permiten un rexistro claro en terremotos que alcanzan unha certa magnitude e que no sistema de curto período producen saturación no rexistro. Permiten facer unha análise máis completa das formas de onda ó amplifica-lo sinal e filtra-lo ruído non sísmico. Ademais, os seus datos son procesados interactivamente no ordenador.

## 11.3. Outros equipos

---

A rede sísmica española dispón ademais na actualidade dun Dispositivo Sísmico con estacións de curto e longo período en Sonseca (Toledo), instalado no seu día polo Centro de Aplicacións Técnicas da Forza Aérea Norteamericana. Así mesmo, nas zonas máis propensas a fortes terremotos, instalouse unha rede de acelerógrafos que complementa os rexistros obtidos polas estacións de curto período e banda ancha. Algúns deles encóntranse conectados por teléfono para a súa interrogación desde o Centro Nacional de Información Sísmica.

## 12. CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN SÍSMICA

---

A información da instrumentación da Rede Sísmica recibida en tempo real no C.N.I.S. do Instituto Xeográfico constitúe o sistema esen-

cial do sistema de alerta ante a ocorrencia de fenómenos sísmicos. En aproximadamente dez minutos, queda localizado o epicentro e magnitude de calquera sismo ocorrido na Península Ibérica ou proximidades e zonas das Canarias. Faise unha estimación do seu alcance e consecuencias, así como a avaliación da probabilidade e xeración de maremoto, caso de ocorrer na área Atlántica, comunicándoo en poucos minutos a Protección Civil, autoridades, centros de comunicación... mediante fax, teléfono en liña dedicada, correo electrónico, etc. Outra das misións específicas é a avaliación de posibles explosións nucleares, indicando a carga equivalente en TNT estoupada, lugar e momento da explosión.

O C.N.I.S., como membro do C.E.S.E.M. (Centro Sismolóxico Europeo Mediterráneo), colabora na determinación rápida de terremotos a nivel mundial, informando ó Consello de Europa e participando na difusión de información mediante conexión automática entre ordenadores.

## A MODO DE CONCLUSIÓN

---

Siguen sendo os terremotos unha preocupación constante para a humanidade que, de imprevisto, vese azotada moitas veces de maneira atroz, sin poder facer nada máis que contemplar desesperada e impotente o desastre.



O interior da terra tamén sigue sendo moi descoñecido, pero cada fenómeno que ocorre nela pode deixar miles de datos rexistrados. Hai que facer os maiores esforzos na análise e investigación que nos permitan aprender destes desastres e poder reducir os riscos en futuros terremotos.

Na predicción veranse logros, pero será máis efectiva a prevención sísmica que leva consigo unhas normas sismo-resistentes adecuadas, para dar resposta ós posibles eventos na zona.

O tamaño dun sismo mídese pola magnitude, ou enerxía que libera, pero o realmente grave para a poboación é o grado de intensidade que mide os efectos. De non ser graves, só aportarán datos e algún que outro susto.

Para Galicia non deixa de ser tranquilizante o feito de que non conste ningún sismo que superara o grado VII na escala de intensidade M.S.K. A historia de eventos pesa moito no risco sísmico dunha zona determinada.

Por último, hai que insistir en que o medo a que poida ocorrer un sismo non conduce a nada. Só é medo, que en sí é malo. Pero, ocorra onde ocorra, temos que ter presente que a serenidade e solidariedade da xente, a efectividade no auxilio, e, a posteriori, as axudas institucionais e internacionais aminorarán ou darán solución ós danos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bolt, Bruce, A. (1981): *Terremotos*, Barcelona, Edit. Reverté. S. A.
- Martinez Solares, J. M., J. Mezcua, E. Carreño e outros, (1991): *Peligrosidad Sísmica en España*, Madrid, Instituto Geográfico Nacional.
- Mezcua, J., J.M. Martinez Solares, J. Rueda, (1995): *Redes Sísmicas Regionales*, I.G.N.
- Tejedor Peciña, J.M., Garcia Rodriguez, Orestes, (1993): *Funciones de Transferencia de las Estaciones de la Red Sísmica Nacional*, I.G.N.
- Udias, A., J. Mezcua, (1986): *Fundamentos de Geofísica*, Madrid, Edit. Alhambra, S.A.
- Udias, A., Muñoz, D., Buforn, E. (1985): *Mecanismos de los Terremotos*, Edit. da Universidade Complutense de Madrid
- Udias, A. e outros, (1987): *LA TIERRA. Estructura y Dinámica*, Barcelona, Editorial Prensa Científica. S.A.
- Tomo de GEOFISICA, do *Atlas Nacional de España*, Instituto Geográfico Nacional, (1992).