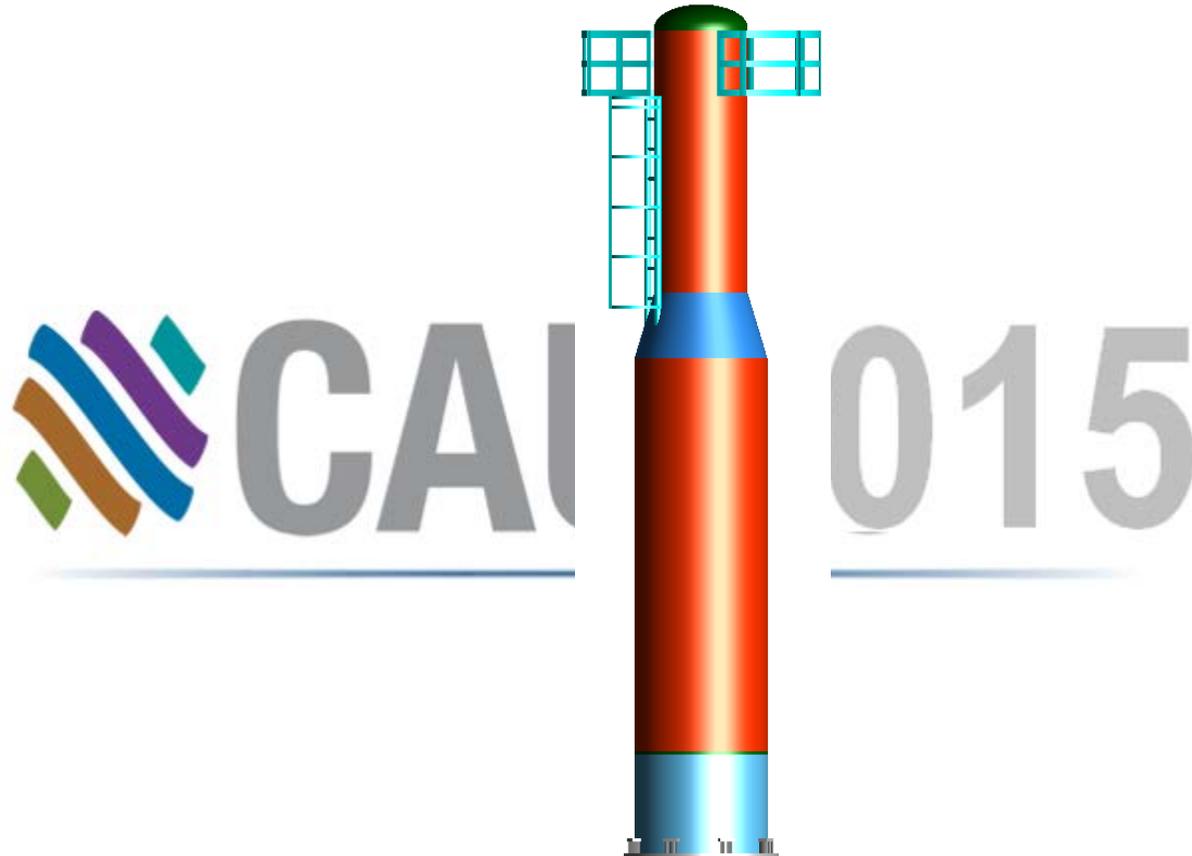




No podemos aplicar un verdadero procedimiento de vibración para recipientes horizontales

## Vibración de Torres a partir de eventos sísmicos





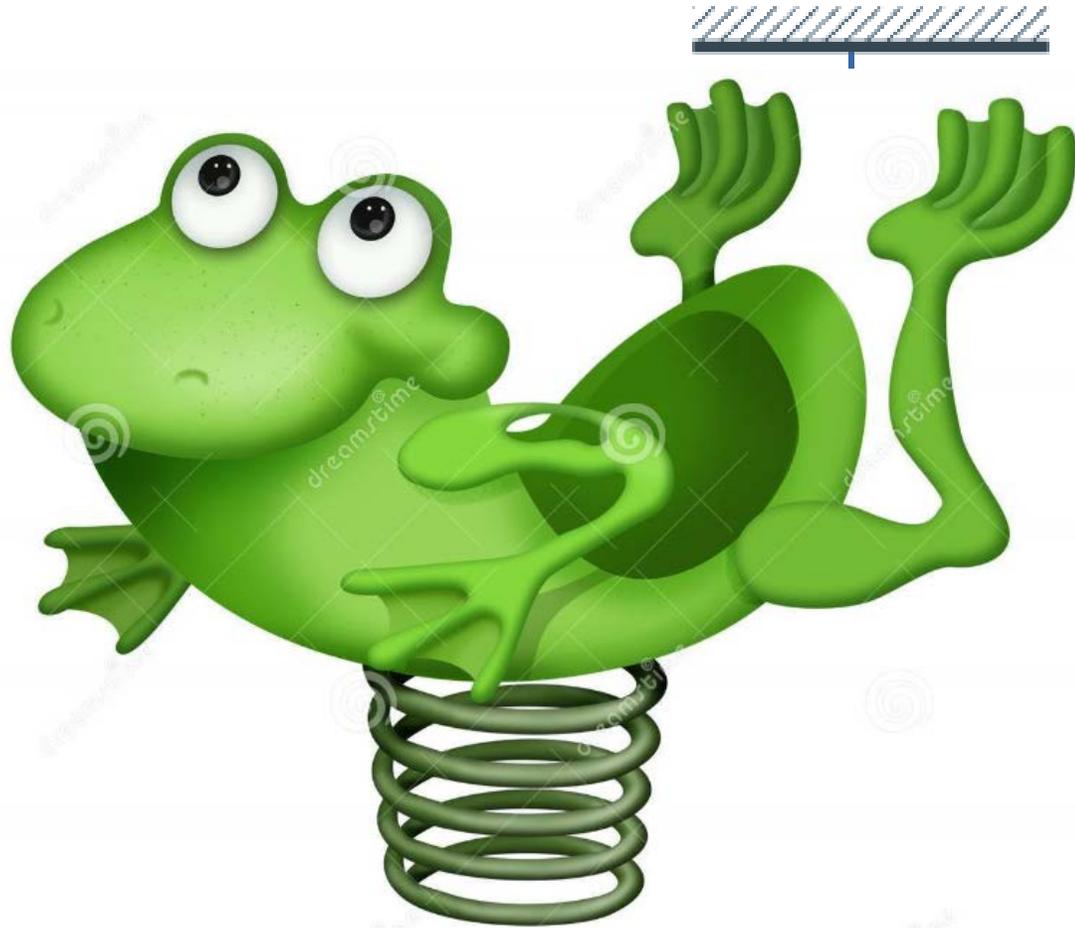
**No podemos** aplicar un verdadero procedimiento de vibración para recipientes horizontales



Debido a la coincidencia elástica de los soportes tipo silletas



Veamos los **principios** y los componentes del sistema



Bueno, casi , esto es lo que realmente quiero decir

Una masa que vibra en un resorte

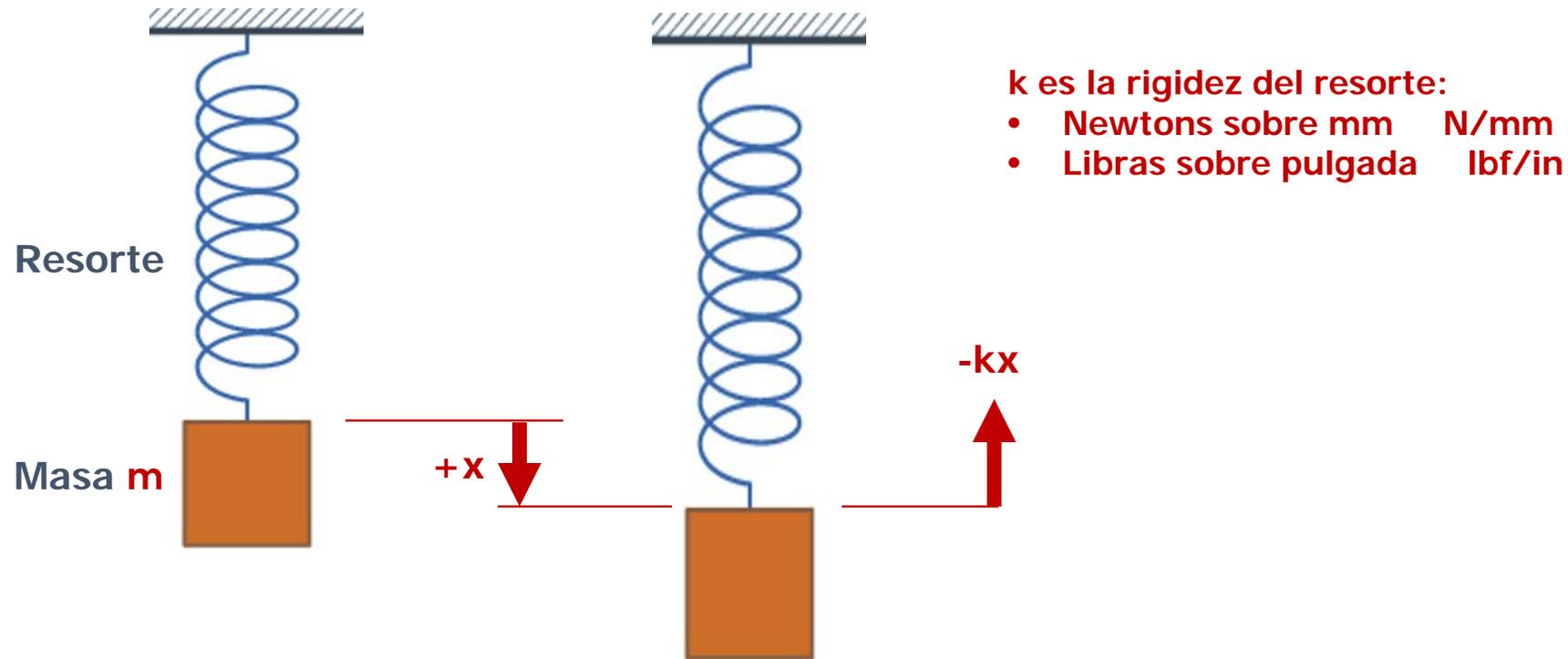


Veamos los **principios** y los componentes del sistema

Ahora tire de la masa a la nueva posición, el resorte ejerce una **fuerza hacia arriba** sobre la masa  
Ahora tenemos los componentes del sistema, **Fuerza, Masa** - pero ¿qué más?  
Esta **fuerza** es una función de la rigidez del resorte **k** y la distancia tirada **x**

**x** es la distancia que la masa tira hacia abajo, cuenta la convención de signos

La fuerza ascendente es proporcional a la desviación hacia abajo **x**





Veamos los **principios** y los componentes del sistema

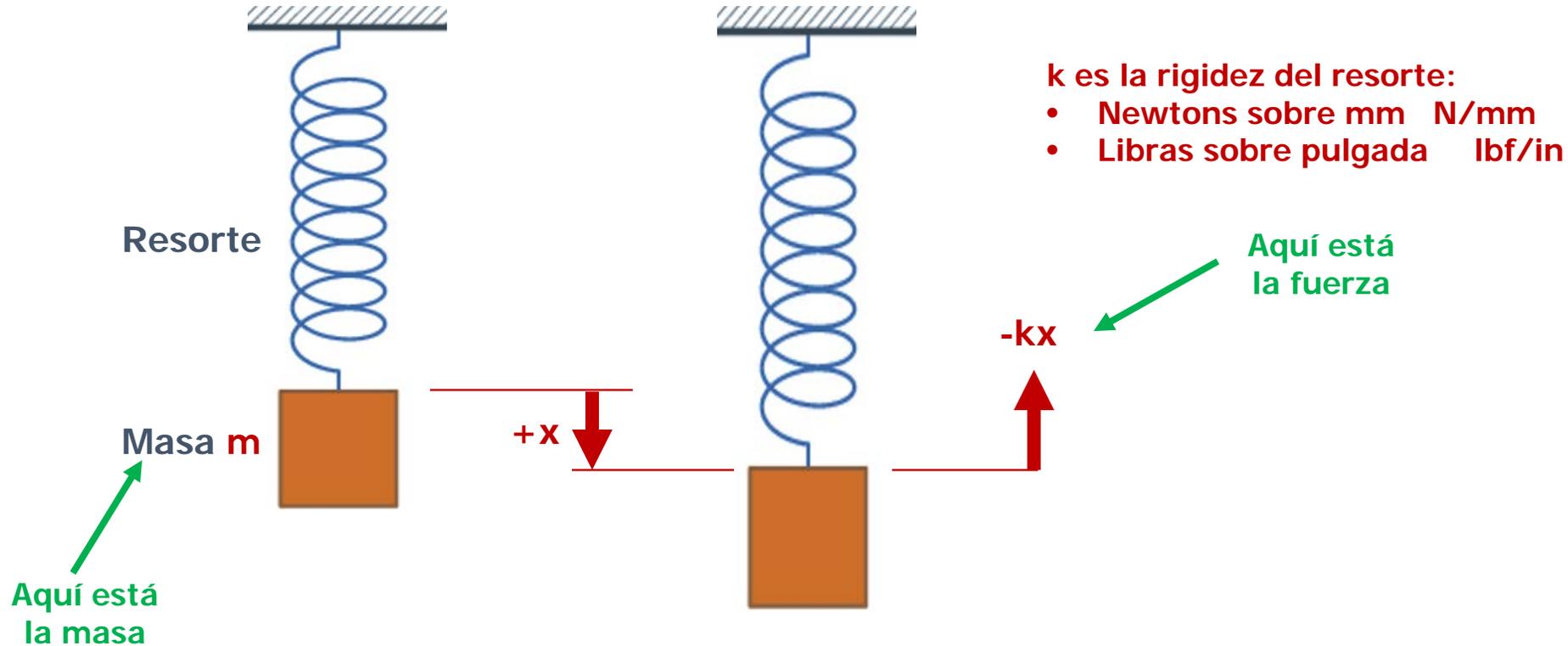
Partiendo de la ecuación :  $f = m \times a$ , Lo tenemos!

Ahora tenemos los componentes del sistema, **Fuerza, Masa** - pero ¿qué más?

Si se ejerce una **fuerza** sobre una **masa**, la consecuencia es la **aceleración**

La aceleración es el último componente de la ecuación , ¿Dónde vemos **f**, **m** y **a** enlazadas?

**Respuesta:** En la segunda ley de Newton, de movimiento ,  $f = m \times a$





Veamos los **principios** y los componentes del sistema

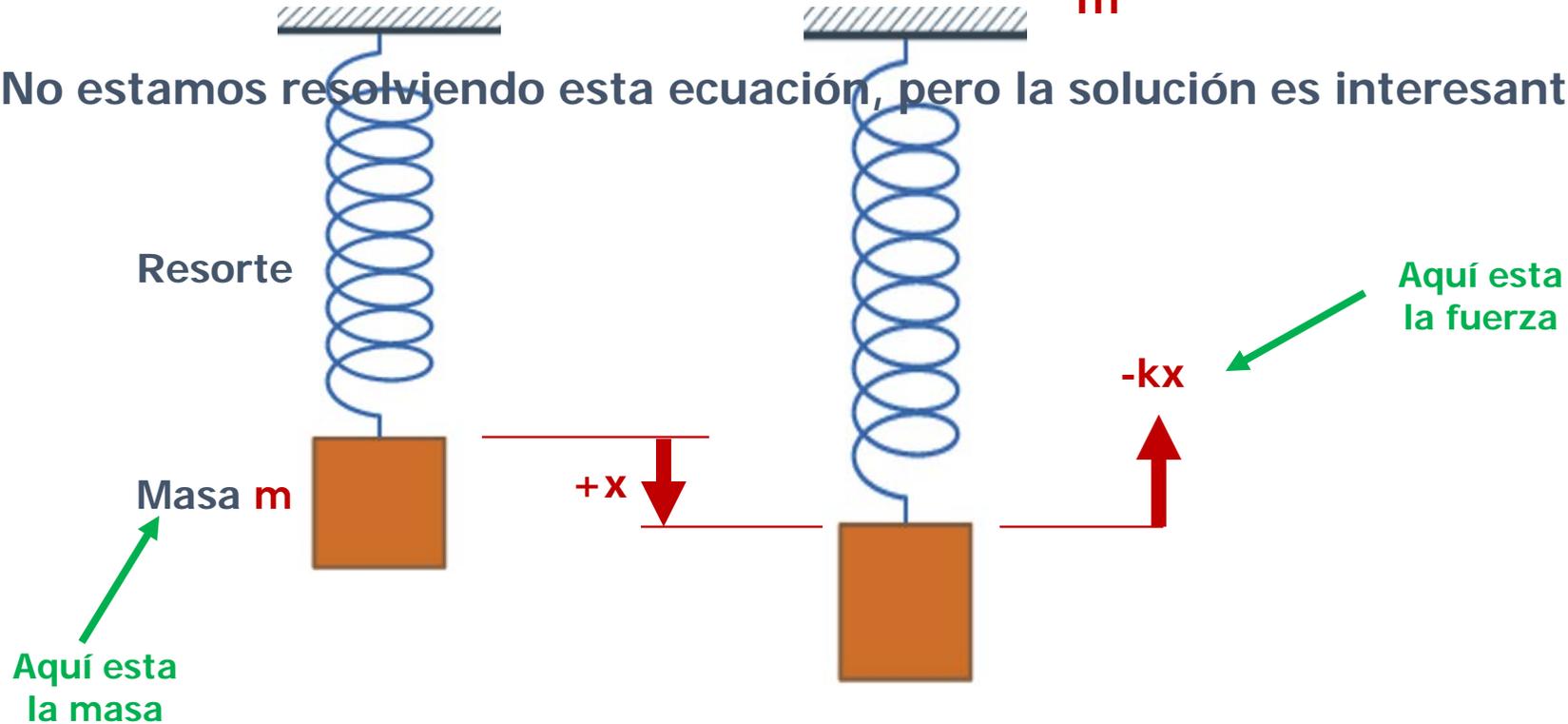
Partiendo de la ecuación :  $f = m \times a$ , Lo tenemos!

$-kx = m \times a$   $k$  es la rigidez del resorte, N/mm o lb/ft

Re-organizamos:  $m \cdot a + kx = 0$

Obtenemos una ecuación diferencial :  $\ddot{x} + \frac{k \cdot x}{m} = 0$  Donde  $\ddot{x} = \frac{d^2x}{dt^2}$

No estamos resolviendo esta ecuación, pero la solución es interesante





Veamos los **principios** y los componentes del sistema  
 Examinemos estas dos ecuaciones de nuevo (no te preocupes por el factor  $\omega$ )  
 Partiendo de la ecuación :  **$f = m \times a$** , Lo tenemos!

$$- kx = m \times a \quad k \text{ es la rigidez del resorte, N/mm o lb/ft}$$

Re-organizamos:  $m \cdot a + kx = 0$

Obtenemos una ecuación diferencial :  $\ddot{x} + \frac{k \cdot x}{m} = 0$

No estamos resolviendo esta ecuación, pero la solución es interesante , Donde **T** es el período de vibración

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

La ecuación anterior tiene una **onda senoidal** como una solución  **$x = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$**

**t** segundos



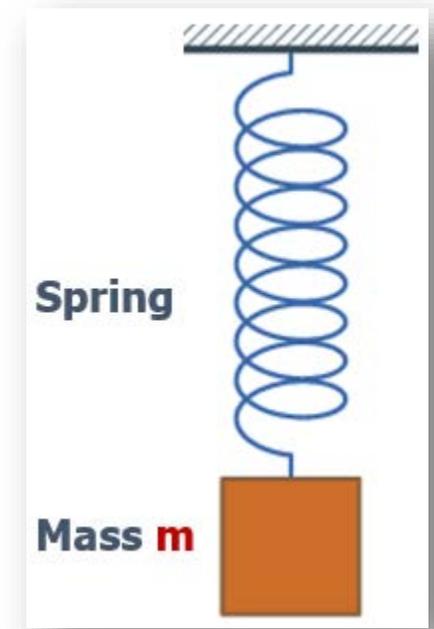
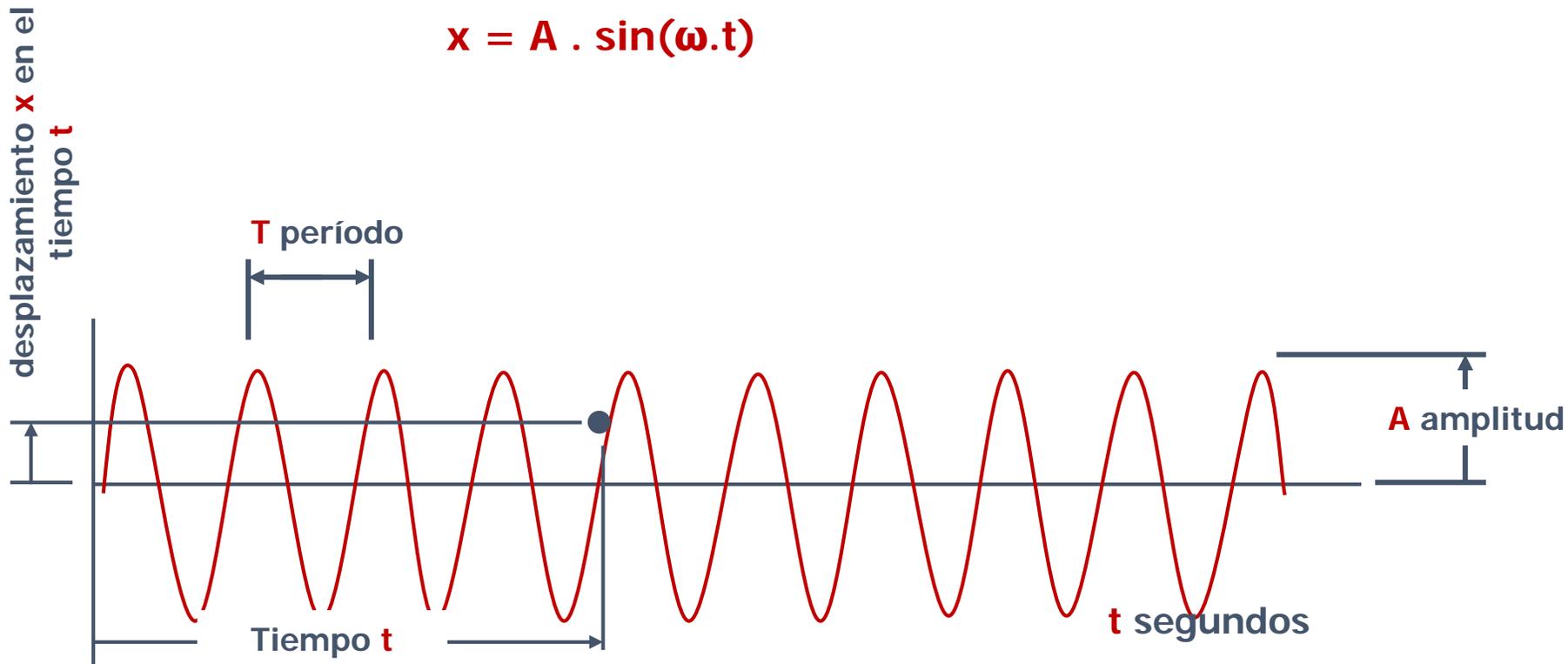
Veamos los **principios** y los componentes del sistema  
 Examinemos estas dos ecuaciones de nuevo (no te preocupes por el factor  $\omega$ )  
 ¿Cómo podemos aplicar estos principios a una torre alta?

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Cuanto más grande sea la masa, más largo es el período

Cuanto más fuerte sea la rigidez del resorte, más corto es el período

$$x = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$





Veamos los **principios** y los componentes del sistema

¿Cómo podemos aplicar estos principios a una torre alta?

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Cuanto más grande sea la masa, más largo es el período

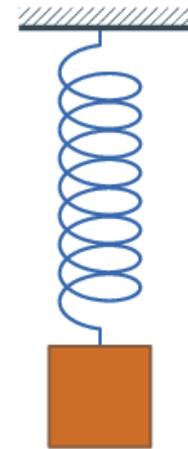
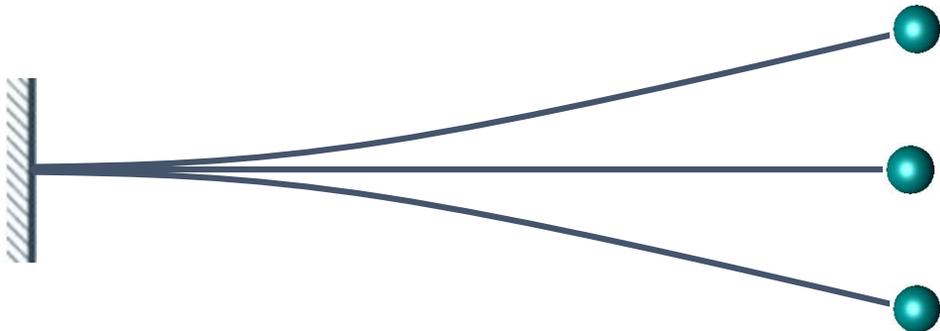
Cuanto más fuerte sea la rigidez del resorte, más corto es el período

Todavía se aplican estos principios



Considere un voladizo ligero horizontal con una masa en el extremo

Se puede **vibrar** de la misma forma que la masa lo haría en el resorte, podemos calcular fácilmente **T**





Veamos los **principios** y los componentes del sistema

¿Cómo podemos aplicar estos principios a una torre alta?

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Cuanto más grande sea la masa, más largo es el período

Cuanto más fuerte sea la rigidez del resorte, más corto es el período

Todavía se aplican estos principios

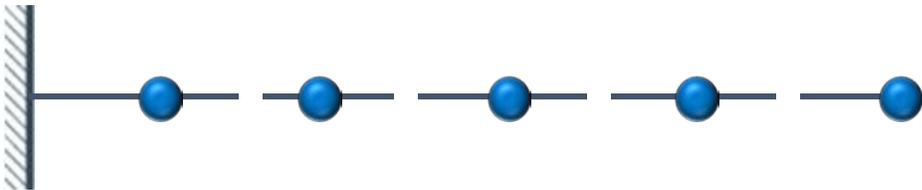
Ahora veremos la Torre que podríamos haber diseñado

Considere un voladizo ligero horizontal con una masa en el extremo

Se puede **vibrar** de la misma forma que la masa lo haría en el resorte, podemos calcular fácilmente **T**

Las cosas se ponen difíciles cuando diferentes masas se distribuyen a lo largo del voladizo

El cálculo del periodo **T** se **complica**, tenemos que considerar cada segmento por separado





Veamos los **principios** y los componentes del sistema  
 Vamos a ver lo que sucede cuando hay un **sólo impulso** en un evento sísmico  
 ¿Cómo podemos aplicar estos principios a una torre alta?

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Cuanto más grande sea la masa, más largo es el período

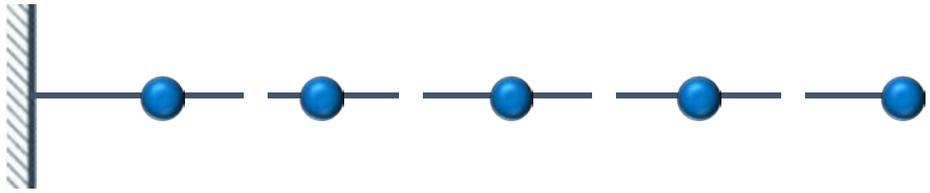
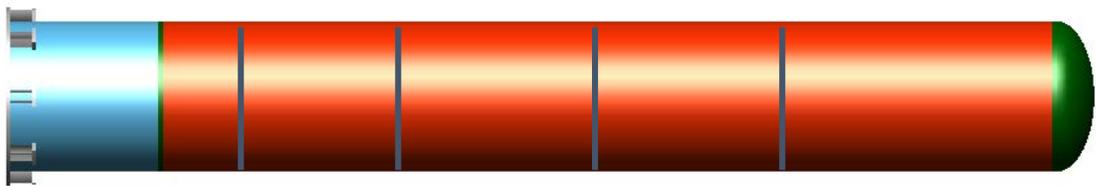
Cuanto más fuerte sea la rigidez del resorte, más corto es el período

Todavía se aplican estos principios

Ahora veremos la Torre que podríamos haber diseñado

Cada sección del cuerpo tiene su propia **masa** y propiedades de **rigidez (k)**

Recuerde, esto se aplica a cada sección del recipiente

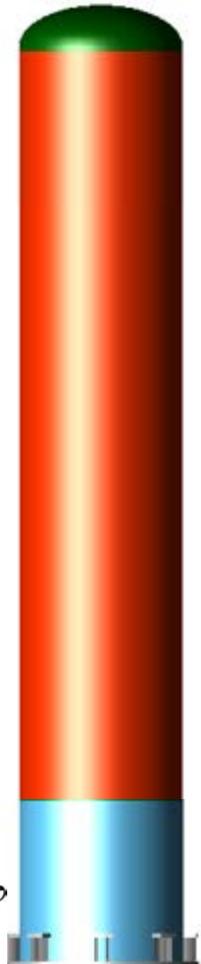




Consideramos - por simplicidad - a **dos elementos** inferiores del recipiente  
Vamos a ver lo que sucede cuando hay un **sólo impulso** en un evento sísmico

La base acelera la parte inferior del recipiente - quizás a la derecha

Las secciones superiores quieren **quedarse atrás** como ésta



Sin embargo, esto no es posible

Tenga cuidado, esto sólo se aplica a la **fuerza de impulso**,  
vamos a discutir que es lo que hace un terremoto para que  
se produzca un temblor en la tierra

Por lo tanto, vamos a examinar las **fuerzas** que actúan



10/19/2015



Aceleración (desplazamiento) ...

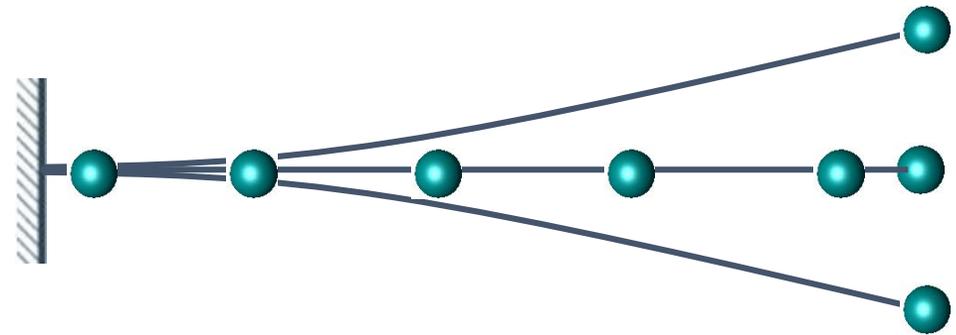
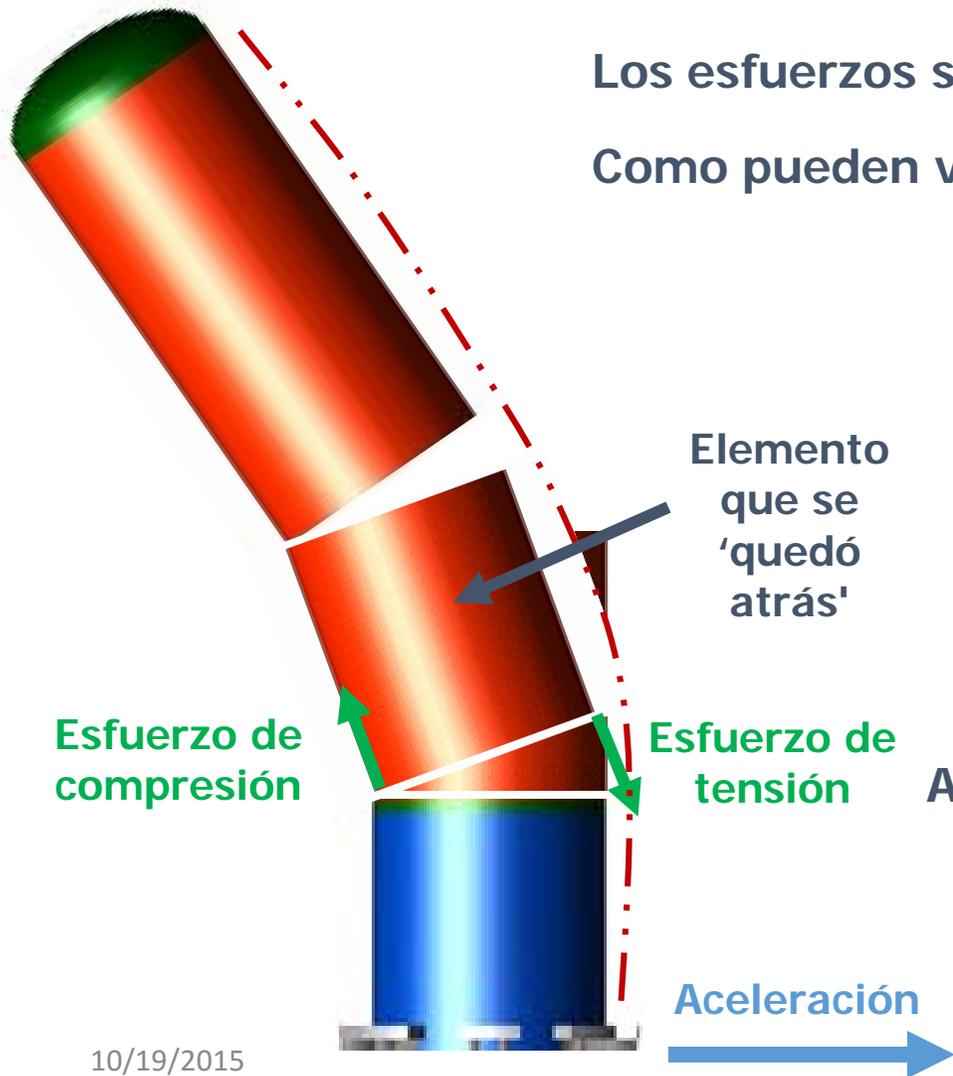


Consideramos - por simplicidad - a **dos elementos** inferiores del recipiente  
 ¿De qué manera **vibra** la torre primero?

Como se acelera a la derecha, los **esfuerzos de flexión** son inducidos en el cilindro

Los esfuerzos se incrementaron aún más por los elementos anteriores

Como pueden ver tenemos un voladizo vibrante



Ahora se puede visualizar la **flexión** en la torre

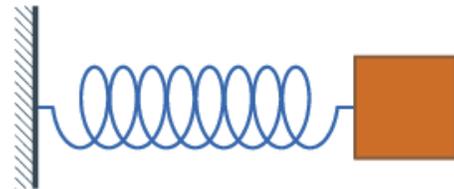
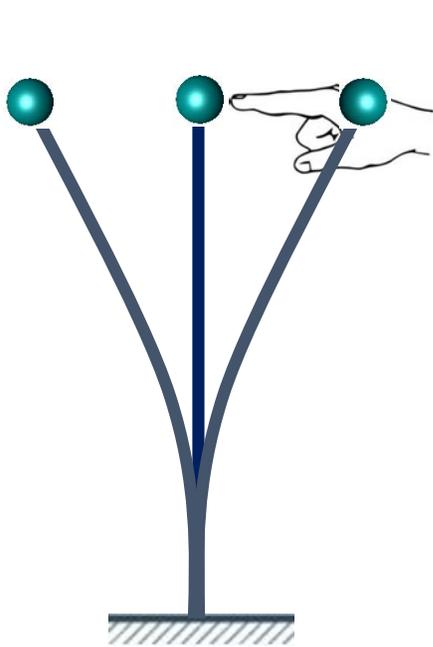


¿De qué manera **vibra** la torre primero? Se requiere un aporte de energía

Se necesita el impulso inicial - esto es importante, la torre ahora puede vibrar libremente

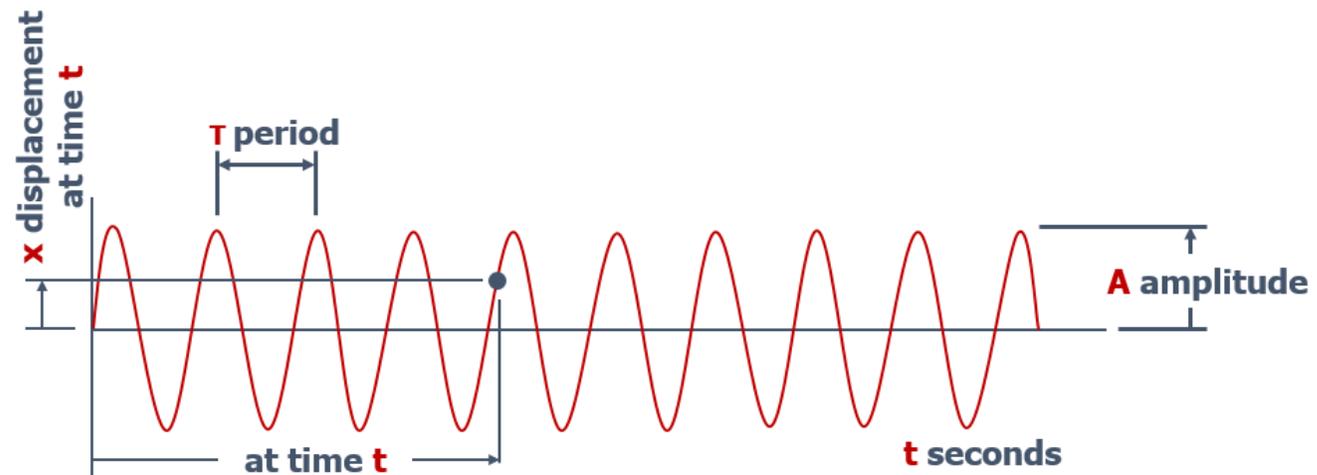
Al igual que una masa en un resorte, que es movimiento **senoidal** - para el impulso de **una vez**

Con los temblores de la tierra en un terremoto, las cosas son mucho más complicadas



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$x = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

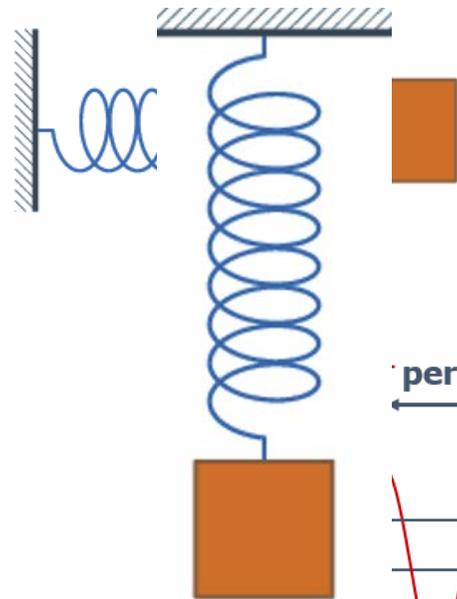




La respuesta la **amortiguación**, en la misma forma que un niño oscilando se detiene

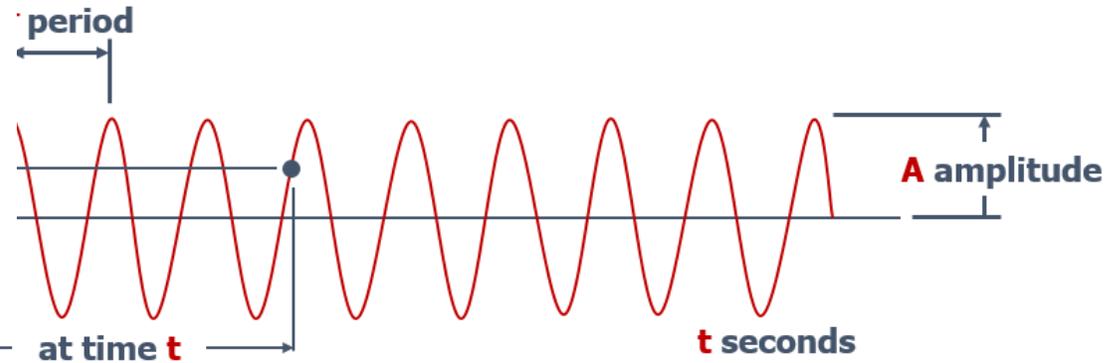
La ecuación original era la siguiente:  $\ddot{x} + \frac{k \cdot x}{m} = 0$ , veamos el principio de **amortiguación**

Añadimos el amortiguador en el sistema como éste



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$x = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$



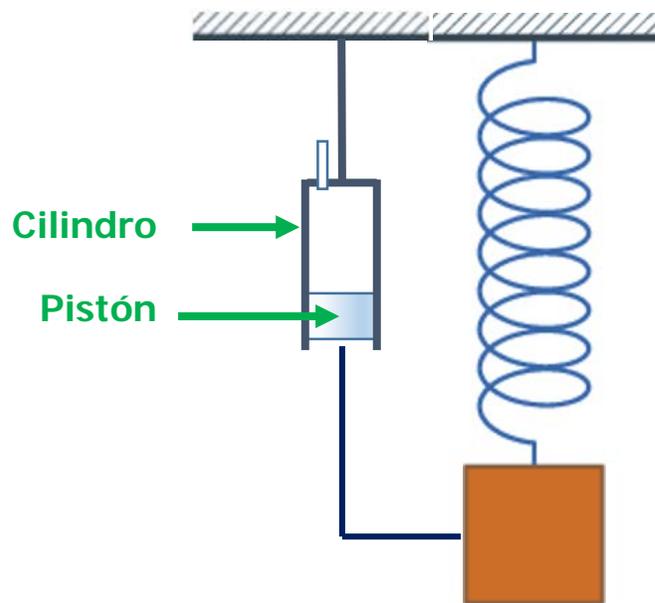


La respuesta la **amortiguación** , en la misma forma que un niño oscilando se detiene

La ecuación original era la siguiente:  $\ddot{x} + \frac{k \cdot x}{m} = 0$  , veamos el principio de **amortiguación**

El pistón es resistido por el **fluido** en el cilindro, que sale a través de una pequeña válvula

El factor de amortiguamiento **c** provoca una fuerza de resistencia que es proporcional a la **velocidad** de vibración





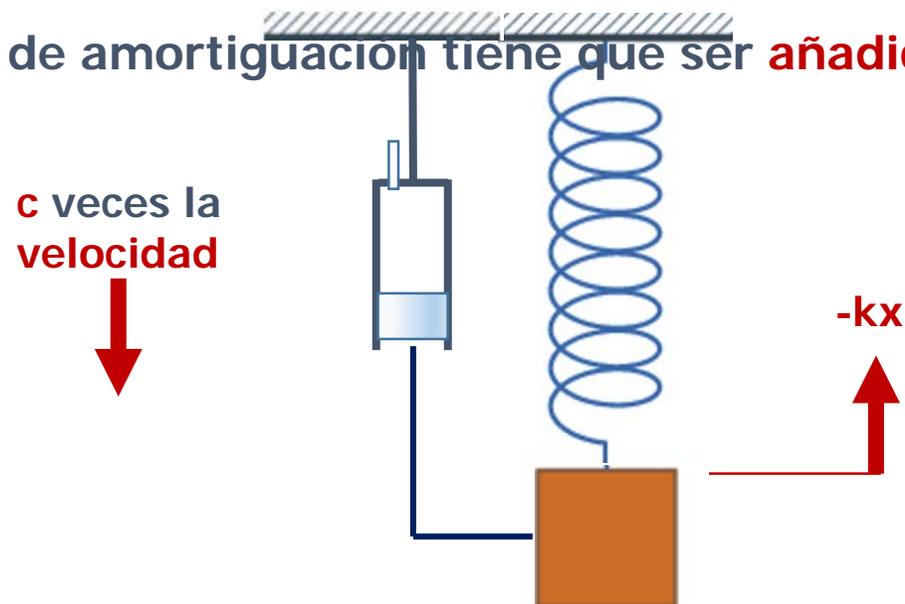
La respuesta la **amortiguación**, en la misma forma que un niño oscilando se detiene

La ecuación original era la siguiente:  $\ddot{x} + \frac{k \cdot x}{m} = 0$ , veamos el principio de **amortiguación**

El pistón es resistido por el **fluido** en el cilindro, que sale a través de una pequeña válvula

El factor de amortiguamiento **c** provoca una fuerza de resistencia que es proporcional a la **velocidad** de vibración

El factor de amortiguación tiene que ser **añadido** a la ecuación de movimiento



Aquí está la fuerza de amortiguación que resiste el movimiento del pistón

Esa vibración continuará, sin embargo, se detiene después de un tiempo **¿Por qué?**



El factor de amortiguación **modifica** la onda sinusoidal como esta

La respuesta la **amortiguación**, en la misma forma que un niño oscilando se detiene

La ecuación original era la siguiente:  $\ddot{x} + \frac{k \cdot x}{m} = 0$ , veamos el principio de **amortiguación**

El pistón es resistido por el **fluido** en el cilindro que sale a través de una pequeña válvula

El factor de amortiguamiento **c** provoca una fuerza de resistencia que es proporcional a la **velocidad** de vibración

El factor de amortiguación tiene que ser **añadido** a la ecuación de movimiento

$$\ddot{x} + \frac{c \dot{x} + kx}{m} = 0 \quad \dot{x} \text{ es la velocidad del pistón}$$

El factor de amortiguación **c** tiene las unidades **N . s / m** ó **Fuerza / Velocidad**



El factor de amortiguación **modifica** la onda senoidal como ésta

La amortiguación es una ecuación exponencial

$$x(t) = A \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot e^{-\beta \cdot t}$$

El factor  **$\beta$**  está relacionado con el grado de amortiguación , observa los diferentes factores de amortiguación



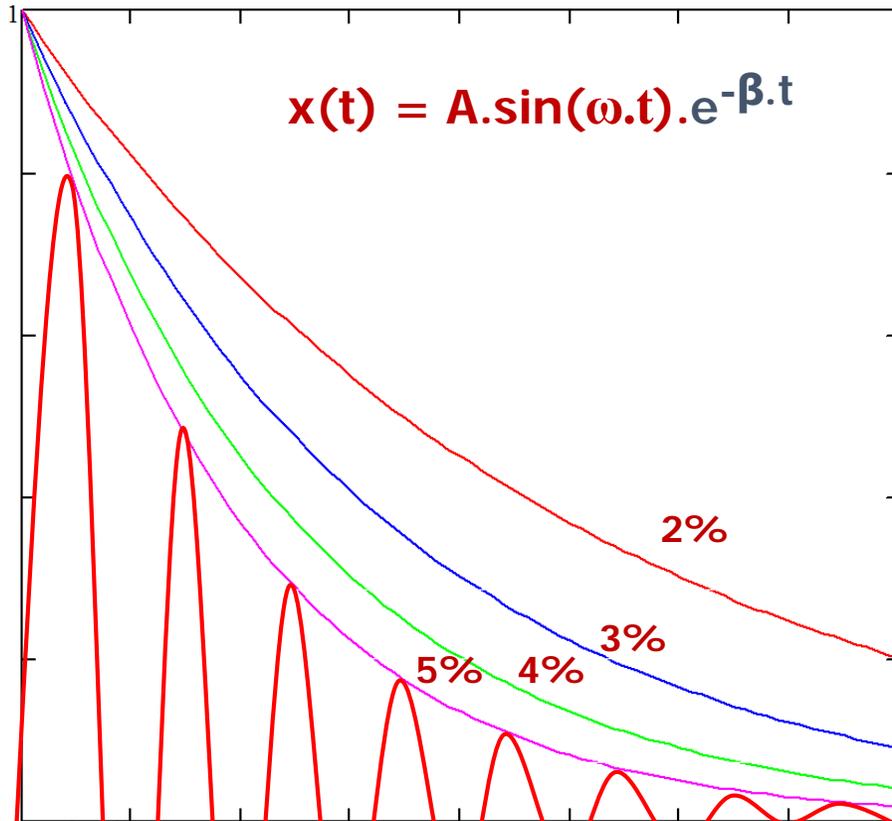


El factor de amortiguación **modifica** la onda sinusoidal como ésta

La amortiguación es una ecuación exponencial

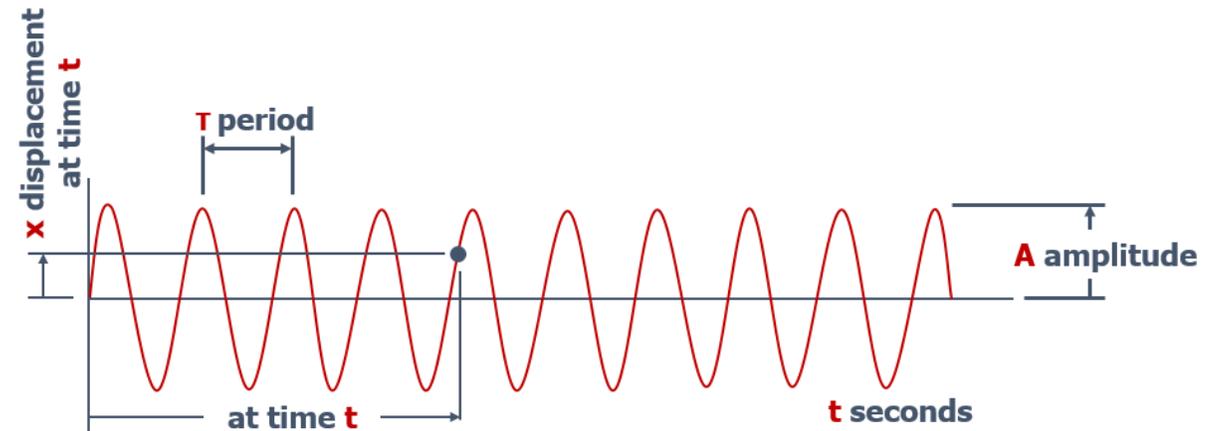
$$x(t) = A \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot e^{-\beta \cdot t}$$

El factor  **$\beta$**  está relacionado con el grado de amortiguación, observa los diferentes factores de amortiguación



Cuanto mayor sea el factor de amortiguación, más rápido terminan las vibraciones

Si  **$\beta$**  es cero, las vibraciones continúan siempre!



El factor de amortiguación es **muy importante** en el análisis sísmico, depende principalmente de la roca

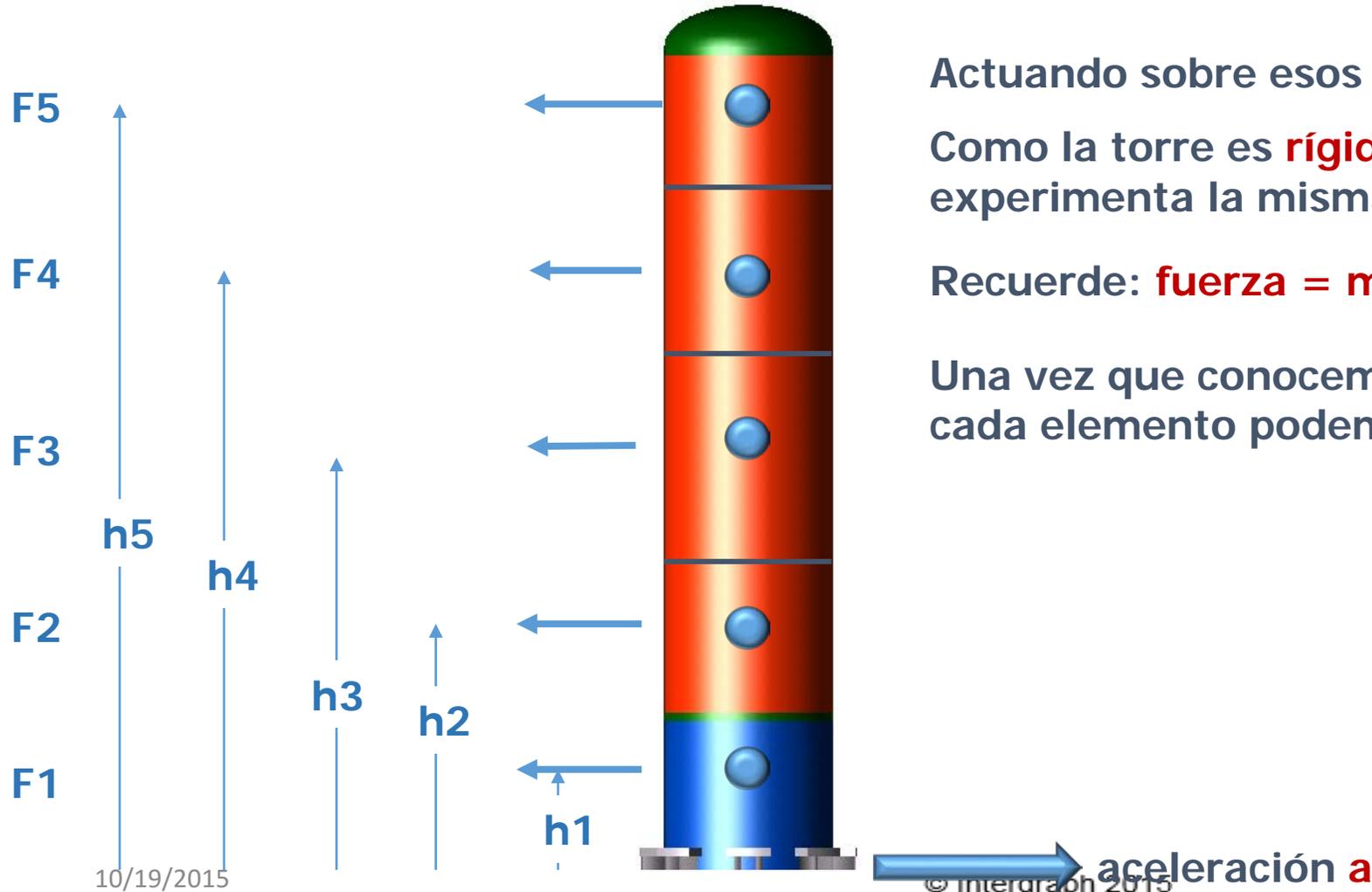
Consideremos un caso sencillo , donde la torre es **rígida** y no se dobla



Así, hay fuerzas que están actuando sobre cada elemento

Por razones de simplicidad, cada parte del cilindro experimenta la misma aceleración **a**

Aquí están los **centros de gravedad** de cada sección , las **fuerzas de inercia** actúan en el CG, como éste



Actuando sobre esos **brazos de palanca**

Como la torre es **rígida**, cada elemento experimenta la misma aceleración **a**

Recuerde: **fuerza = masa x aceleración**

Una vez que conocemos la **aceleración** y la **masa** de cada elemento podemos calcular las fuerzas

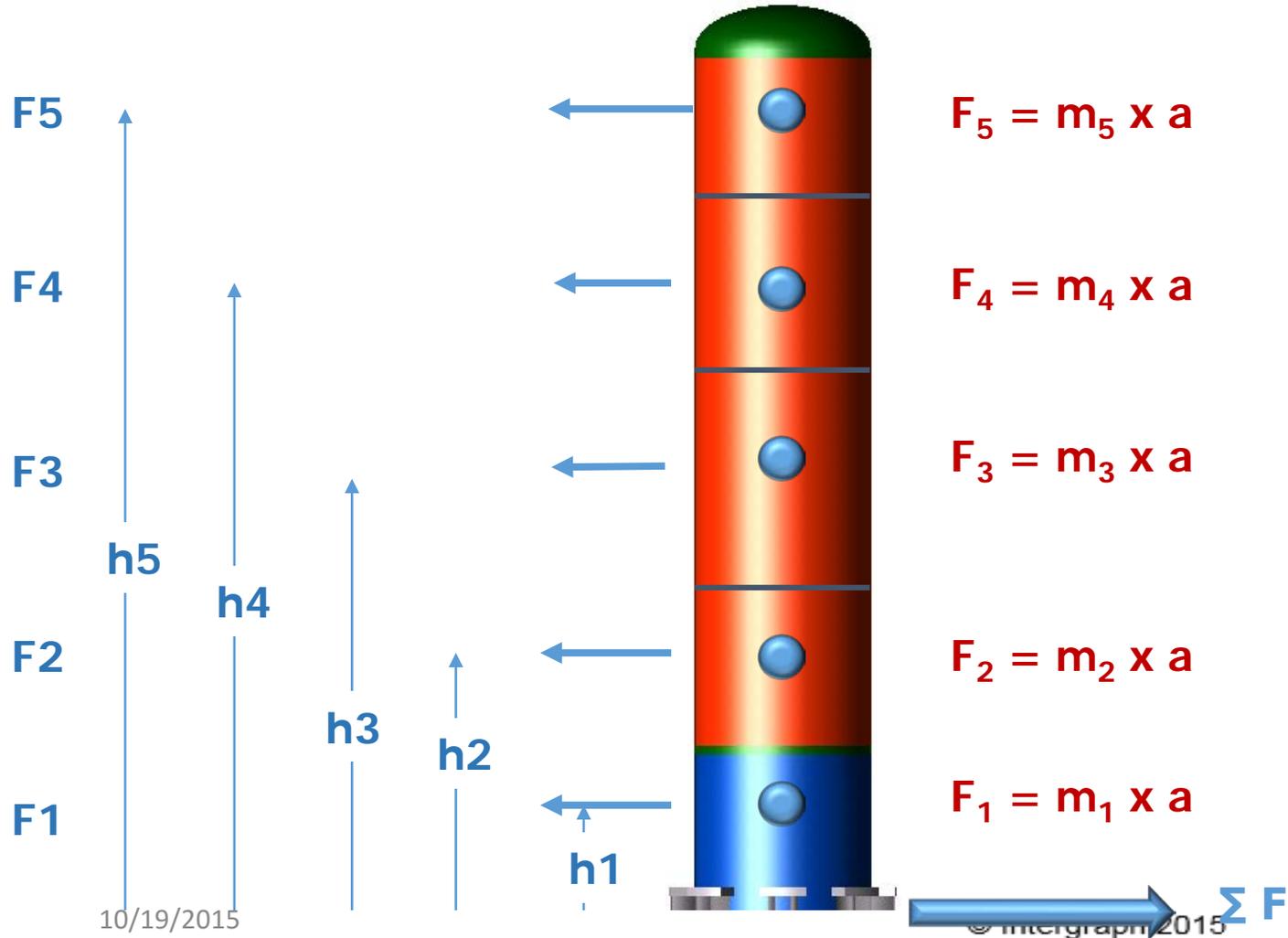


Considere el momento de flexión de la sección **X-X**

Así, Hay fuerzas que están actuando sobre cada elemento

La fuerza cortante en la base es, obviamente,  $\Sigma F$  - la sumatoria de las fuerzas

Hay momentos de flexión sobre cada sección de la torre



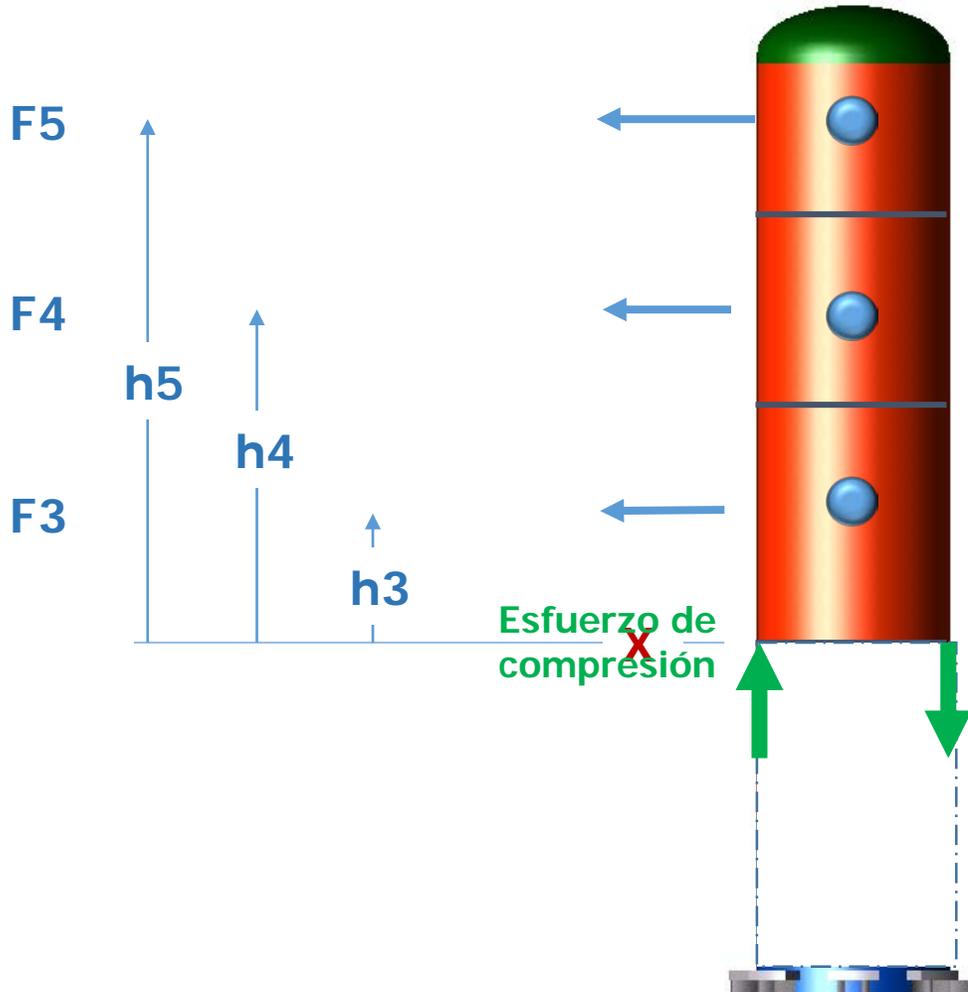


Considere el momento de flexión de la sección **X-X** Aquí hay **brazos de palanca**

Hasta ahora nos hemos ocupado de un simple **impulso** a la vez

El momento total sobre **X-X** es:  $M = F_3 \cdot h_3 + F_4 \cdot h_4 + F_5 \cdot h_5$  ó  $\Sigma F \cdot h$

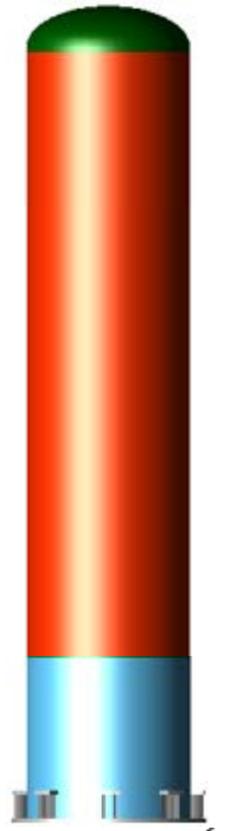
El momento de flexión **M** eleva las **tensiones internas** en la torre



Después aceptamos las **tensiones internas**

Este es el caso de una torre **rígida** donde la aceleración **a** es **la misma** para cada elemento

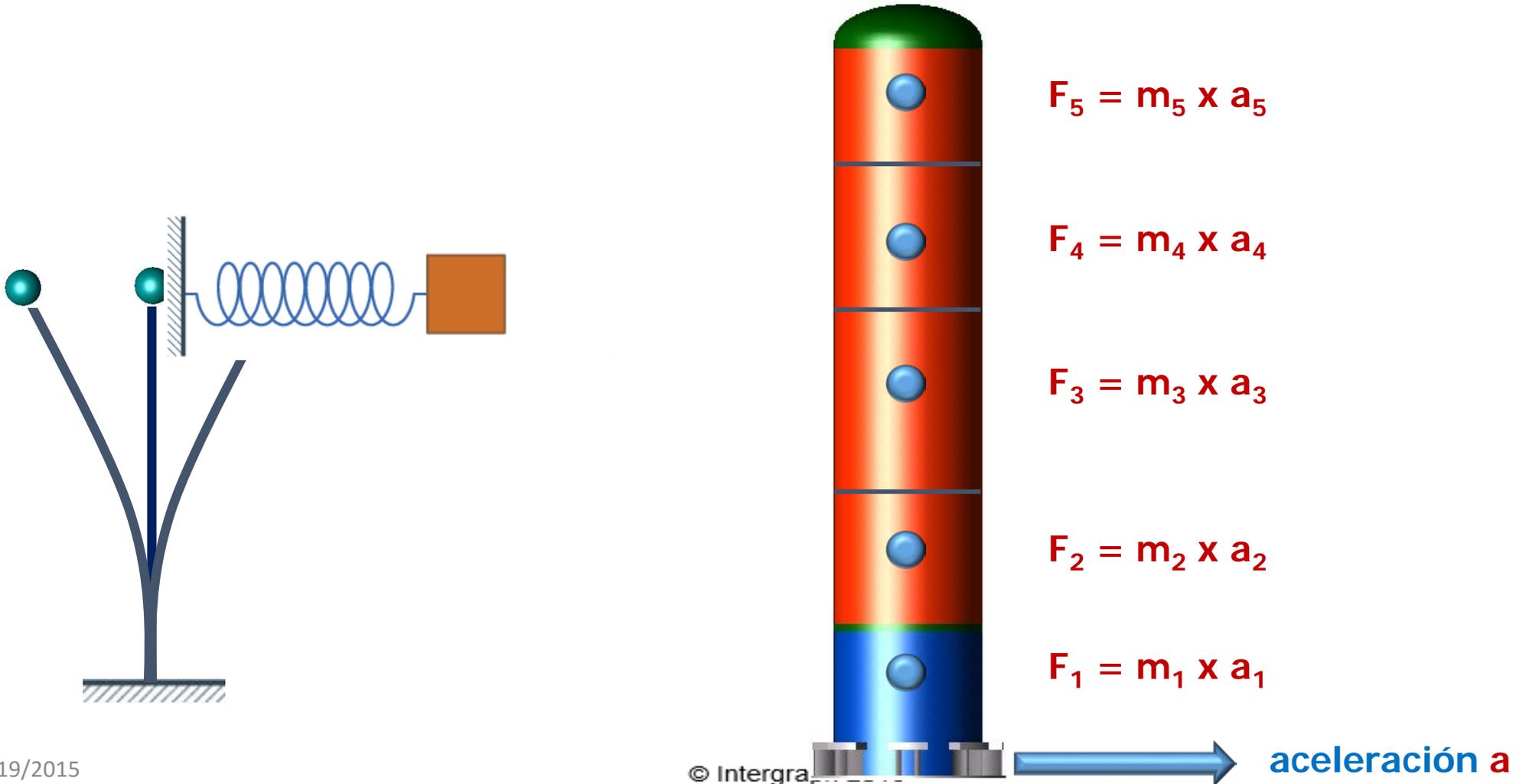
Eso no puede suceder en la vida real



Las cosas no son tan simples - considerar en primer lugar la **causa** del terremoto

Hasta ahora nos hemos ocupado de un simple **impulso** a la vez, y una torre **rígida** con **una** aceleración

En un verdadero terremoto, las aceleraciones son diferentes - a causa de la agitación



Las cosas no son tan simples - considerar en primer lugar la **causa** del terremoto



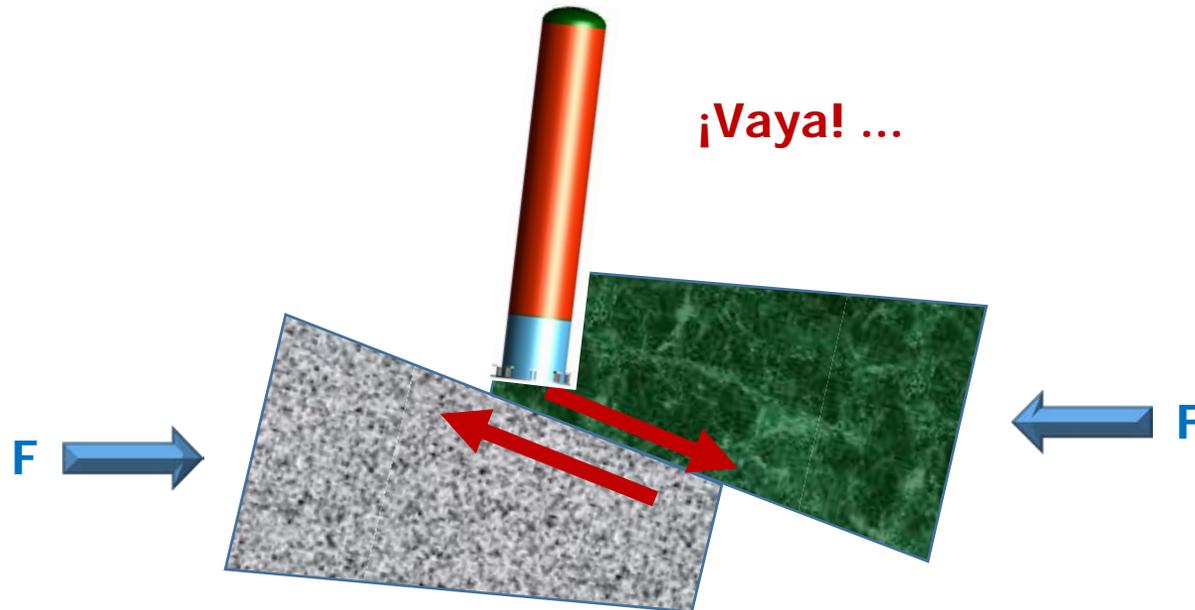
La energía necesita tiempo para disiparse , haciendo que la tierra tiemble por un tiempo

Tenga en cuenta estas dos placas de roca en algún lugar bajo la superficie de la tierra

Debido a las fuerzas en las placas, se acumulan en la roca causando **grandes esfuerzos cortantes**

Las rocas no se mueven - pero se crea una **enorme energía de tensión** entre las placas

Cuando se ha creado la energía suficiente, las placas **liberan la energía repentina y violentamente**



Debido a que las rocas y el suelo tienen propiedades elásticas - la tierra tiembla

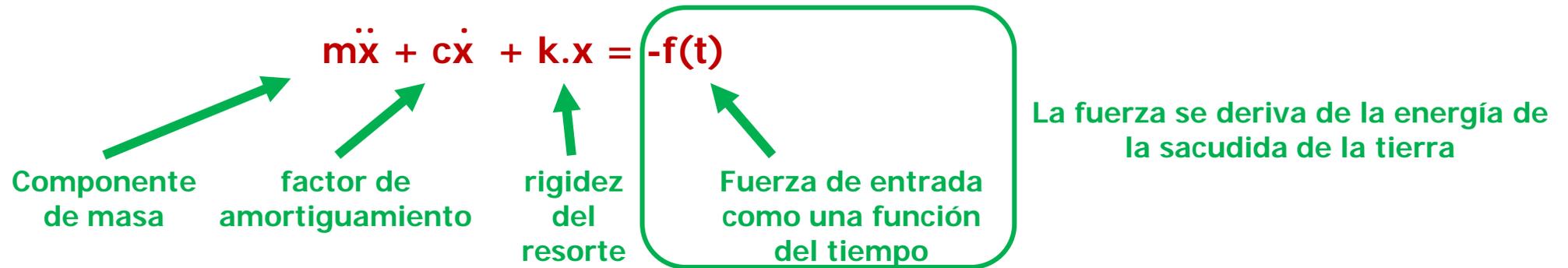
El suelo **vibra** horizontalmente y verticalmente, causando **aceleraciones** de un lado a otro



La energía necesita tiempo para disiparse, haciendo que la tierra tiemble por un tiempo

En lugar de que la energía entre a partir de un sólo impulso, hay energía durante un período de tiempo

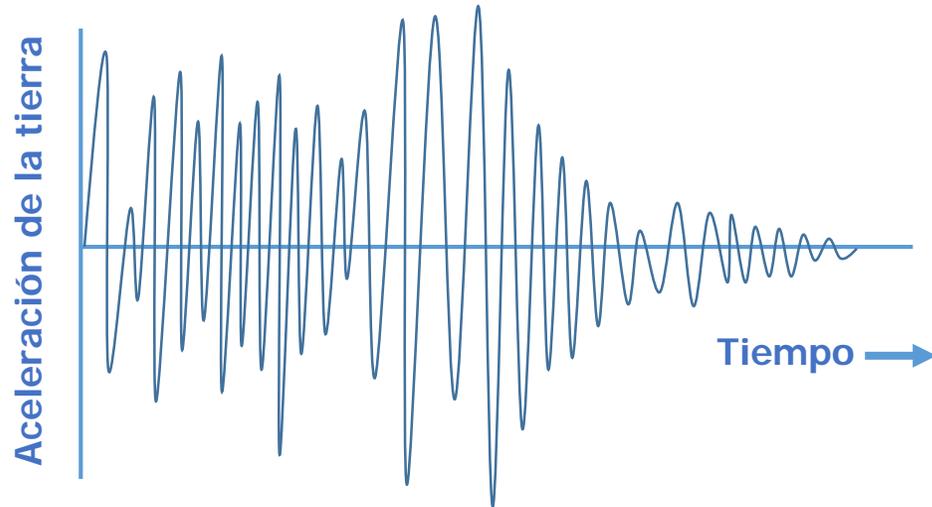
Tenemos que **modificar** la ecuación básica de la vibración como ésta



Sin embargo, la energía que se forma cuando la tierra tiembla es muy complicada, haciendo **f(t) extremadamente difícil** (quizá es imposible) de los cuales hay que hacer un análisis

Ese es el problema, este es un gráfico de un evento sísmico mostrando temblores de la tierra:

Considere por un momento el desplazamiento de la tierra (**x** en nuestra ecuación)



La ecuación de esta gráfica es **complicada** para derivar (series de Fourier tal vez)

Tenemos que encontrar **otra ruta** para analizar una torre sujeta a cargas sísmicas

El método debe ser simple y fácil de aplicar

Vamos a hacer una consideración por un momento



Consideremos ahora la aceleración máxima: se produce cuando  $\sin(\omega.t) = 1 = \sin(\pi/2)$   
Considere por un momento el desplazamiento de la tierra ( $x$  en nuestra ecuación)  
Observando de nuevo la ecuación simplificada de vibración:

$$x(t) = A.\sin(\omega.t)$$

Si derivamos la ecuación, obtenemos la velocidad  $v$  de la oscilación en el tiempo  $t$

$$v(t) = \omega.A.\cos(\omega.t)$$

Si derivamos la ecuación de nuevo obtenemos la aceleración  $a$  de la oscilación en el tiempo  $t$ :

$$a(t) = -\omega^2.A.\sin(\omega.t)$$

En cuanto a las ecuaciones podemos ver que  $a(t) = -\omega^2.x(t)$ , o simplemente  $a = -\omega^2.x$

$a$  es máximo cuando  $\sin(\omega.t) = 1$ , o cuando  $a = -\omega^2.A$

[Ejemplo del Péndulo](#)

Vamos a simular un evento sísmico usando una **Mesa Vibradora**, como se muestra

Consideremos ahora la aceleración máxima: se produce cuando  $\sin(\omega.t) = 1 = \sin(\pi/2)$

La aceleración máxima se produce cuando  $t = \pi/(2.\omega)$

Podemos formar dos ecuaciones diferentes basadas en el hecho de que  $a(t) = -\omega^2.x(t)$

$$m.\ddot{x} + k.x = F(t)$$

$$m.(-\omega^2.x) + k.x = F(t) \quad \text{Ahora tenemos una ecuación sólo en } x$$

Para simplificar asumamos que los máximos **a** y **x** se producen cuando  $F(t) = 0$

$$x.(-\omega^2.m + k) = 0, \text{ o cuando } k - \omega^2.m = 0$$

Por lo tanto, la vibración ( $\omega$ ) está relacionada con la rigidez (**k**) de la torre

O por decirlo de otra manera, el periodo **T** de la vibración está relacionado con la rigidez **k** y  $\omega$

Por lo tanto, la rigidez (**k**) y la combinación ( $\omega^2.m$ ) determinarán el período natural de vibración (**T**)

Usted puede olvidarse de todo lo demás, simplemente entenderá la relación entre  $\omega^2.m$  & **T**



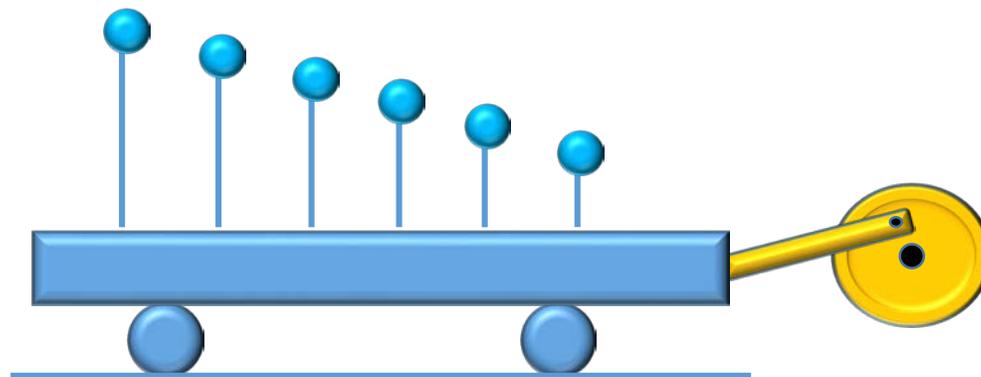
Instale una manivela para sacudir la mesa de ida y vuelta ,ya podemos variar la frecuencia de vibración

Configurar varias estructuras con diferente  $\omega^2.m$  y características  $k$ , por tanto, diferentes períodos  $T$

Cada piruleta vibra una vez que la mesa alcanza **su** frecuencia natural de vibración

Así, el periodo de vibración  $T$  está asociado con una cierta frecuencia o **desplazamiento máximo**

Tal vez la tercera piruleta desde la izquierda vibre cuando la mesa alcance su frecuencia natural





Vamos a simular un evento sísmico usando una **Mesa Vibradora**, como se muestra

Éste es el gráfico que podemos obtener para el período **T** vs el máximo desplazamiento **x**

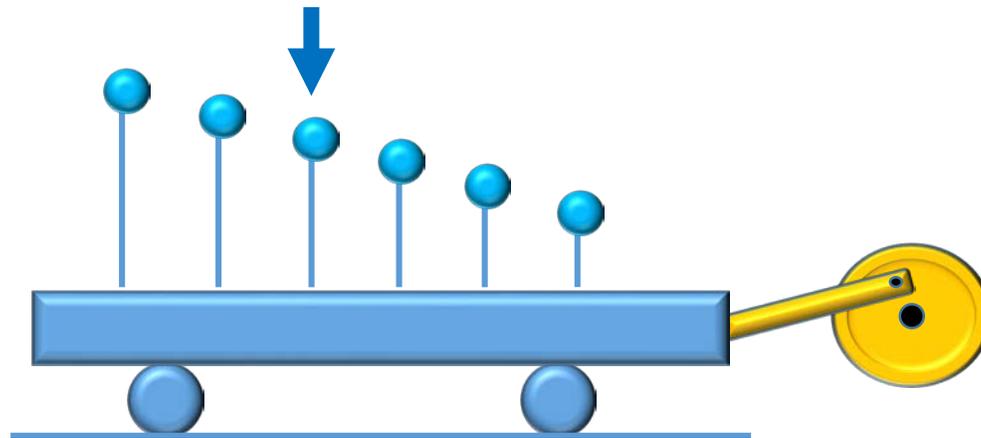
Instale una manivela para sacudir la mesa de ida y vuelta ,ya podemos variar la frecuencia de vibración

Configurar varias estructuras con diferente  **$\omega_2.m$**  y características **k**, por tanto, diferentes períodos **T**

Cada piruleta vibra una vez que la mesa alcanza **su** frecuencia natural de vibración

Así, el periodo de vibración **T** está asociado con una cierta frecuencia o **desplazamiento máximo**

Tal vez la tercera piruleta desde la izquierda vibre cuando la mesa alcanza su frecuencia natural



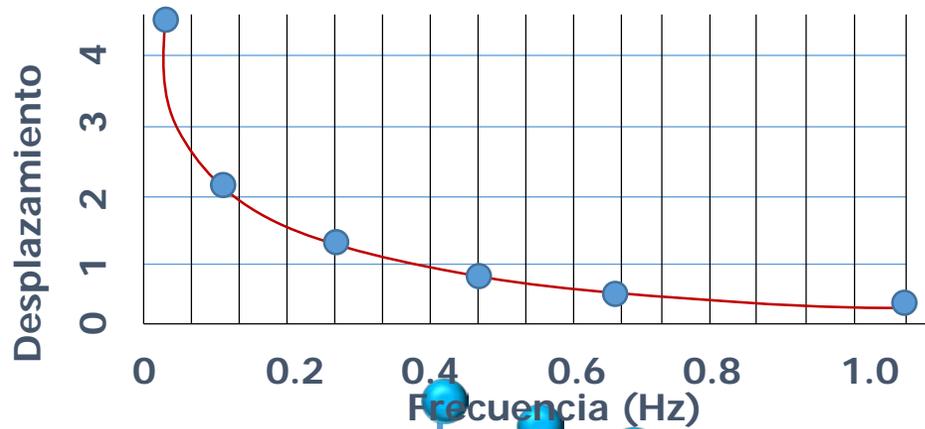


Éste es el gráfico que podemos obtener para el período  $T$  vs el máximo desplazamiento  $x$

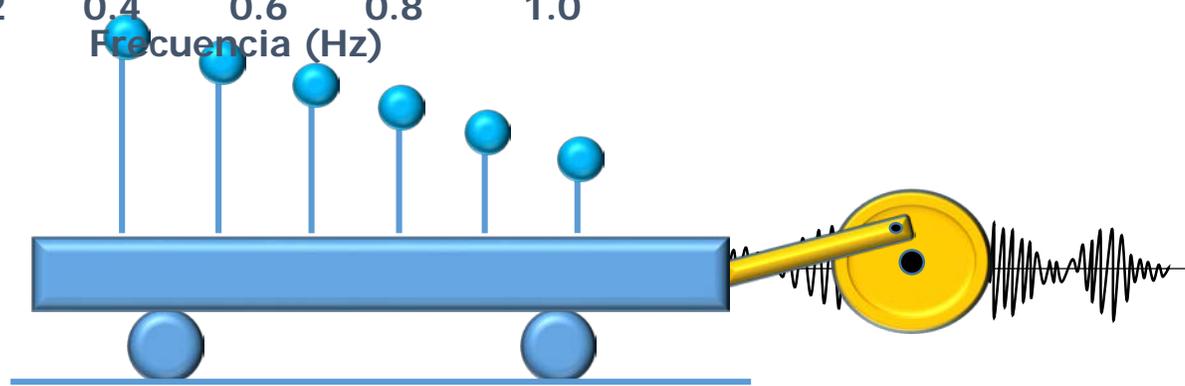
De la diapositiva anterior el max desplazamiento  $x$  puede ser reemplazado por la máxima aceleración  $a$

Reemplazamos nuestra manivela con un evento sísmico

Esta es la trama de las frecuencias contra el desplazamiento máximo (relacionado con la max aceleración)



A partir de estos datos, podemos trazar el período  $T$  contra la aceleración  $g$



Hasta ahora hemos considerado el caso donde:

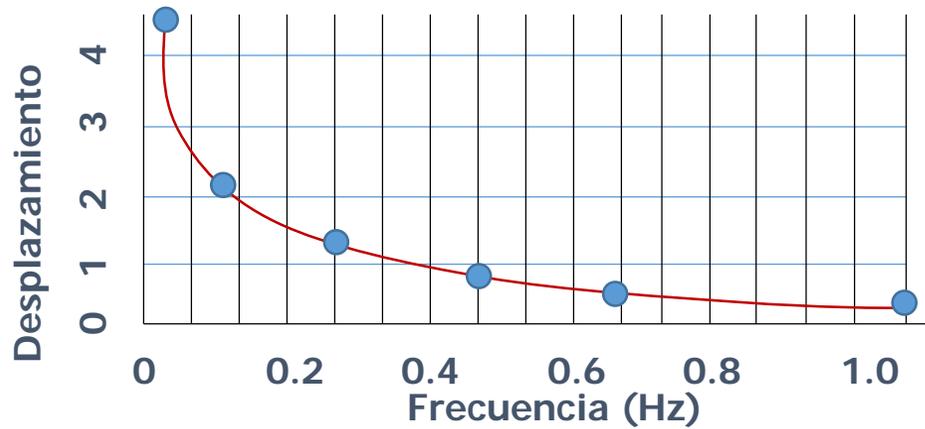


Éste es el gráfico que podemos obtener para el período  $T$  vs el máximo desplazamiento  $x$

De la diapositiva anterior el máx desplazamiento  $x$  puede ser reemplazado por la máxima aceleración  $a$

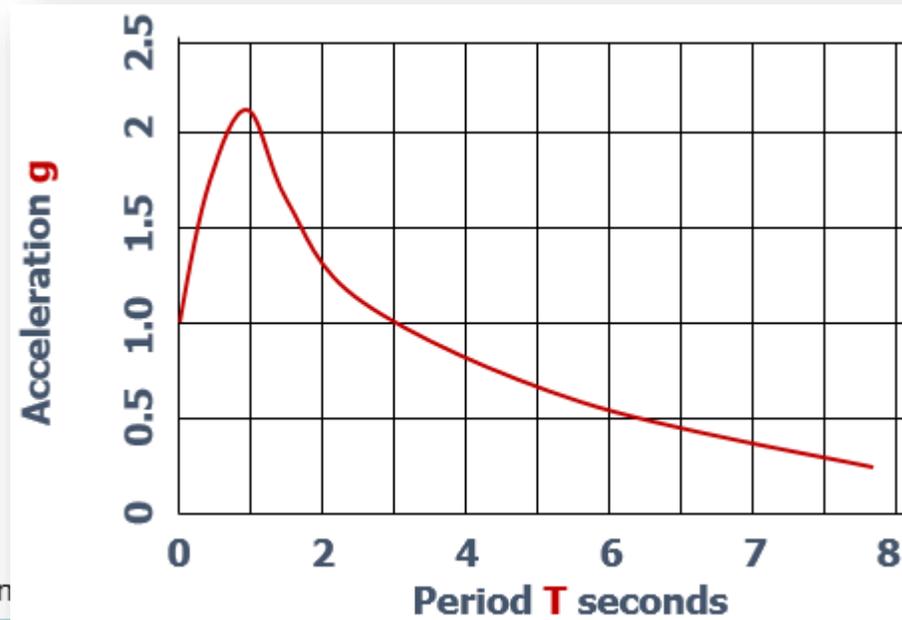
Reemplazamos nuestra manivela con un evento sísmico

Esta es la trama de las frecuencias contra el desplazamiento máximo (relacionado con la máx aceleración)



A partir de estos datos, podemos trazar el período  $T$  contra la aceleración  $g$

Podemos cambiar la frecuencia a tiempo y aceleración por desplazamiento



Hasta ahora hemos considerado el caso donde:

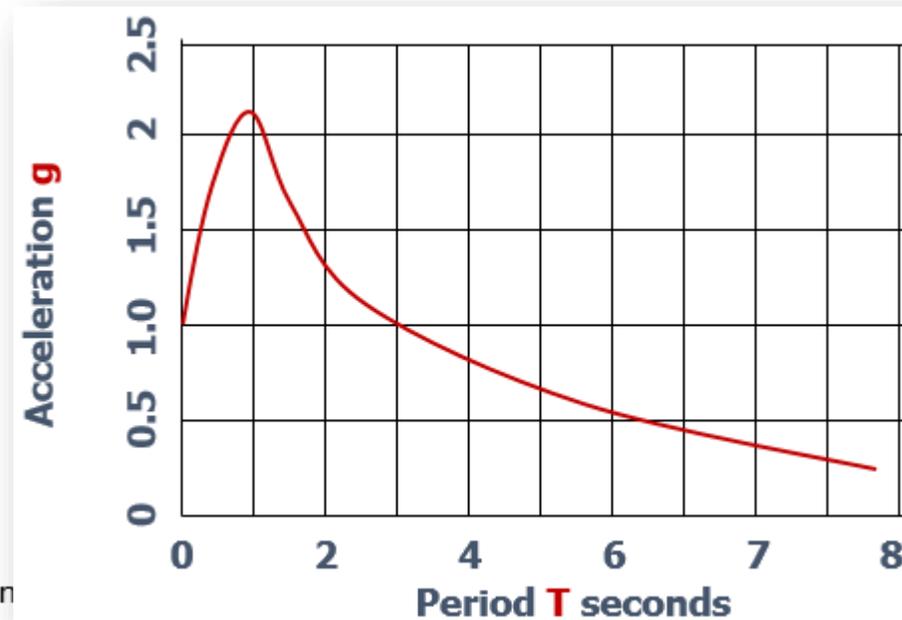
Los códigos utilizan un: **Diagrama de aceleración de respuesta espectral** - como éste



- La estructura no está sujeta a ninguna amortiguación  $m.\ddot{x} + c.\dot{x} + k.x = -f(t)$
- Un terremoto es mucho más complejo de lo que hemos considerado
- Las condiciones del suelo y del sitio han sido ignoradas

Los códigos de construcción - como **ASCE-7: 2010** toman en cuenta todo esto, pero ... ..

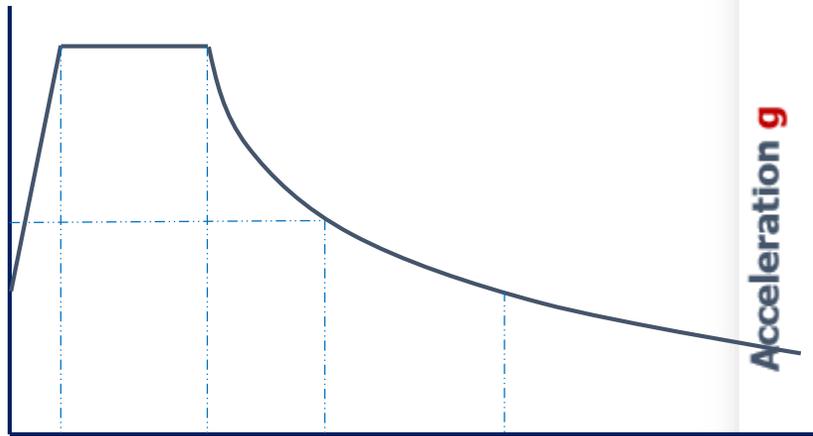
El código utiliza los **principios** de este gráfico - en forma modificada



Vamos a utilizar el código de construcción **ASCE-7: 2010** para hacer el análisis  
 Los códigos utilizan un: **Diagrama de aceleración de respuesta espectral** - como éste

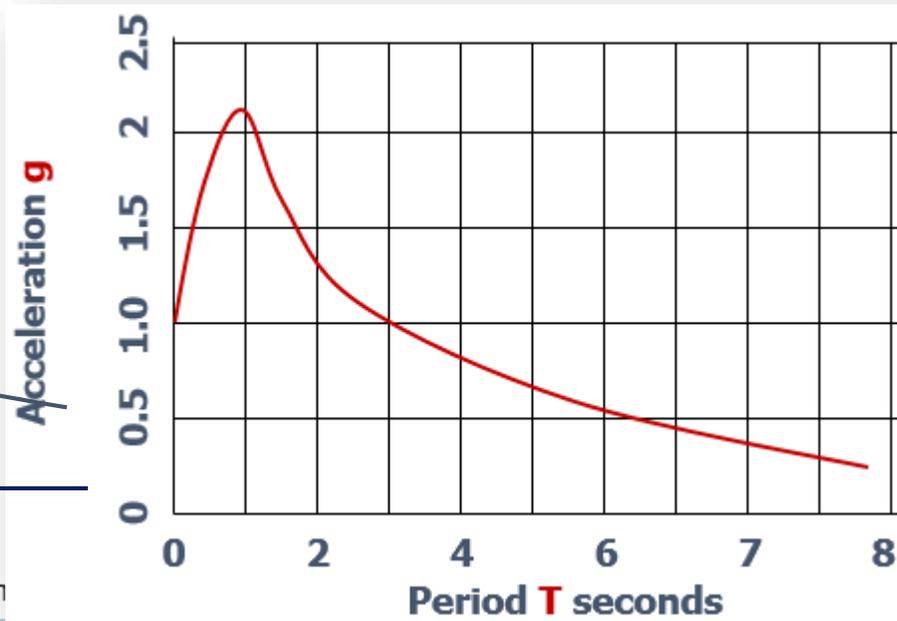


Aceleración de respuesta espectral **S<sub>a</sub>**



Período **T** en segundos

© In



Period **T** seconds



Vamos a utilizar el código de construcción **ASCE-7: 2010** para hacer el análisis

El análisis comienza con la determinación de las características del lugar llamado: **Clase de Sitio**

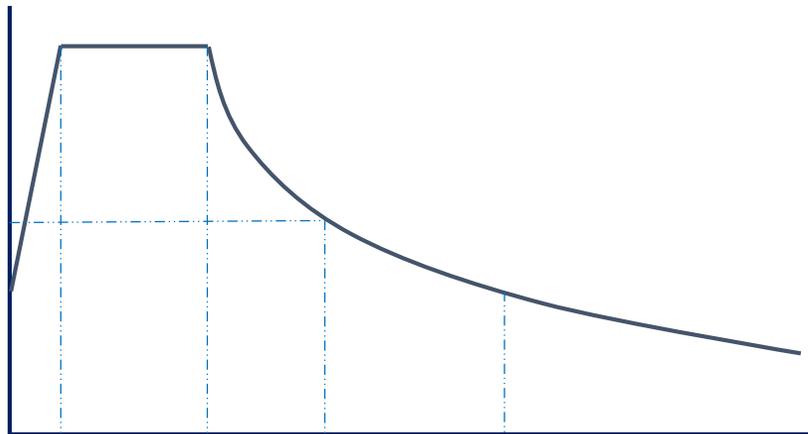
Desde el **mapa del sitio**, buscamos las **aceleraciones** esperadas en la localización del sitio

Tabla 20.3-1 Clasificación del Sitio

Clase de Sitio	$v_s$
A. Roca Dura	>5000 ft/s (1524 m/s)
B. Roca	2500 to 5000 ft/s (762 to 762 m/s)
C. Suelo muy denso y roca blanda	1200 to 2500 ft/s (366 to 762 m/s)
D. Suelo rígido	600 to 1200 ft/s (183 to 366 m/s)
E. Suelo de arcilla blando	<600 ft/s (< 183 m/s)

$v_s$  es la velocidad del sonido en la roca

Aceleración de respuesta  
espectral **S<sub>a</sub>**



Elegimos Clase de Sitio **D**



Vamos a utilizar el código de construcción **ASCE-7: 2010** para hacer el análisis

De las **Tablas 11,4-1 y 11,4-2** necesitamos los períodos cortos y largos de **coeficientes de sitio**

mos las **aceleraciones** esperadas en la localización del sitio



**S<sub>s</sub>**: Mapeada MCE<sub>R</sub> 5% respuesta espectral amortiguada del parámetro de aceleración - períodos cortos (**0,2 segundos**)

**S<sub>1</sub>**: Mapeada MCE<sub>R</sub> 5% respuesta espectral amortiguada del parámetro de aceleración - (**1 segundo**) período

**MCE<sub>R</sub>** = **M**aximum **C**onsidered **E**arthquake ground motion

Elegimos Clase de Sitio **D**

**S<sub>s</sub>** = 57%, **S<sub>1</sub>** = 40% - of g

FIGURE 22-1 S<sub>s</sub> Risk-Adjusted Maximum Considered Earthquake (MCE<sub>R</sub>) Ground Motion Parameter for the Conterminous United States for 0.2 s Spectral Response Acceleration (5% of Critical Damping), Site C



Vamos a utilizar el código de construcción **ASCE-7: 2010** para hacer el análisis

De las **Tablas 11,4-1** y **11,4-2** necesitamos los períodos cortos y largos de **coeficientes de sitio**

A partir de las ecuaciones **11,4-1** y **11,4-2** obtenemos las **aceleraciones de respuesta espectrales**:

Los valores  **$S_s$**  y  **$S_1$**  son modificados por las condiciones de la tierra, por la Clase de Sitio

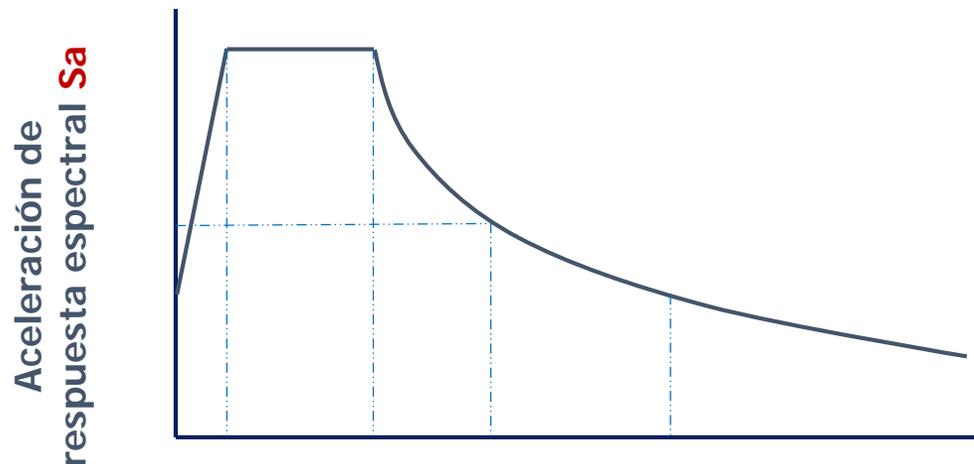
Tabla 11.4-1 Clasificación del Sitio Fa

	$S_s < 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.1$	$S_s > 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9

Tabla 11.4-2 Clasificación del Sitio Fv

	$S_1 < 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 > 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4

**$F_a$**  y  **$F_v$**  se calculan por interpolación



Elegimos Clase de Sitio **D**

**$S_s = 57\%$** ,  **$S_1 = 40\%$**  - of g

**$F_a = 1.344$** ,  **$F_v = 1.6$**



Ya tenemos nuestros primeros dos puntos en nuestro siguiente diagrama:

A partir de las ecuaciones **11,4-1** y **11,4-2** obtenemos las **aceleraciones de respuesta espectrales**:

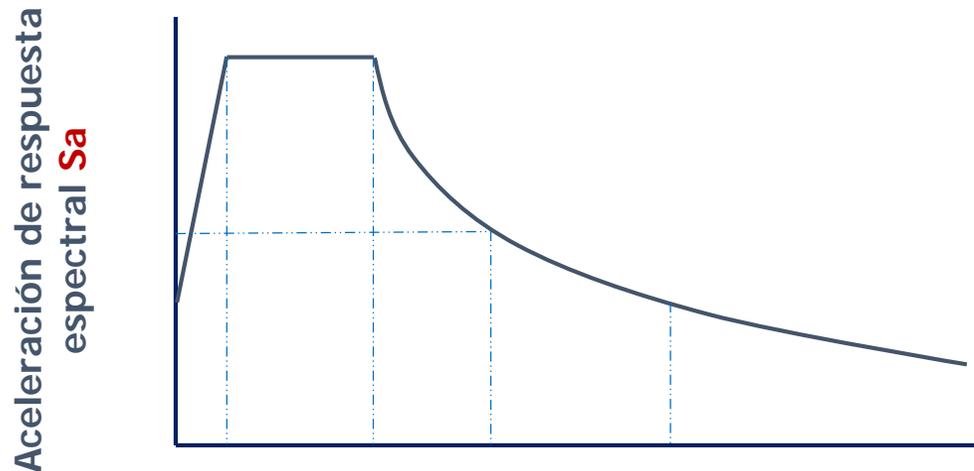
$S_{MS}$  = El  $MCE_R$  5%, respuesta espectral amortiguada, corta aceleración (0.2 segundos) por período

$S_{M1}$  = El  $MCE_R$  5%, respuesta espectral amortiguada, aceleración de 1 segundo por período

De la ecuación **11.4-3** y **11.4-4** calculamos  $S_{DS}$  y  $S_{D1}$

$S_{DS}$  = El **diseño** requerido 5% aceleraciones de respuesta espectral para períodos cortos

$S_{D1}$  = El **diseño** requerido 5% aceleraciones de respuesta espectral para períodos largos



Elegimos Clase de Sitio **D**

$S_s = 57\%$ ,  $S_1 = 40\%$  - of g

$F_a = 1.344$ ,  $F_v = 1.6$

$S_{MS} = 0.7661$ ,  $S_{M1} = 0.640$

$S_{DS} = 0.5107$ ,  $S_{D1} = 0.4267$



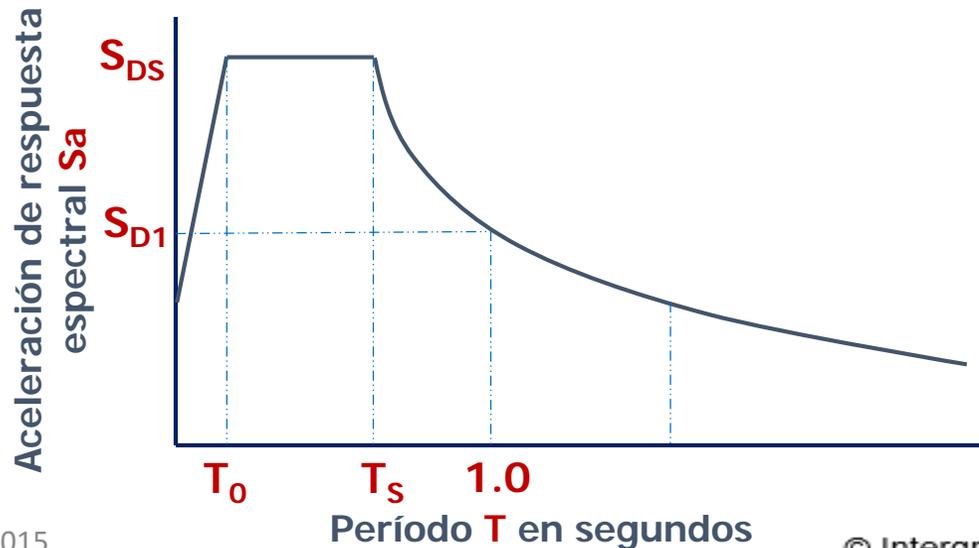
Es necesario otro punto en el diagrama - **T<sub>L</sub>**

Ya tenemos nuestros primeros dos puntos en nuestro siguiente diagrama:

Ahora calculamos los períodos coincidentes (de vibración) en esos puntos (Nomenclatura)

$$T_0 = 0.2 \cdot S_{D1}/S_{DS} \quad \text{y} \quad T_S = S_{D1}/S_{DS}$$

Aquí están los tres puntos que podemos poner en nuestro diagrama de abajo



Elegimos Clase de Sitio **D**

**S<sub>S</sub> = 57%**, **S<sub>1</sub> = 40%** - of g

**F<sub>a</sub> = 1.344**, **F<sub>v</sub> = 1.6**

**S<sub>MS</sub> = 0.7661**, **S<sub>M1</sub> = 0.640**

**S<sub>DS</sub> = 0.5107**, **S<sub>D1</sub> = 0.4267**

**T<sub>0</sub> = 0.1671 s**, **T<sub>S</sub> = 0.8354 s**



Es necesario otro punto en el diagrama -  **$T_L$**

En este punto necesitamos el actual periodo natural de vibración del recipiente:  **$T = 0,155$  segundos**

**$T_L$** : El largo período de transición - tomado de la figura 22-12 ff

Seleccionamos un valor de  **$T_L = 12$  segundos**

Este punto se puede añadir al diagrama

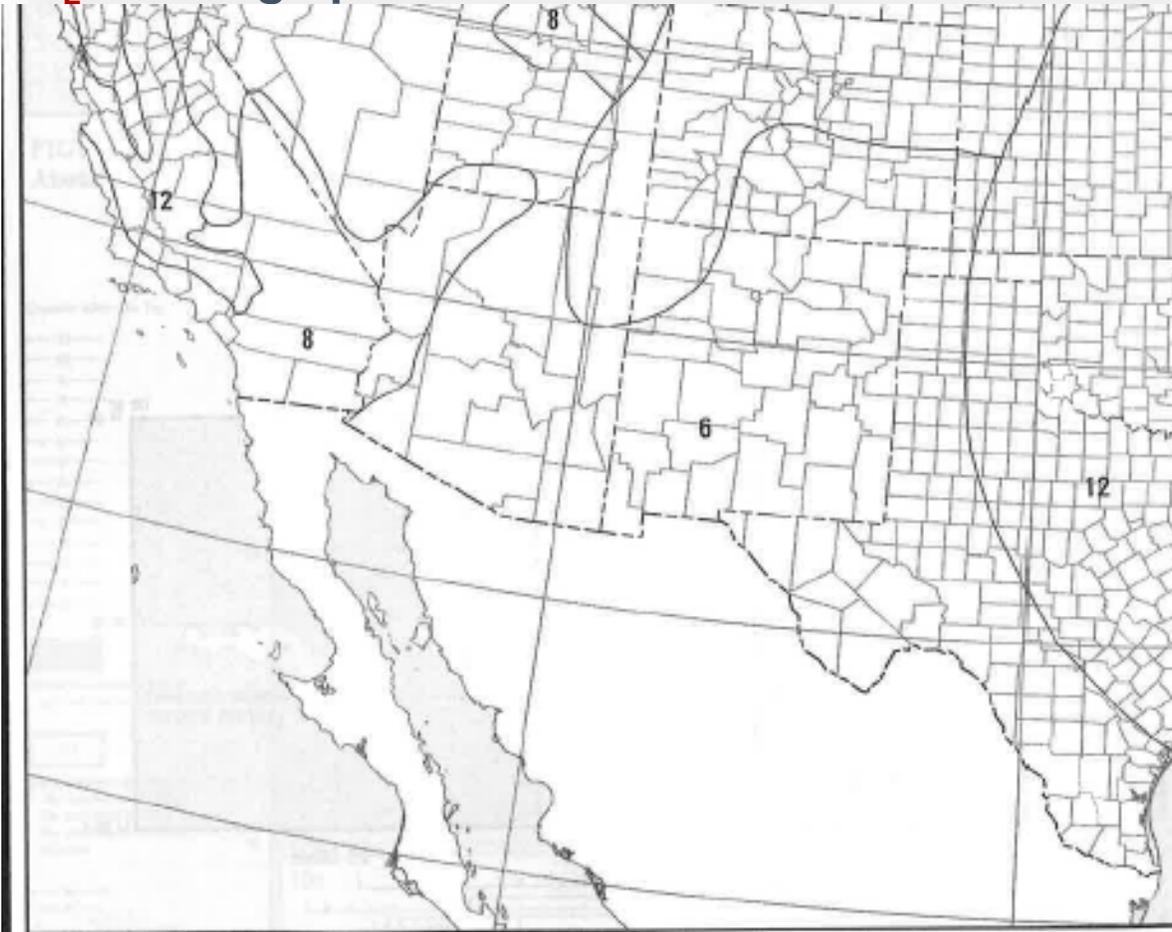


FIGURE 22-12 Mapped Long-Period Transition Period,  $T_L$  (s), for the Conterminous United State

Período **T** en segundos

$$S_{DS} = 0.5107, S_{D1} = 0.4267$$

$$T_0 = 0.1671 \text{ s}, T_S = 0.8354 \text{ s}$$

$$T_L = 12 \text{ s}$$



Ahora necesitamos el peso de cada parte del cilindro y la masa total del recipiente  **$W = 11.949 \text{ lb}$**

En este punto necesitamos el actual periodo natural de vibración del recipiente:  **$T = 0,155 \text{ segundos}$**

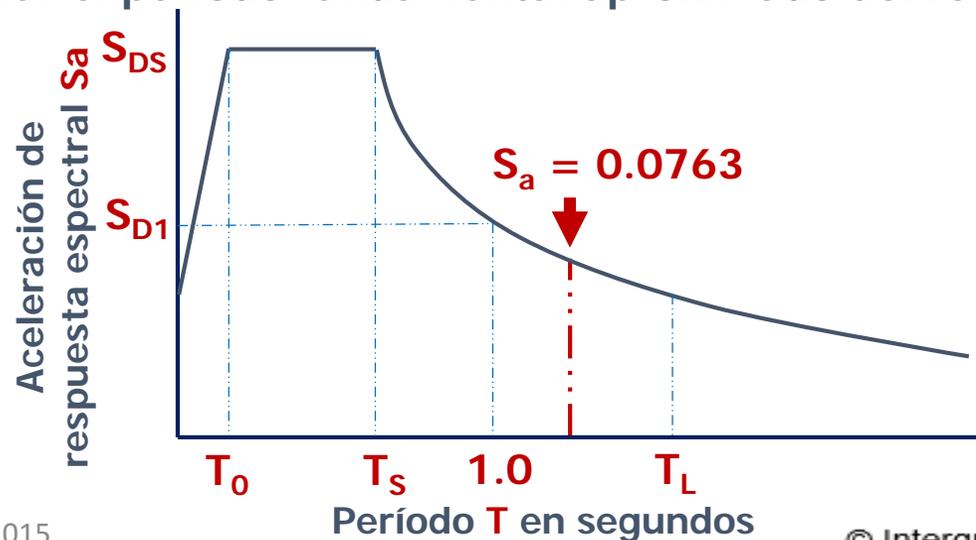
Ahora tenemos que calcular  **$S_a$**  que es la aceleración de respuesta espectral del recipiente

Esto se calcula a partir de ecuaciones 11,4-5 a 11,4-7.  **$S_a = 0,9803$** .  **$SDS = 0,0763$**

[Donde 0.9803 viene de](#)

Necesitamos:

- La Categoría de riesgo de la Tabla 1.5-1  **$RC = III$**
- El factor de importancia de la Tabla 1.5-2  **$I_e = 1,25$**
- Coeficiente de respuesta sísmica de las ecuaciones 12,8-2 a 12,8-6  **$C_s = 0,2128$**
- Coeficiente para el límite superior en período calculado a partir de la Tabla 12,8-1  **$C_u = 1.7$**
- Obtener los valores de  **$C_t$**  y  **$x$**  de la Tabla 12,8-2  **$C_t = 0,02$**  y  **$x = 0,75$**
- Calcular el periodo fundamental aproximado del recipiente  **$T_a = 0,1 \text{ s}$**  Asumido



**$SDS = 0.5107$ ,  $SD1 = 0.4267$**

**$T_0 = 0.1671 \text{ s}$ ,  $T_s = 0.8354 \text{ s}$**

**$T_L = 12 \text{ s}$**



Ahora necesitamos el peso de cada parte del cilindro y la masa total del recipiente  **$W = 11.949 \text{ lb}$**

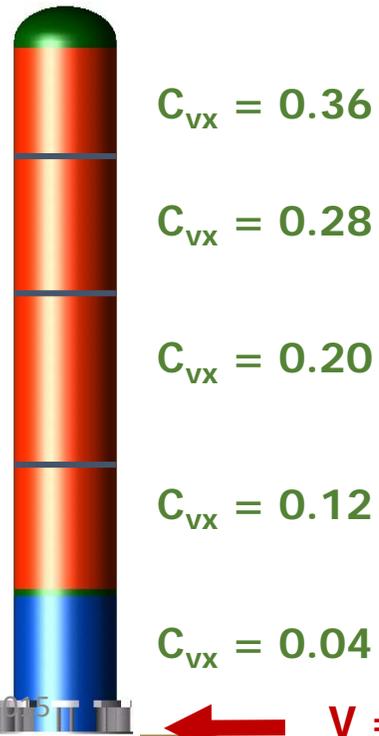
Ahora multiplique cada dato por la base cortante. Ésta es la fuerza en cada parte del cilindro

La base cortante ahora se puede calcular a partir de la Sección 12,8-8  **$V = C_s \cdot W = 2542.8 \text{ lb}$**

Hay un **factor escalar de 0.7** en la Sección 2.4-1 que reduce el esfuerzo cortante de base para  **$V = 1780 \text{ lb}$**

La base cortante es factorizada todo el tiempo hasta el recipiente  **$C_{vx}$**  para cada sección

Note que es factorizada más fuerte que en las secciones superiores

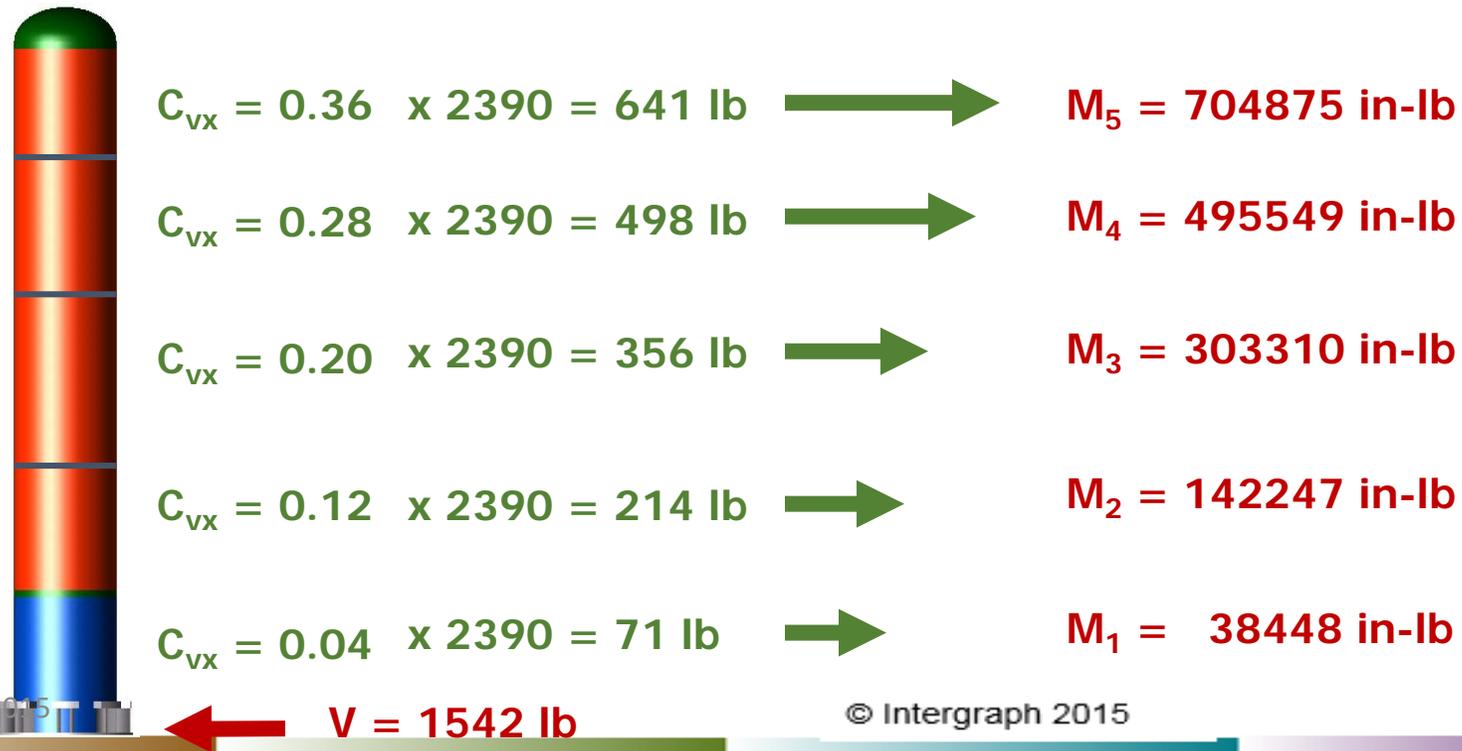




Ahora podemos calcular el esfuerzo axial en cada parte inferior del cilindro

Ahora multiplique cada dato por la base cortante. Ésta es la fuerza en cada parte del cilindro

Es una cuestión simple para calcular los momentos





Ahora podemos calcular el esfuerzo axial en cada parte inferior del cilindro

$$\text{Esfuerzo} = \frac{\text{Momento}}{\text{Módulo de Sección}} \quad \text{ó}$$

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

$$\sigma = \frac{4M}{\pi D^2 t}$$

**Gracias por su atención**  
**¿Alguna Pregunta?**