



Riesgos para la Tierra debidos a los Asteroides Cercanos e Iniciativas de Mitigación del Riesgo

III Jornadas Técnicas sobre Meteorología Espacial

Escuela Nacional de Protección Civil

26 de Noviembre de 2013

Presentación de la Compañía



DEIMOS Space es la rama tecnológica del grupo ELECENOR, que enfoca sus operaciones en la provisión de servicios de ingeniería en los siguientes campos:

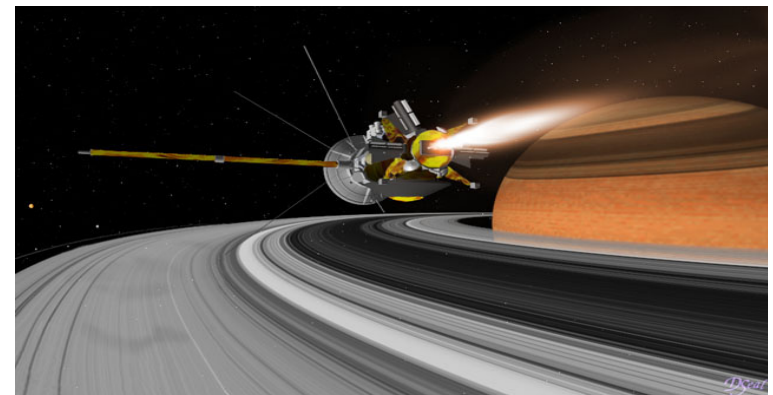
- Espacio
- Aeronáutica
- Tecnologías de la información y comunicaciones
- Telecomunicaciones
- Energía y Medio Ambiente
- Transporte



Algunos **Números** de DEIMOS Space

- Facturación 2012 – 51,7 M€
- Empleados: 500 empleados

Motivación: **Transferencia de Tecnología**



Agenda:

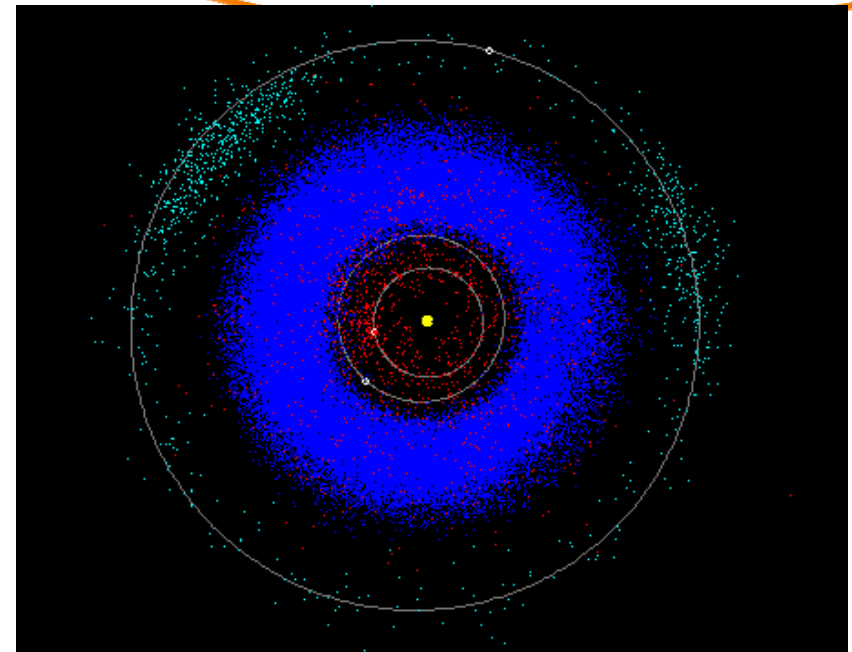
1. Los Objetos Cercanos a la Tierra (NEO)
2. Riesgo para la Tierra de los NEO
3. ¿Cómo evitar que un asteroide choque con la Tierra?
4. Conceptos de Misión y Estudios de Sistema
5. Iniciativas Globales
6. Conclusiones

1

Los Objetos Cercanos a la Tierra (NEO)

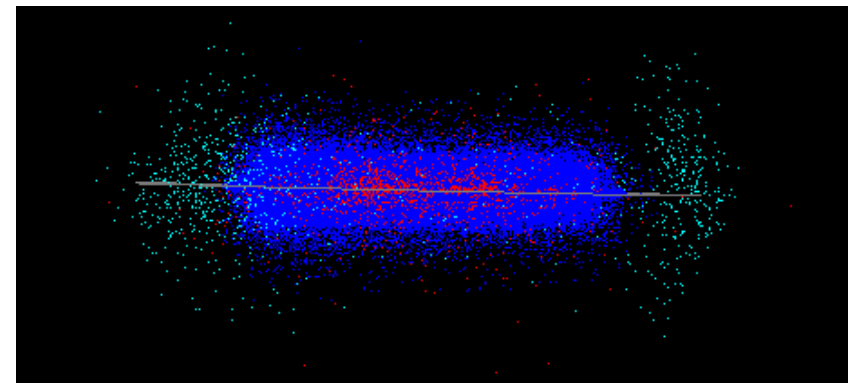
Los Asteroides

- Son cuerpos menores cuya **escasa masa** no les permite tener forma regular
- Están concentrados mayoritariamente en el **cinturón de asteroides** entre las órbitas de Marte y Júpiter



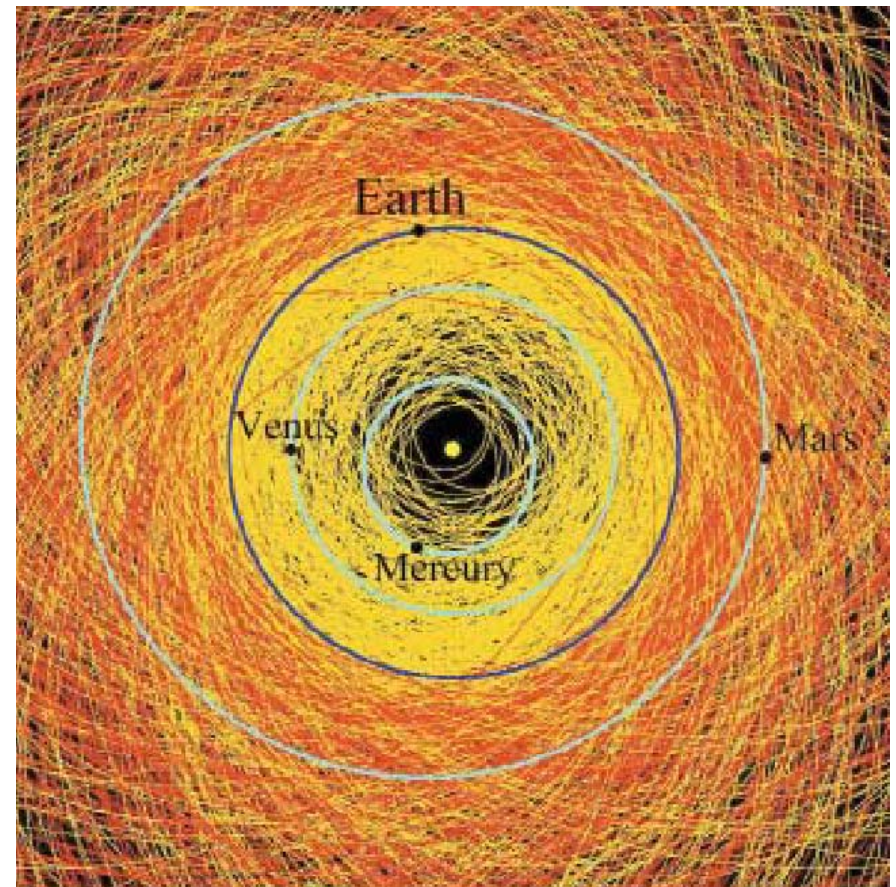
Los Cometas

- Cuerpos menores que están casi intactos desde la creación del Sistema Solar
- Proviene de la Nube de Oort, más allá de la órbita de Plutón

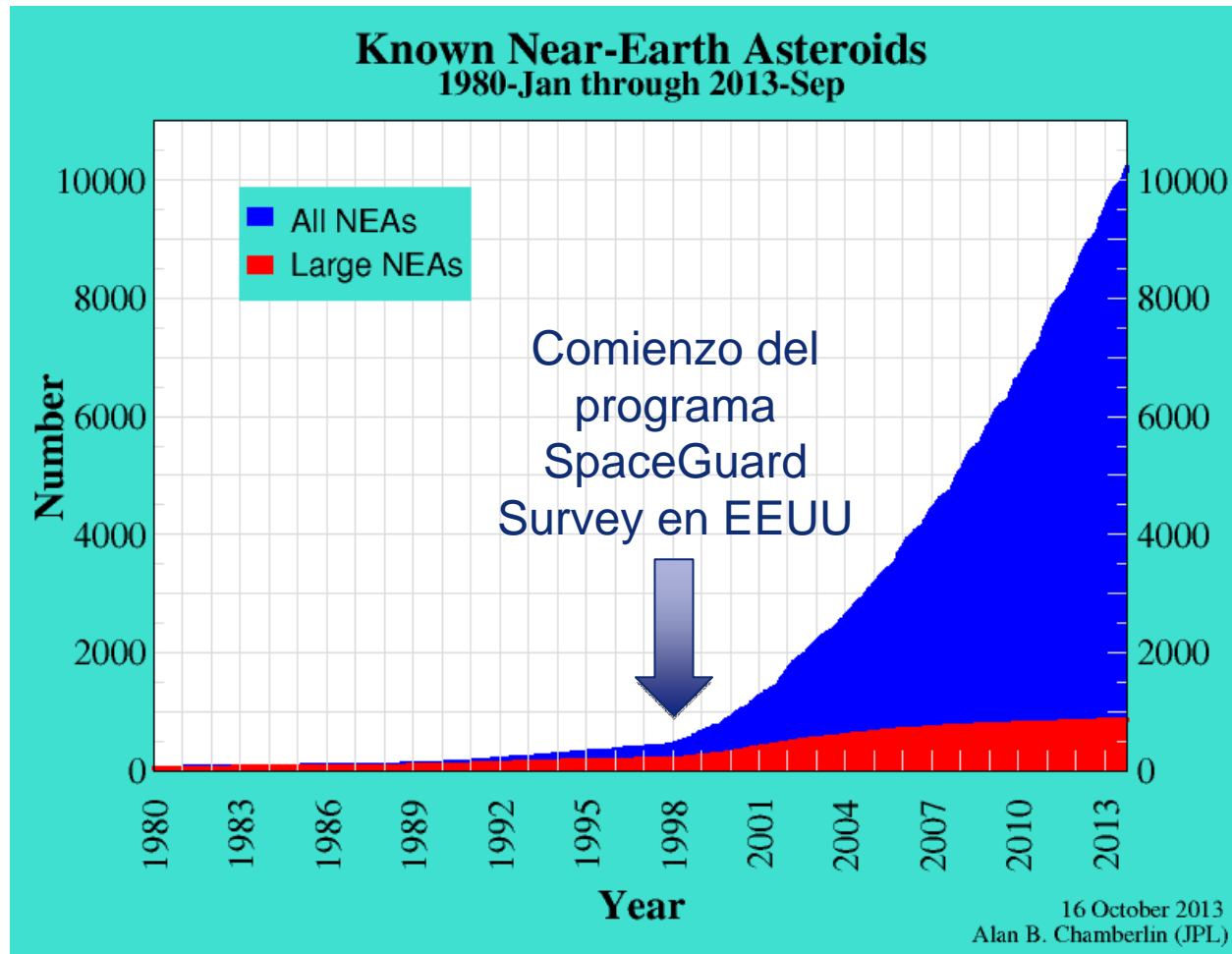


Objetos Cercanos a la Tierra (NEO)

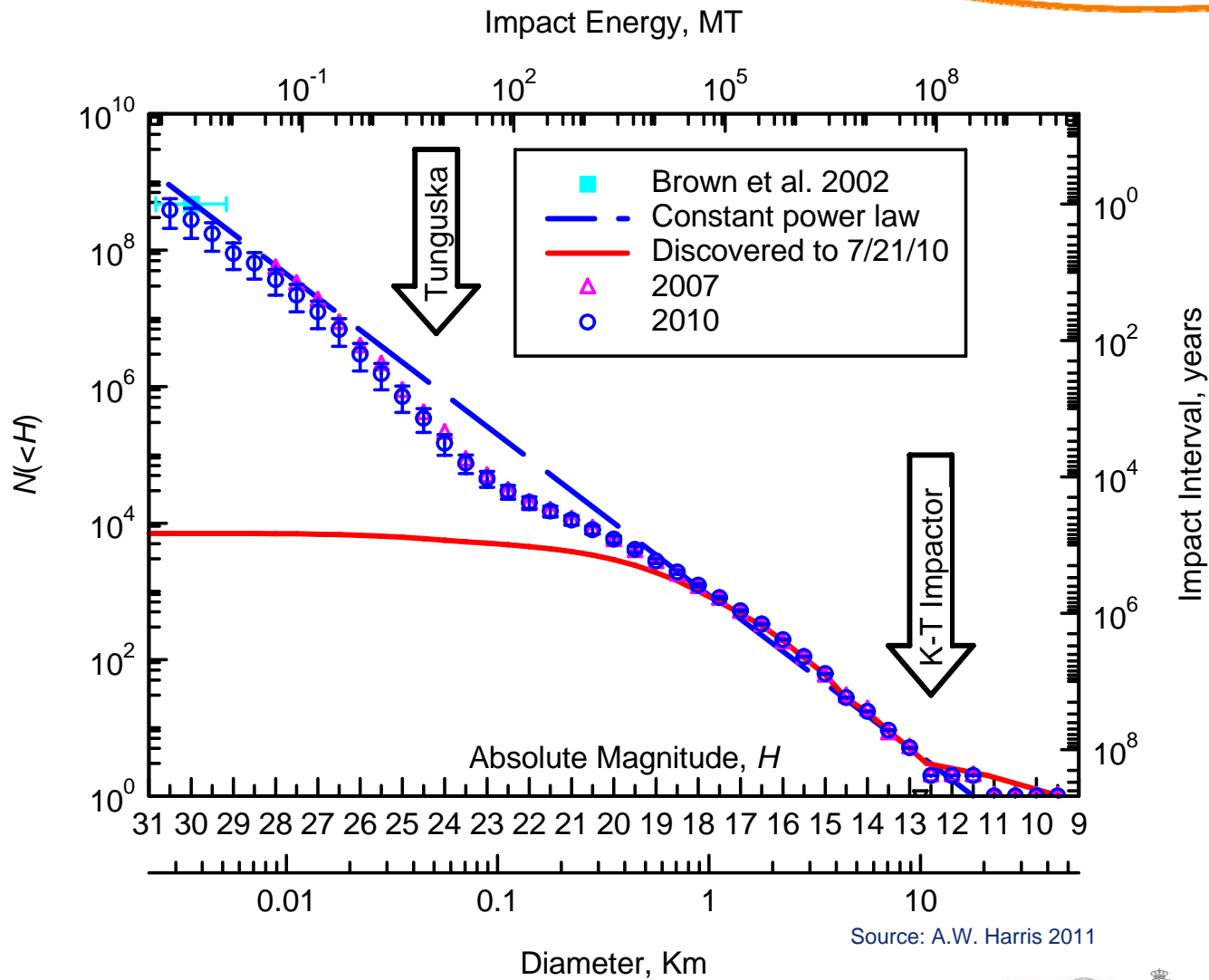
- Los **NEO** (Objetos Cercanos a la Tierra) son un conjunto de asteroides (NEA) y cometas cuyas órbitas cruzan o pasan muy cerca de la de la Tierra (perihelio menor de 1.3 UA)
- Sus **tamaños** varían desde las decenas de km hasta tamaños microscópicos
- La **distribución** de su población (estimada) depende del tamaño



Detección en las Últimas Décadas



Estimación de la Población de NEAs



Source: A.W. Harris 2011

Los Asteroides Potencialmente Peligrosos (PHA)



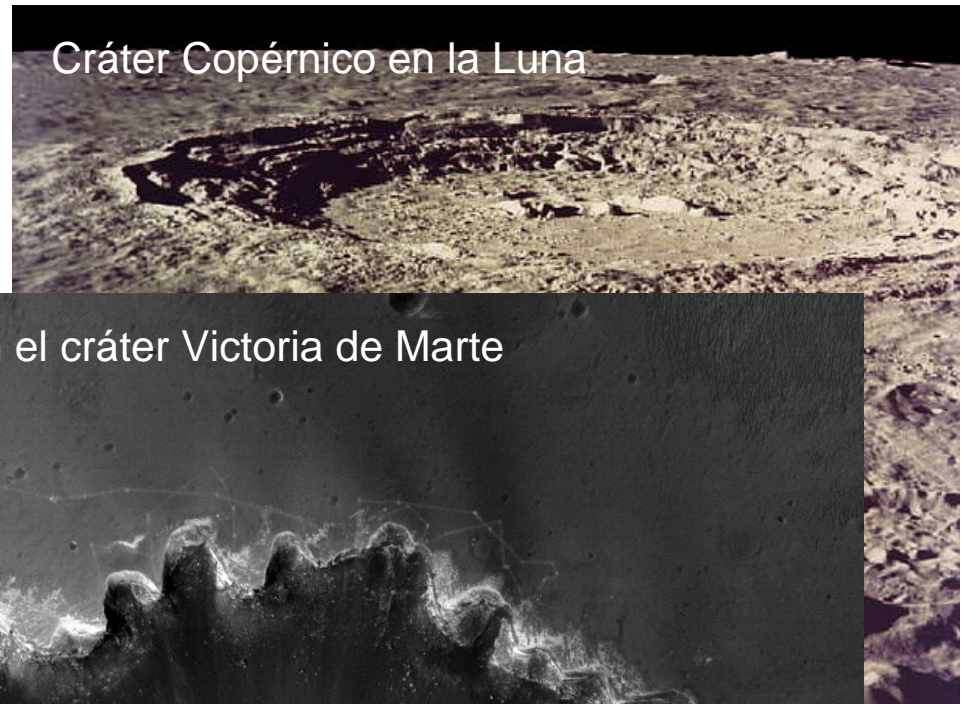
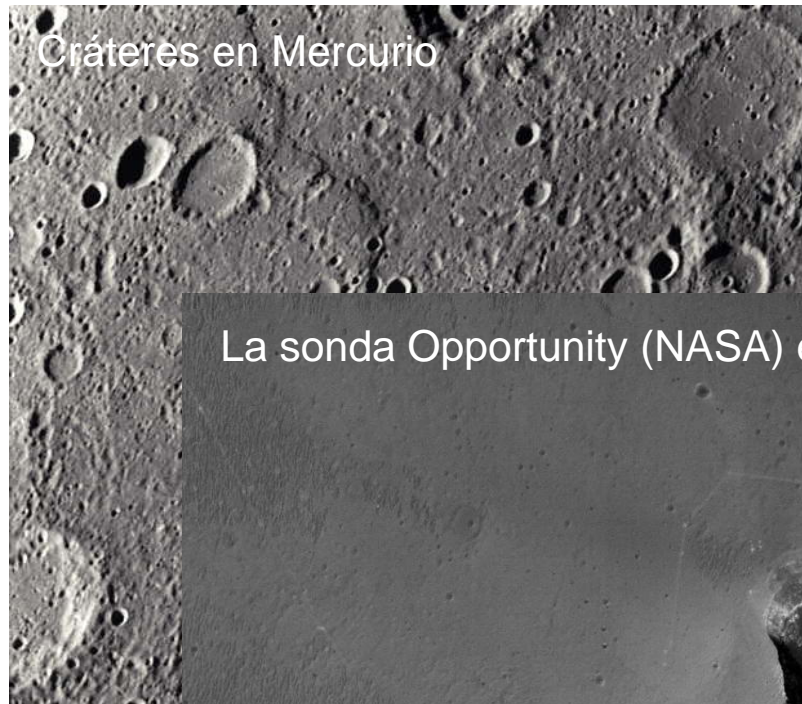
- Los **PHA** (Asteroides Potencialmente Peligrosos)
 - Se trata de aquellos NEO que cruzan la órbita con la Tierra a menos de 0.05 AU y ...
 - ... tienen un diámetro mínimo de 150 m
- Los sistemas **NEODYS** (Universidad de Pisa) y **Sentry** (NASA / JPL) publican estimaciones diarias de nuevos descubrimientos y riesgos
- Gracias a los sistemas de **vigilancia espacial**, se han catalogado ya unos 1439 PHA (26 de noviembre de 2013, fuente: NASA / JPL)
- De los cuales 155 son mayores de 1 km
- De esa población, han destacado en un pasado cercano:
 - Apophis
 - 2011 AG5
 - 2013 TV135

Riesgo para la Tierra de los NEA

2



Impactos en otros Cuerpos del Sistema Solar



Impactos en la Tierra en el Pasado



Clearwater Lakes (Canadá)



Cráter Barringer (Meteor), Arizona (EE.UU.)

Ejemplos de Impactos en la Tierra

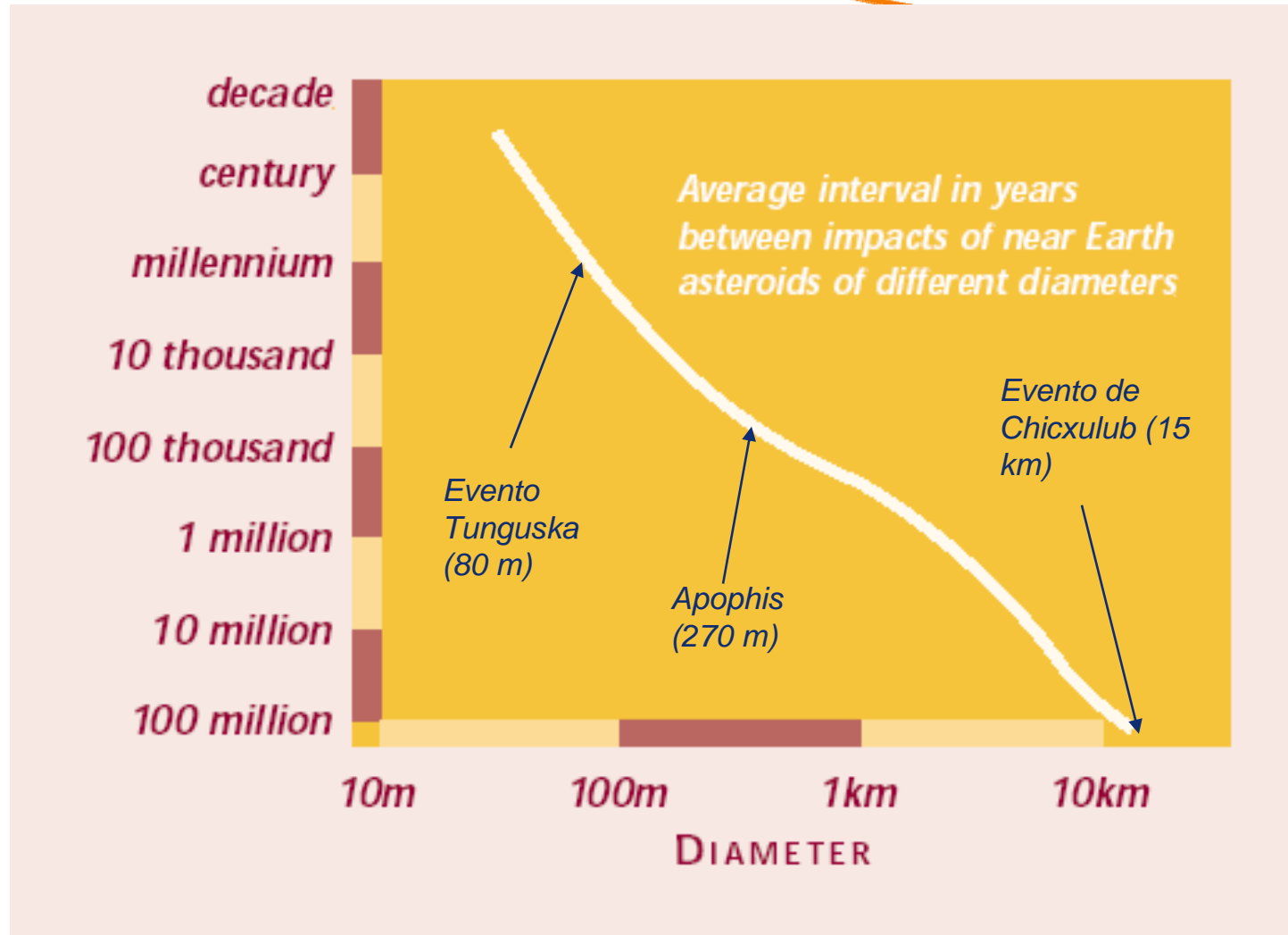
- Hace 65 Maños, extinción de los **dinosaurios** por un asteroide o cometa de unos 15 km
- Hace 50.000 años, **Meteor cráter** en EE.UU., motivado por un asteroide metálico de unos 50 m
- En 1908, evento de **Tunguska** (Siberia), que barrió un área de unos 2.150 km² y destruyó unos 80 millones de árboles
- Este mismo año el 15 de febrero en **Chelyabinsk** (Rusia), entrada y explosión de un asteroide de 20 m → 2.000 heridos

Evento de Chelyabinsk (15/02/2013)



Riesgo de Impacto con la Tierra

Estimación del período entre impactos de NEO de un determinado diámetro (años)



Efectos del Impacto (I)

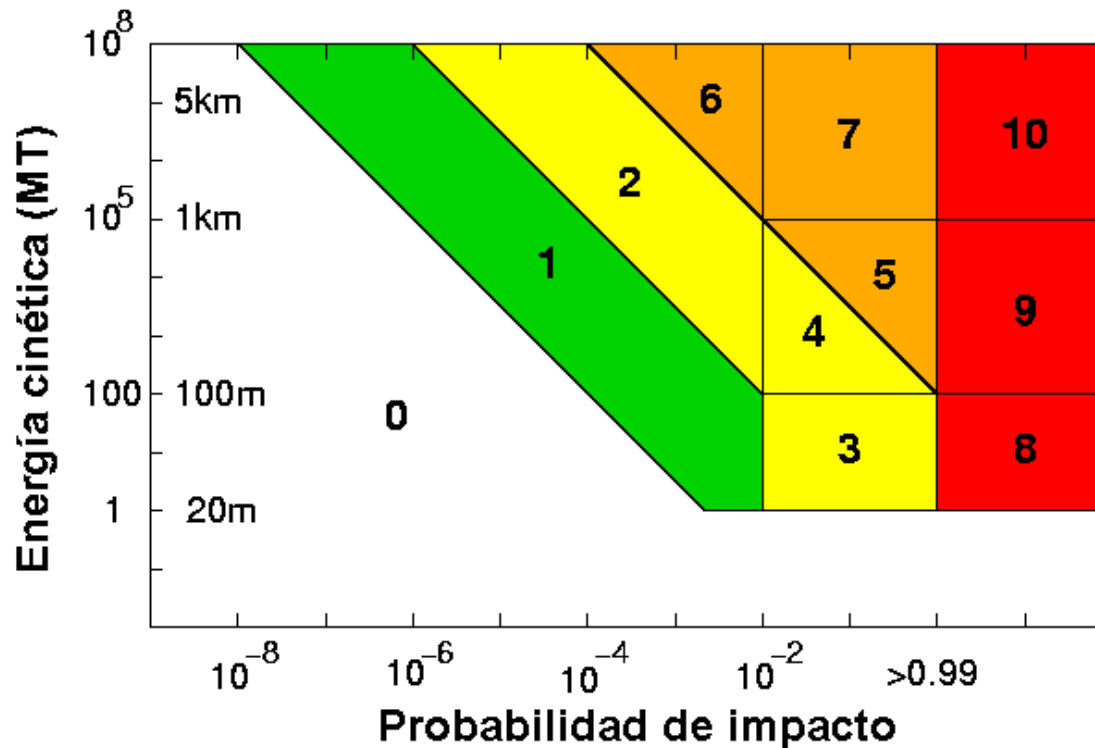
- Traza atmosférica
- Explosión atmosférica y ondas de choque
- Llegada de trozos a tierra
- Perturbaciones electromagnéticas
- Formación de cráteres
- Terremotos
- Tsunamis
- Incendios a distinta escala
- Efectos climáticos de corta, media y larga duración

Efectos del Impacto (II)

Diámetro	Potencia (MT)	Cráter (km)	Intervalo (años)	Consecuencias
< 10 m	< 10	-	Décadas	Destrucción en la atmósfera. Alrededor de un 3% llega a la superficie. Estrellas fugaces (toneladas de polvo al año)
75 m	10-100	1.5	1,000	Asteroides metálicos producen cráteres (tipo Barringer) o eventos tipo Tunguska. Destrucción de una ciudad.
150 m	100-1,000	3	4,000	Impacto en océanos provocan tsunamis, en tierra destruyen grandes áreas metropolitanas (Tokio, Mexico)
350 m	1,000-10,000	6	16,000	Tsunamis oceánicos muy destructivos. Destrucción de pequeños países (Holanda, Estonia)
700 m	10,000-100,000	12	63,000	Tsunamis de escala hemisférica provocan más daños que los impactos en Tierra (que destruyen países medianos)
1,5 km	100,000-1 millón	30	250,000	Tsunamis a escala global. Destrucción de la capa de ozono. Un impacto en la tierra destruiría un país como España.
3 km	1 – 10 millones	60	1 millón	El impacto hace que el polvo lanzado a la atmósfera cambie el clima. Impactos en tierra destruyen áreas del tamaño de Mexico
7	10 – 100 millones	125	10 millones	Efectos climáticos prolongados. Incendios globales. Posible extinción masiva. La destrucción directa alcanza niveles continentales (Australia)
16	100 – 1,000 millones	250	100 millones	Grandes extinciones. Impactos mayores amenazan cualquier tipo de vida en la Tierra

La Escala de Torino (I)

- Escala aprobada en 1999 en Turín (Italia) y usada para medir riesgos y efectos de un impacto



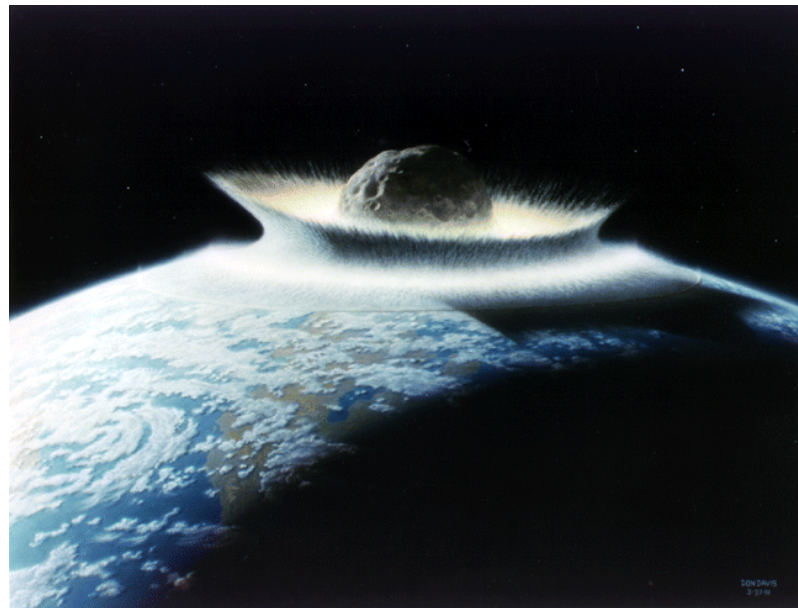
- Existe una escala más técnica que se llama de Palermo

La Escala de Torino (II)

RIESGO NULO (blanco)	
0.	La probabilidad de colisión es cero, o tan baja que es prácticamente cero. Se aplica también a objetos pequeños como meteoros o cuerpos celestes que se desintegran a su paso por la atmósfera, o que raramente caen a la Tierra en forma de meteorito, y sólo excepcionalmente pueden causar daños de algún tipo.
NORMAL (verde)	
1.	Las observaciones ocasionales pueden descubrir el paso cerca de la Tierra de objetos que tienen un cierto peligro de colisión. Los cálculos y análisis realizados muestran que las probabilidades de colisión son extremadamente bajas y no merecen mucha atención y preocupación entre la gente. Con casi total probabilidad, las nuevas observaciones que se hagan llevarán a una reasignación al nivel 0.
MERECEDORES DE ATENCIÓN POR PARTE DE LOS ASTRÓNOMOS (amarillo)	
2.	Colisión muy improbable de un objeto que lleva una trayectoria cercana a la Tierra. Merece la atención de los astrónomos, pero no hay motivo de preocupación por parte de la población, ya que el riesgo es muy improbable. Las nuevas observaciones pueden reasignar el riesgo al nivel 0.
3.	Encuentro cercano, merecedor de atención por parte de los astrónomos. Los cálculos indican una probabilidad de colisión de más de un 1%, capaz de causar destrucción a nivel local. Muy probablemente, nuevas observaciones reconduzcan el peligro al nivel 0. Será necesaria la atención del público y de las autoridades sobre todo si el riesgo de colisión está a menos de 10 años.
4.	Encuentro cercano, merecedor de atención por parte de los astrónomos. Los cálculos indican una probabilidad de colisión de más de un 1%, capaz de causar devastación a nivel regional. Muy probablemente, nuevas observaciones reasignarán el nivel de peligro a 0. Será necesaria la atención del público y de las autoridades sobre todo si el riesgo de colisión está a menos de 10 años.
ACONTECIMIENTOS PREOCUPANTES (naranja)	
5.	Encuentro cercano con un objeto que supone una amenaza seria, pero todavía incierta, de devastación regional. La atención crítica de los astrónomos es necesaria para determinar si existe o no la posibilidad de un choque. Si la colisión está prevista para menos de 10 años, deben considerarse medidas gubernamentales de urgencia.
6.	Encuentro cercano con un gran objeto que supone una amenaza seria, pero todavía incierta, de una catástrofe global. La atención crítica de los astrónomos es necesaria para determinar si existe o no la posibilidad de un choque. Si la colisión está prevista para menos de 30 años, deben considerarse medidas gubernamentales de urgencia.
7.	Encuentro muy cercano con un gran objeto, que si ocurriera en el mismo siglo, supondría una amenaza sin precedentes, pero todavía incierta, de catástrofe global. En estos casos, deben planificarse medidas internacionales, y especialmente la necesidad de determinar rápidamente y con la mayor certeza posible si la colisión tendrá lugar o no.
COLISIÓN SEGURA (rojo)	
8.	La colisión es segura, y con capacidad para causar destrucción localizada si impacta en tierra o un tsunami si impacta en el mar. Tales acontecimientos se presentan de media una vez entre cada 50 años y cada varios miles de años.
9.	La colisión es segura, y con capacidad para causar destrucción regional sin precedentes si impacta en tierra o un tsunami devastador si lo hace en el mar. Tales acontecimientos se presentan de media entre una vez cada 10.000 años y una vez cada 100.000 años.
10.	La colisión es segura, y con capacidad para causar una catástrofe climática global que pueda amenazar el futuro de la civilización tal como la conocemos impacte donde impacte, en tierra o en el océano. Tales acontecimientos se presentan de media una vez cada 100.000 años, o menos frecuentemente.

¿Cómo evitar que un NEO choque con la Tierra?

3



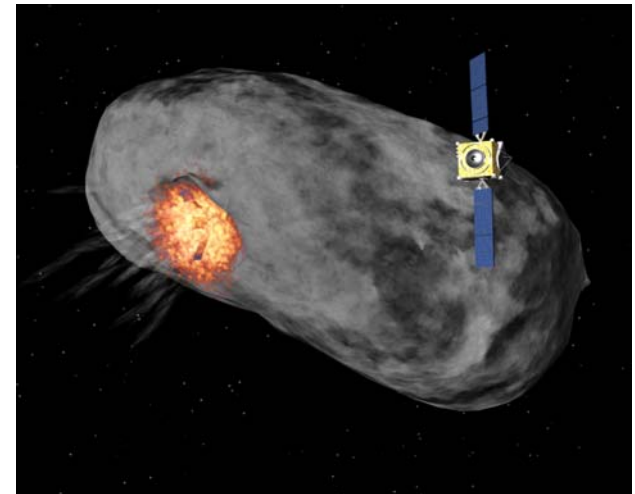
- **Destruyéndolo** con una explosión (convencional o nuclear)
 - La explosión puede ser a cierta distancia, ...
 - Sobre la superficie o ...
 - Bajo ella
- **Desviándolo** de su trayectoria de choque con la Tierra:
 - Con una explosión (convencional o nuclear)
 - Haciendo chocar contra él otro cuerpo (impacto cinético)
 - Usando un tractor gravitacional y propulsión eléctrica
 - Usando el método de "Ion Beam Shepherd" (UPM)
 - Usando un método de impacto de un láser
 - Instalando una vela solar para que el viento solar lo desplace
- Otras opciones menos convencionales

¿Qué hacemos si viene un asteroide?

- Resulta fundamental hacer medidas precisas de su **órbita**
- Predecir el **tamaño** de asteroide, para conocer su peligro
- Predecir el **lugar** de impacto
- El tiempo de aviso es fundamental para diseñar estrategias de mitigación
- Un impacto sobre el mar posiblemente resultaría mas peligroso → tsunamis
- Dependiendo del lugar de impacto y el tamaño:
 - Tratar de impedir el impacto
 - Evacuar a la poblacion

Conceptos de Misión y Estudios de Sistema

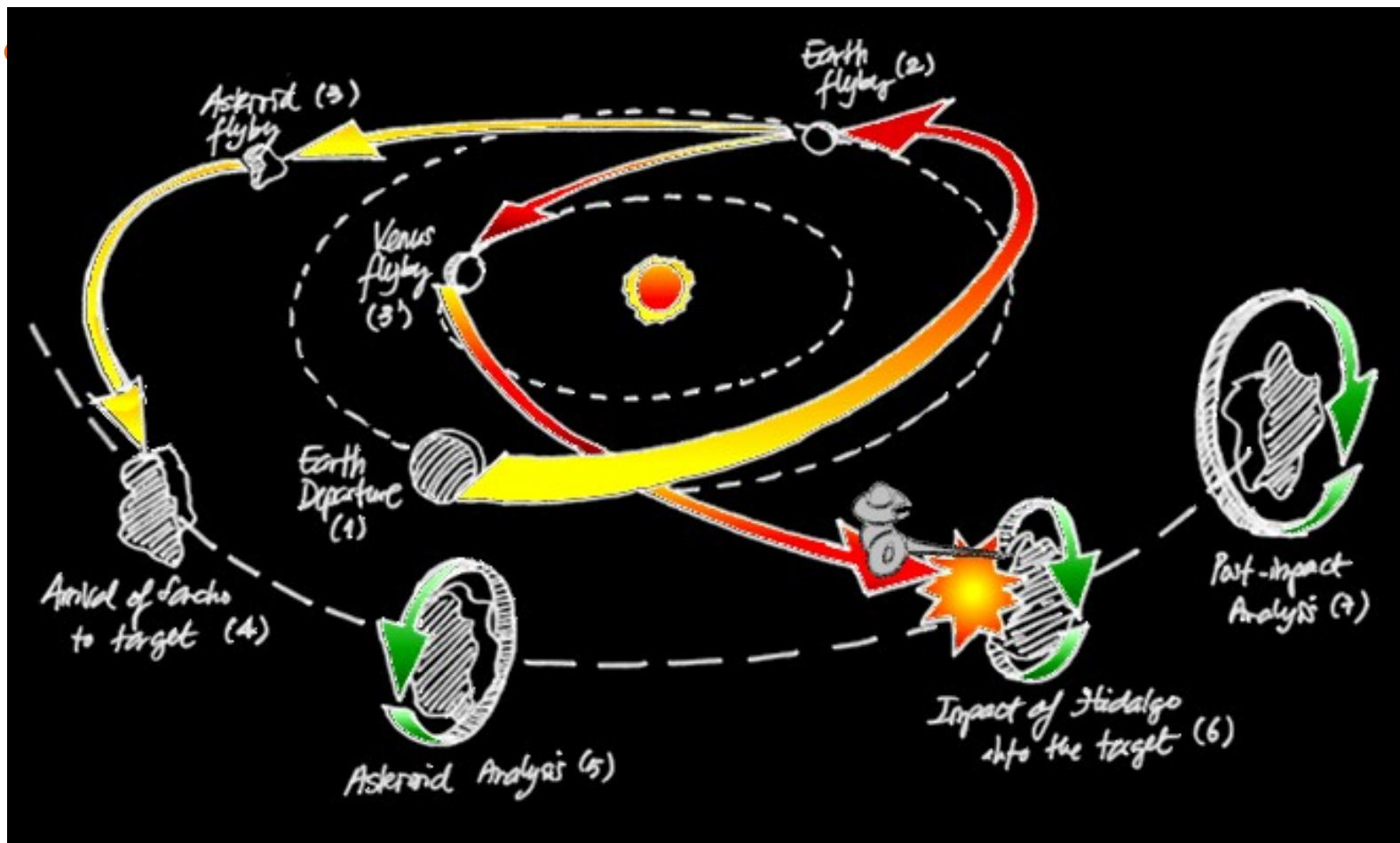
4



La Misión Don Quijote (I)

- Concepto de misión planteado en 2002 a la ESA por DEIMOS Space y la Universidad de Pisa
- Estudio de fase 0 entre 2002 y 2003
- Solución de mitigación basada en **impactador cinético**
- Además, un **orbitador** alcanzaría antes el asteroide para caracterizarlo
- En 2006-2007 la ESA promovió estudios de fase A (tres contratos en paralelo)
- La solución técnica permanece hoy en día como el **concepto de mitigación más implementable**

La Misión Don Quijote (II)



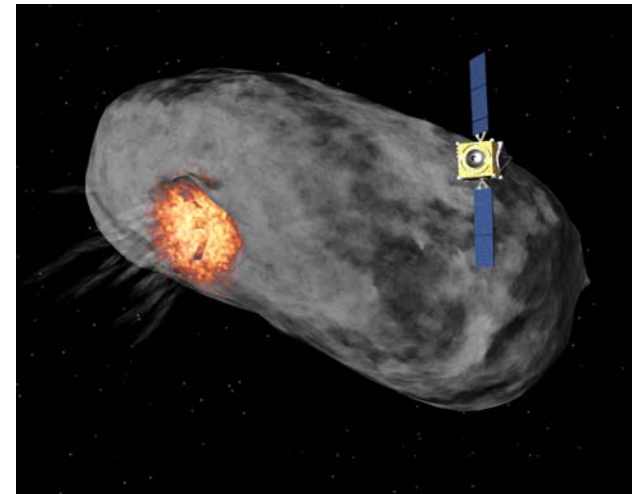
El Proyecto NEOShield

- Proyecto FP7 comenzado en 2012 para desarrollar **técnicas de mitigación** del riesgo de asteroides
- Tres conceptos investigados:
 - Impactador cinético
 - Tractor gravitacional
 - Explosión atómica
 - Combinación de los anteriores
- 13 instituciones colaboradoras (11 europeas + 1 EE.UU. + 1 Rusia)
- Elaboración de prácticas a nivel internacional para la reacción frente al riesgo



Iniciativas Globales

5



- **Conferencia internacional** sobre Defensa Planetaria (bianual desde 2005). Próxima ocasión: Roma 2015
- La Asociación de Exploradores del Espacio (ASE) ha formado un comité desde 2005 sobre el asunto
- Pedro Duque pertenece a ese comité
- El comité ha elaborado **recomendaciones** para la ONU, el gobierno de EE.UU. otras instituciones
- Iniciativas a nivel **UNCOPUOS** para coordinar respuesta internacional (Action Team 14)
- Creación de **IAWN** y **SMPAG** (2013)

Conclusiones

6



Conclusiones (I)

- El ambiente que rodea a la Tierra contiene muchos **restos** de materia estelar que cruzan la órbita de la misma
- En algunos casos esos objetos pueden **impactar** a la Tierra
- Actualmente se dispone de **estimaciones** de la cantidad de cuerpos en función de su tamaño
- El **riesgo residual** actual se centra en los objetos de 100-300 m que pueden causar un daño de regional a global
- Sin embargo el **riesgo más probable** está en los objetos menores de 50 m que causan un daño local (Chelyabinsk)

Conclusiones (II)

- En la situación actual, por cada NEA de 100 m que haya que desviar:
 - Habrá 100 casos como el de Tunguska o el de Chelyabinsk, la mitad de los cuales podrá ser detectado con anterioridad, la otra mitad no
 - Habrá 3000 impactos de objetos mayores de 5 m, la mitad de los cuales podrá ser detectado con anterioridad, la otra mitad no
- **Alertas** deberán ser publicadas para NEOs estimados entre 5-10 m y **evacuaciones** ordenadas si se estima entre 15-20 m
- Las labores de **detección temprana** de NEOs son fundamentales en las próximas décadas para mitigar el riesgo
- Será de interés seguir las **iniciativas internacionales** (ONU) que se están desarrollando para coordinar respuestas frente al riesgo



Viñeta de Ettore Perozzi

Gracias