



# TECNOLOGÍA DE FIBRA ÓPTICA Y SU APLICACIÓN A LA MONITORIZACIÓN DE ESTRUCTURAS CIVILES

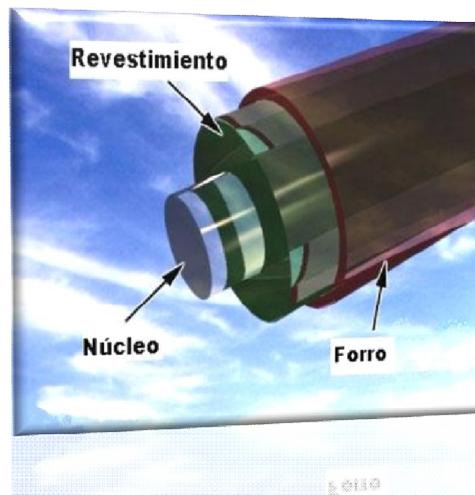
...HARDWARE... SOFTWARE...  
**TEAMWARE**



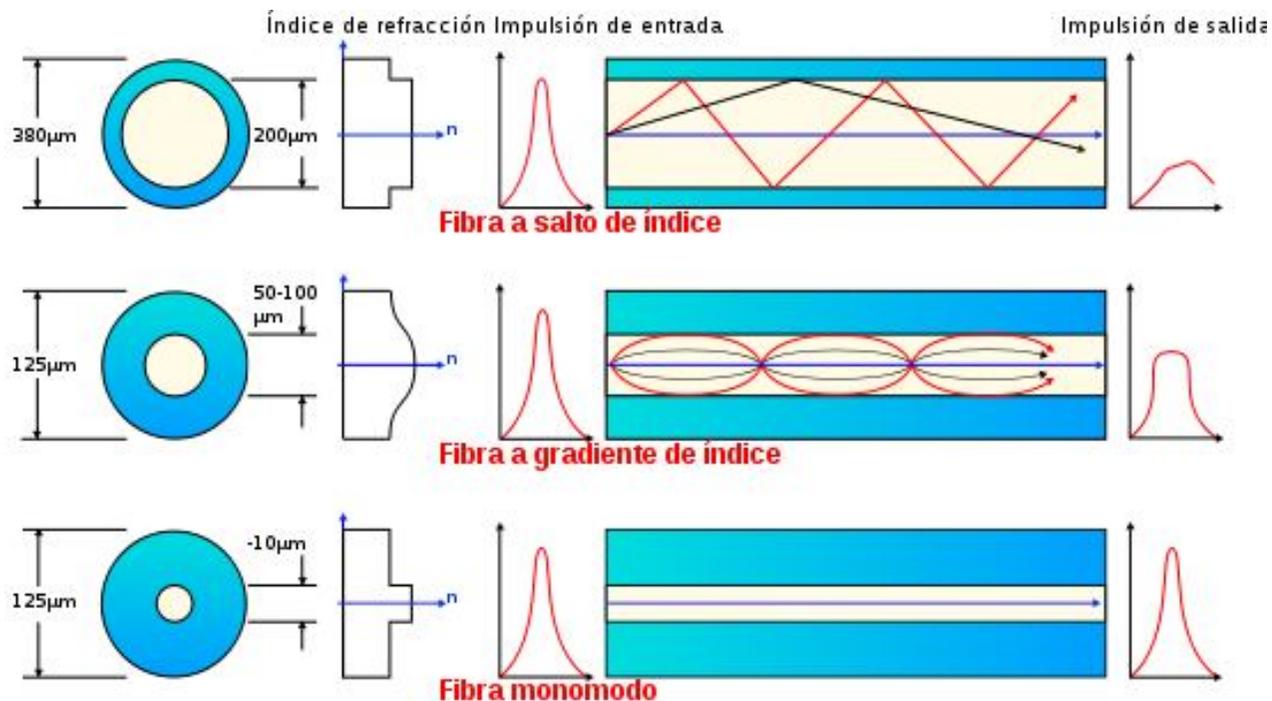
SGI 2201612

## FIBRA ÓPTICA Y SU ESTRUCTURA

- ✘ La fibra está compuesta de un **núcleo**, por donde se propaga la luz, protegida por un recubrimiento exterior (**cladding**)
- ✘ Núcleo tratado de  $\text{GeO}_2$  (el aumento de Ge aumenta el índice de refracción)
- ✘ **Cladding** de  $\text{F}_2$  tratado (el aumento de F disminuye el índice de refracción)



## FIBRAS MULTIMODO Y MONOMODO



- ✘ Las fibras multimodo tienen un índice de atenuación mayor que las monomodo (typ. 0,2 dB/km)
- ✘ Las monomodo están indicadas para largas distancias

## LA FIBRA ÓPTICA COMO ELEMENTO SENSOR

- ✘ Se utiliza fibra óptica para la medida de distintos parámetros como son temperatura, presión, vibración, deformación, desplazamiento,...
- ✘ La medida afecta a la intensidad, fase, polarización, longitud de onda y/o espectro de la propagación de la luz

## TIPOS DE SENSORES DE FIBRA ÓPTICA

- ✘ *Sensores puntuales*
- ✘ *Sensores quasi-distribuidos (sensores puntuales multiplexados)*
- ✘ *Sensores distribuidos (Distributed sensors)*



## SENSORES DE FIBRA ÓPTICA

### *Sensores Quasi-distribuidos*

- ✘ Sensores de Redes de Bragg (FBG)



### *Sensores Distribuidos*

- ✘ Raman
- ✘ Brilluoin



...HARDWARE... SOFTWARE...  
**TEAMWARE**



SGI 2201612



# TECNOLOGÍA FBG

$2n_{eff}\Lambda$

$n_{eff}$  – effective refractive index of the fiber core  
 $\Lambda$  – grating period

...HARDWARE... SOFTWARE...  
**TEAMWARE**



...HARDWARE... SOFTWARE...  
**TEAMWARE**



**Deformación**

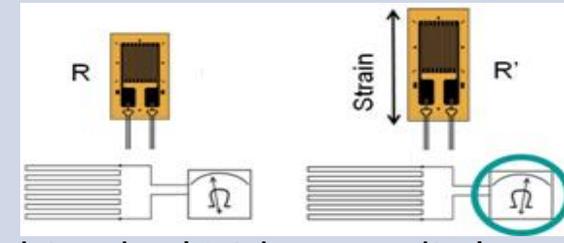
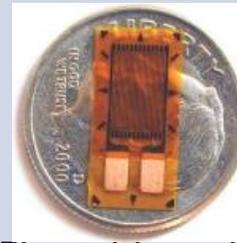
- Elongación relativa de un objeto
- $\epsilon = \Delta L/L$

**Banda/Galga extensométrica**

- Sensor más común para análisis estructurales
- Base de medida para la creación de otra tipología de sensores (presión, desplazamiento, aceleración,...)

**Banda eléctrica extensométrica**

- Sensor más común para la medida de deformaciones
- Se pega directamente a la estructura a estudiar



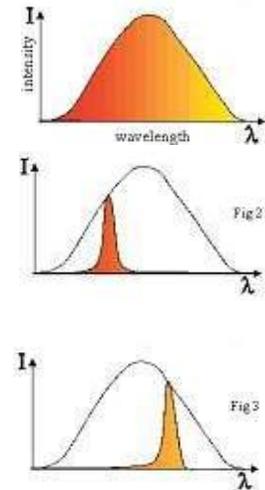
- El cambio en la resistencia eléctrica, permite la medida de la deformación

**Mercado de**  
**bandas**  
**extensométricas**

- \$3.5B en 2008
- Crecimiento del mercado >5%
- >18M de unidades vendidas en 2008

**REDES DE BRAGG (FBG)**

**PRINCIPIO DE MEDIDA**



Luz emitida **Red de Bragg (grabado)**



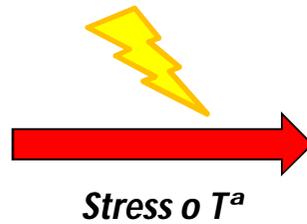
Luz reflejada



Luz reflejada

Deformación o  $\Delta t^a$

Estado inicial  
 $\lambda_0$

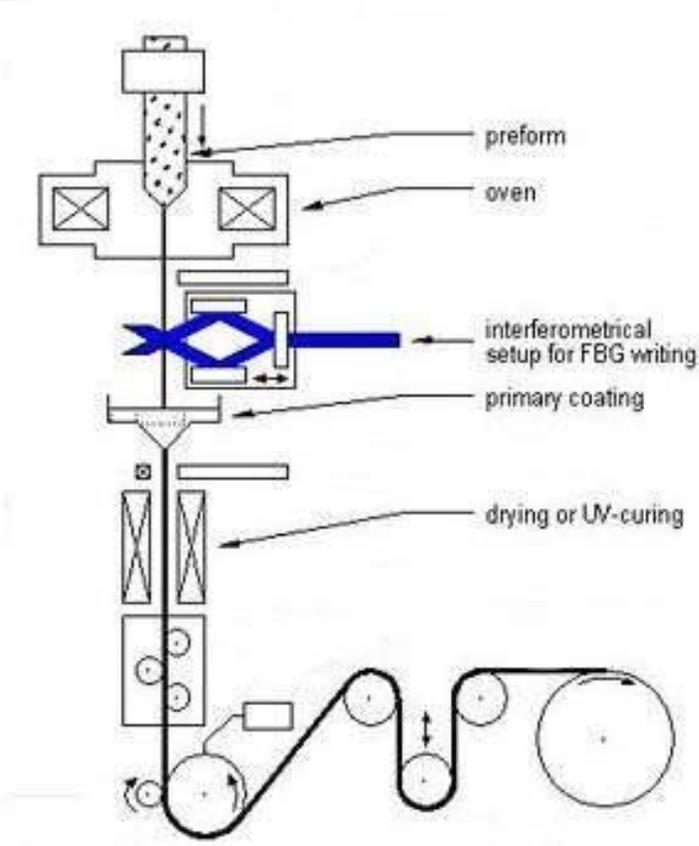


Estado final  
 $\lambda_1$



$\mu\epsilon$   
 $^{\circ}C$

## TORRE DE GRABADO de FBG's



**Preforma F.O  
foto-sensible**

**Láser  
interferométrico**

- ▶ **FOS&S** posee un sistema patentado de producción de FBG's → **DTG®**
- ▶ Se pueden producir sensores en serie con determinadas longitudes de onda

### Fiabilidad

- Componente pasivo
- Larga vida útil (>20 años)
- Estabilidad en el tiempo
- No necesita calibración

### Configuración

- Hasta 50 sensores en una fibra (depende del rango)
- Excelente sensibilidad
- Alta resistencia a la fatiga
- Medidas de gran distancia (>20 km)

### Medidas basadas en luz

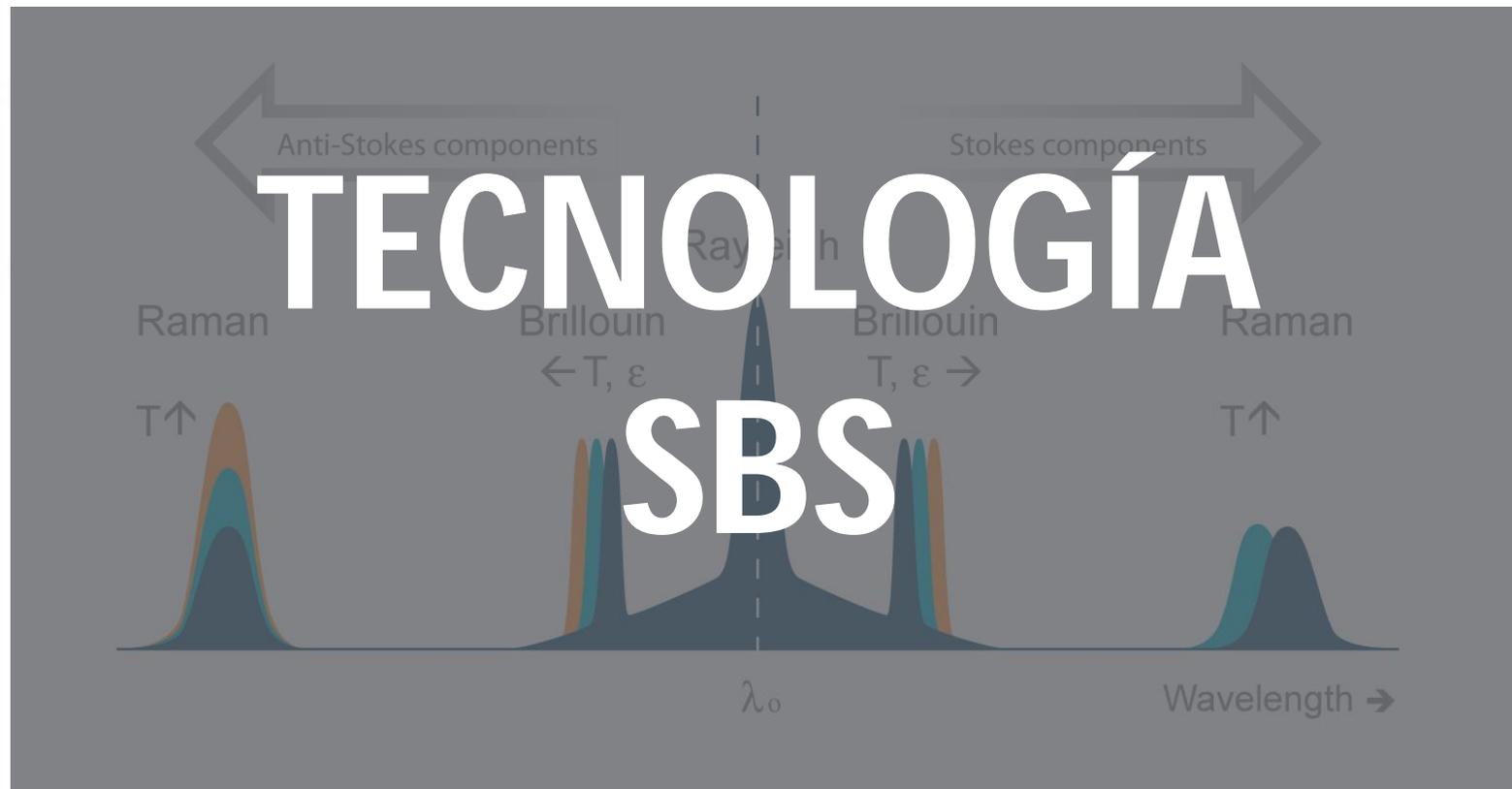
- Inmune a campos electro-magnéticos
- Inmune a descargas eléctricas (fuentes alimentación, meteorológicos,...)
- Seguridad intrínseca



### Tamaño

- El cable es el sensor
- Poco peso y diámetro < 1/4 mm
- Fácil integración alta capacidad para embeber (composites,...)

# Ventajas



# INSTRUMENTACIÓN CON SENSORES DISTRIBUIDOS

**From N pin point sensors to monitor N locations...**

**Sensores independientes:  
N sensores, N cables,  
N calibraciones, N...**

...HARDWARE...SOFTWARE...  
**TEAMWARE**

# INSTRUMENTACIÓN CON SENSORES DISTRIBUIDOS



**... to one fibre to monitor thousands of locations!**



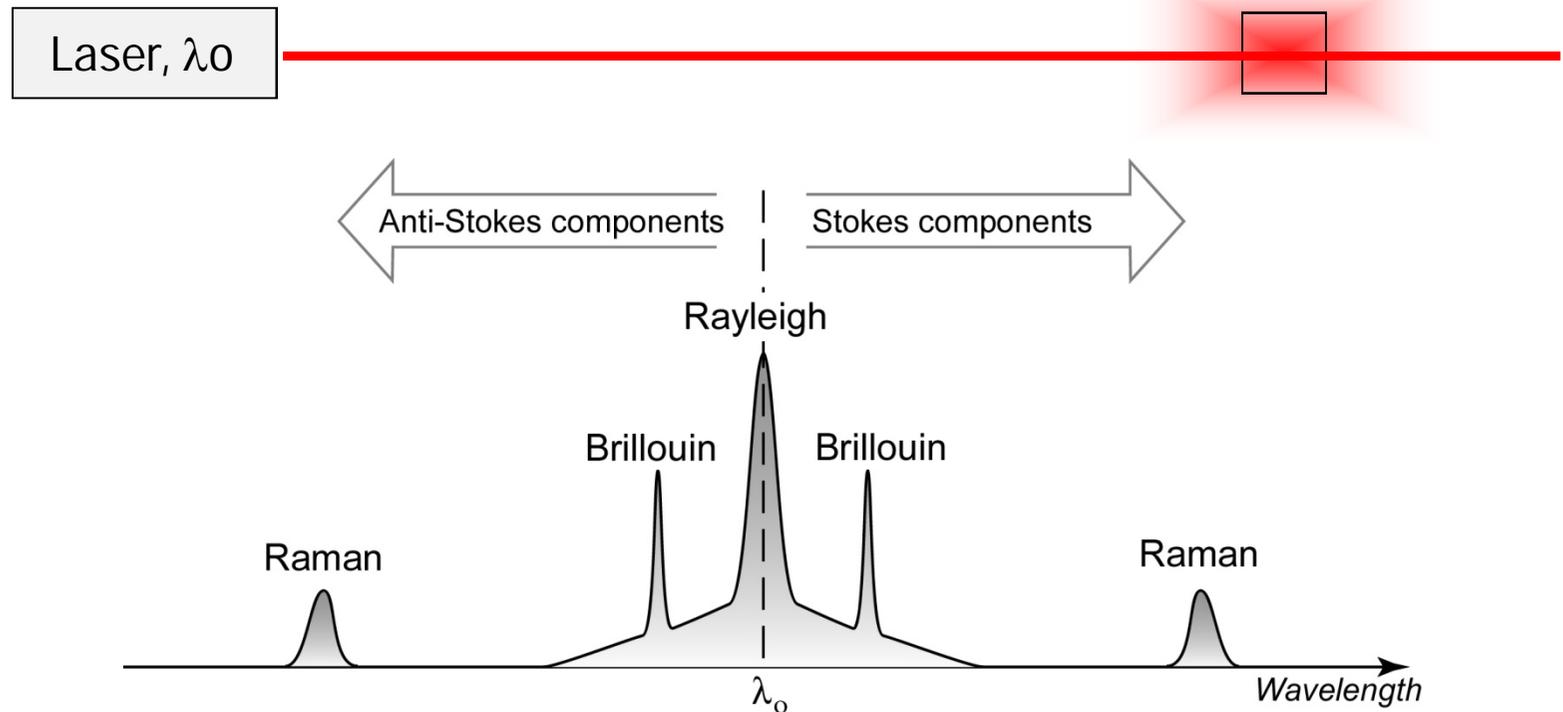
Monitorización, un solo cable, un solo instrumento de medida

...HARDWARE...SOFTWARE...  
**TEAM**

Technology

# INSTRUMENTACIÓN CON SENSORES DISTRIBUIDOS

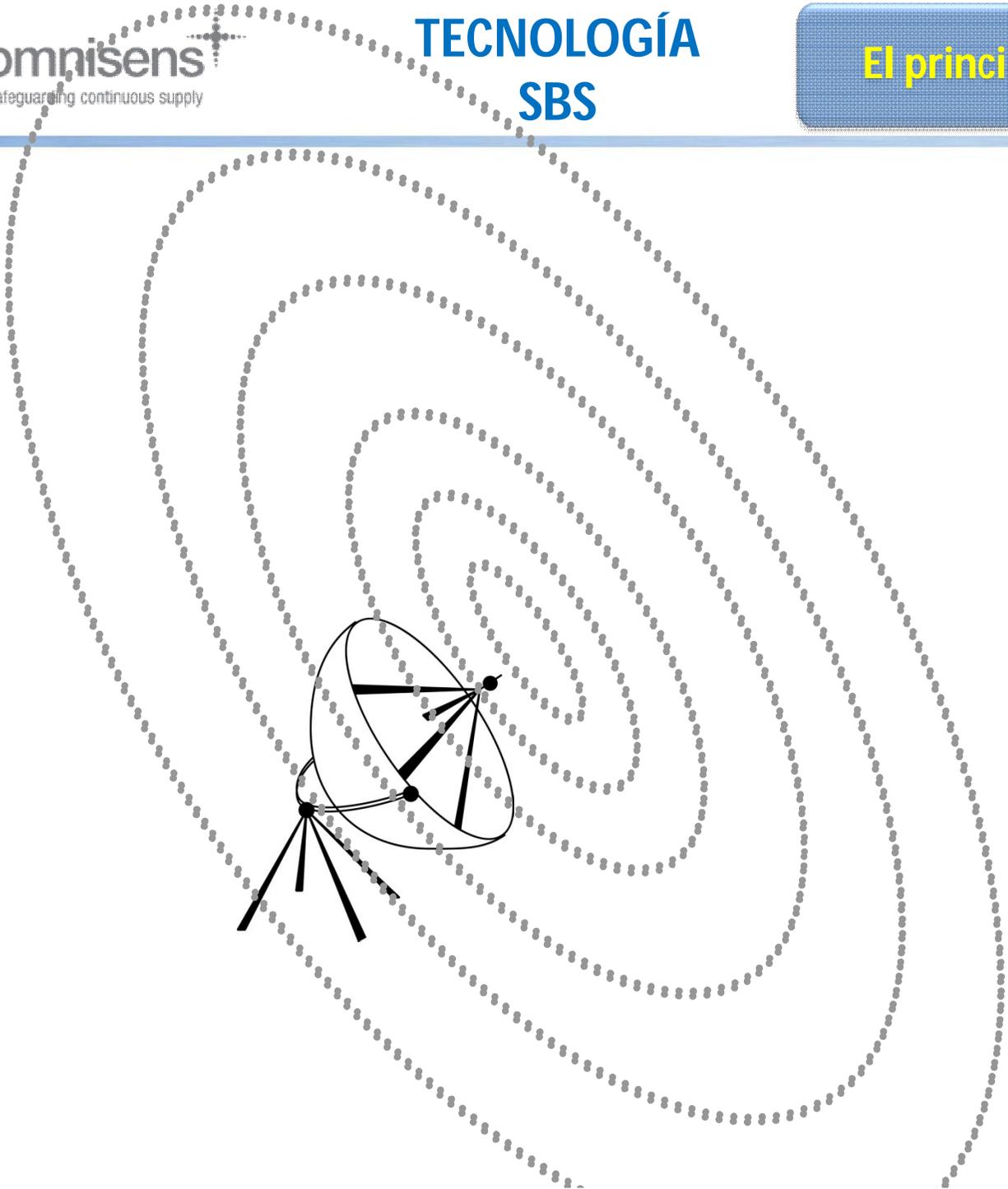
- ✘ Utiliza la reflexión (scattering) de la luz en un medio para realizar la medida
- ✘ Esa reflexión es generada por imperfecciones en el medio (fibra)



...HARDWARE... SOFTWARE...  
**TEAMWARE**



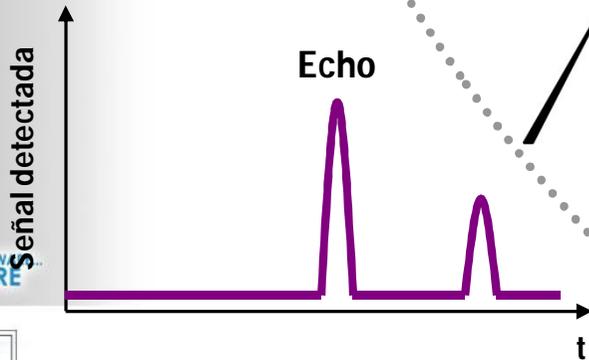
SGI 2201612



...HARDWARE... SOFTWARE...  
**TEAMWARE**



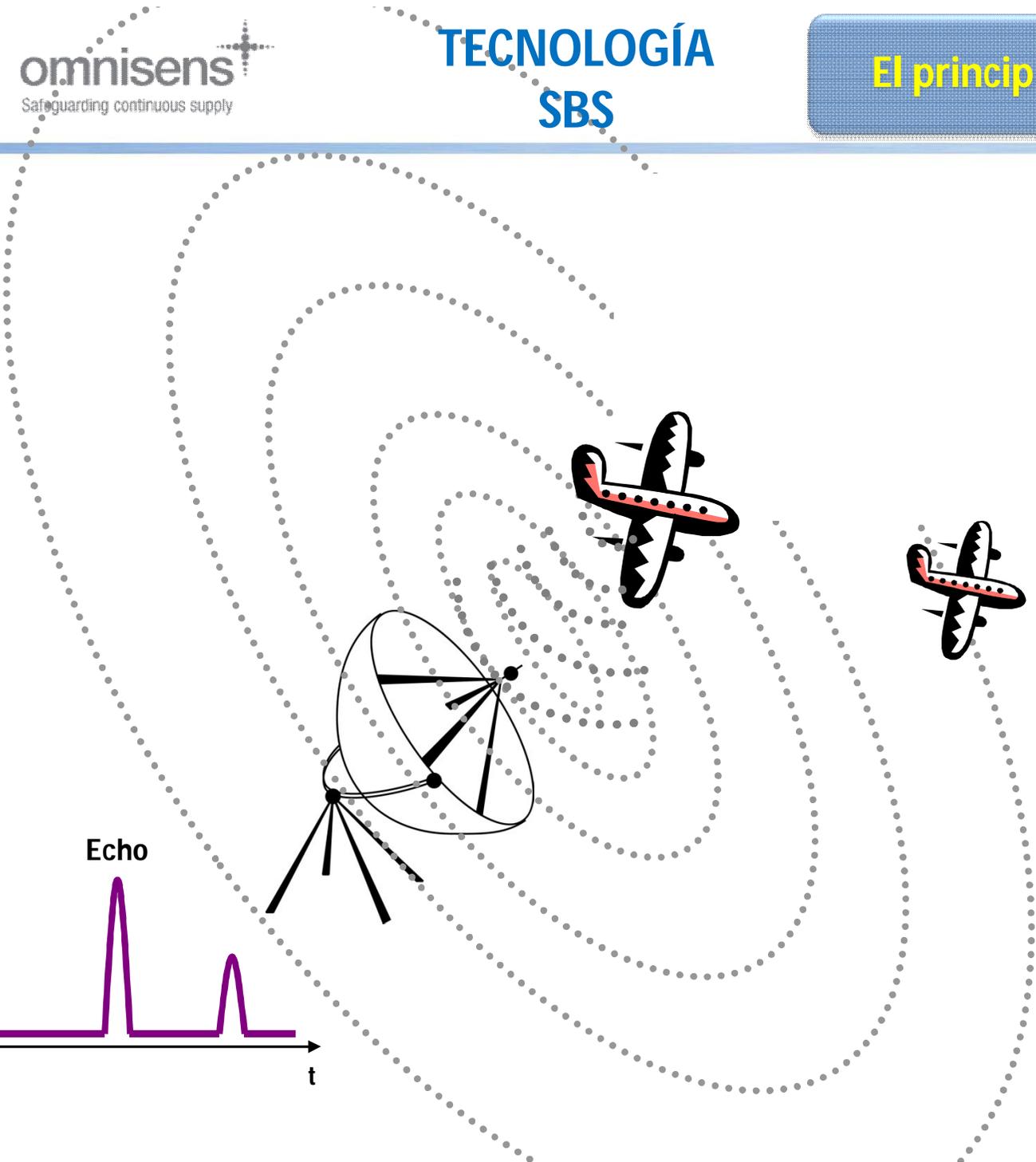
SGI 2201612



...HARDWARE...SOFTWARE...TEAMWARE

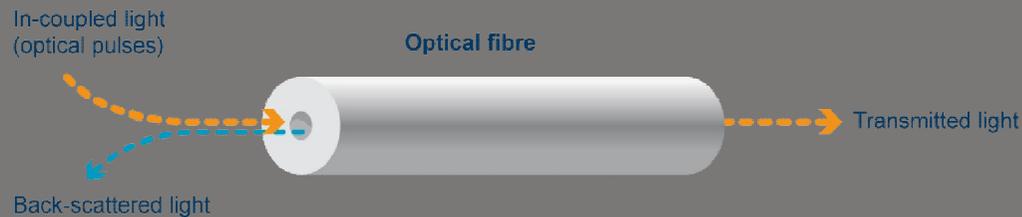


SGI 2201612



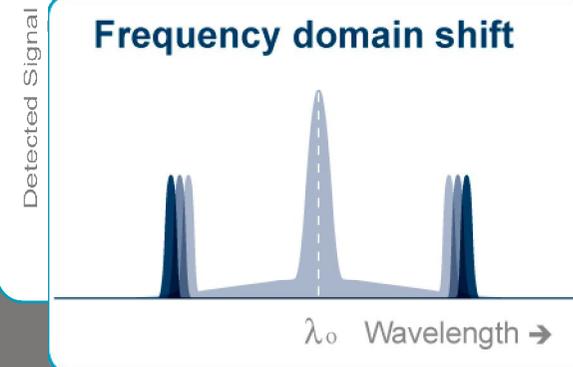
Análisis de la luz reflejada:

- El uso de pulsos de luz posibilita la localización
- El análisis espectral en frecuencia, proporciona el valor, T<sup>a</sup> y/o strain



Análisis en el dominio del tiempo

Frequency domain shift



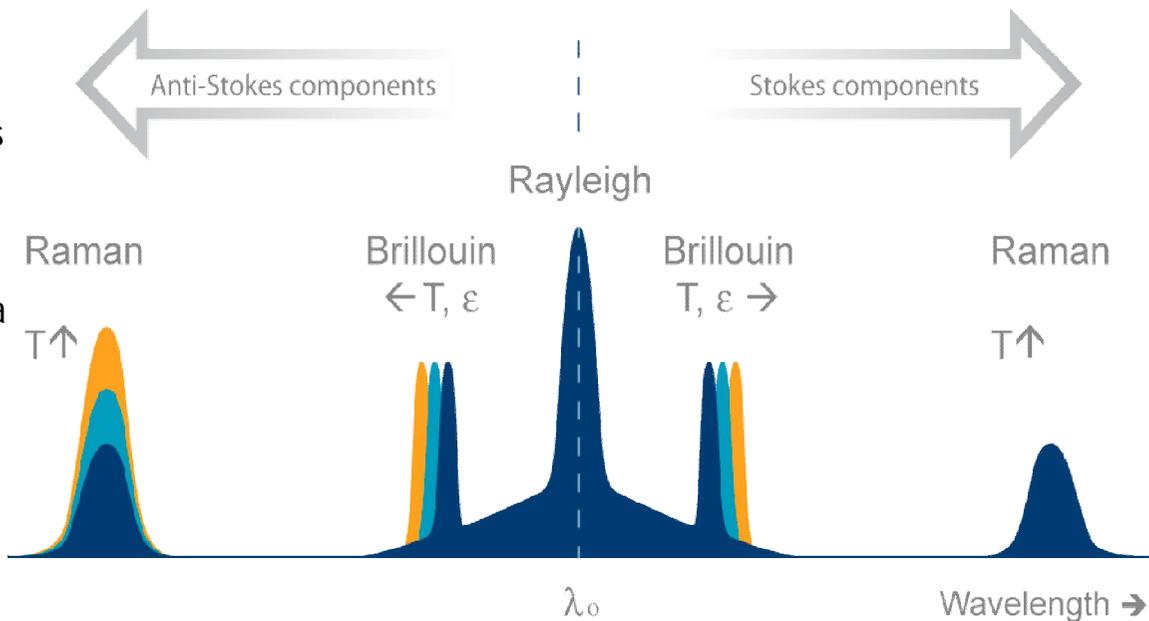
**NO TODAS LAS COMPONENTES MIDEN LO MISMO**

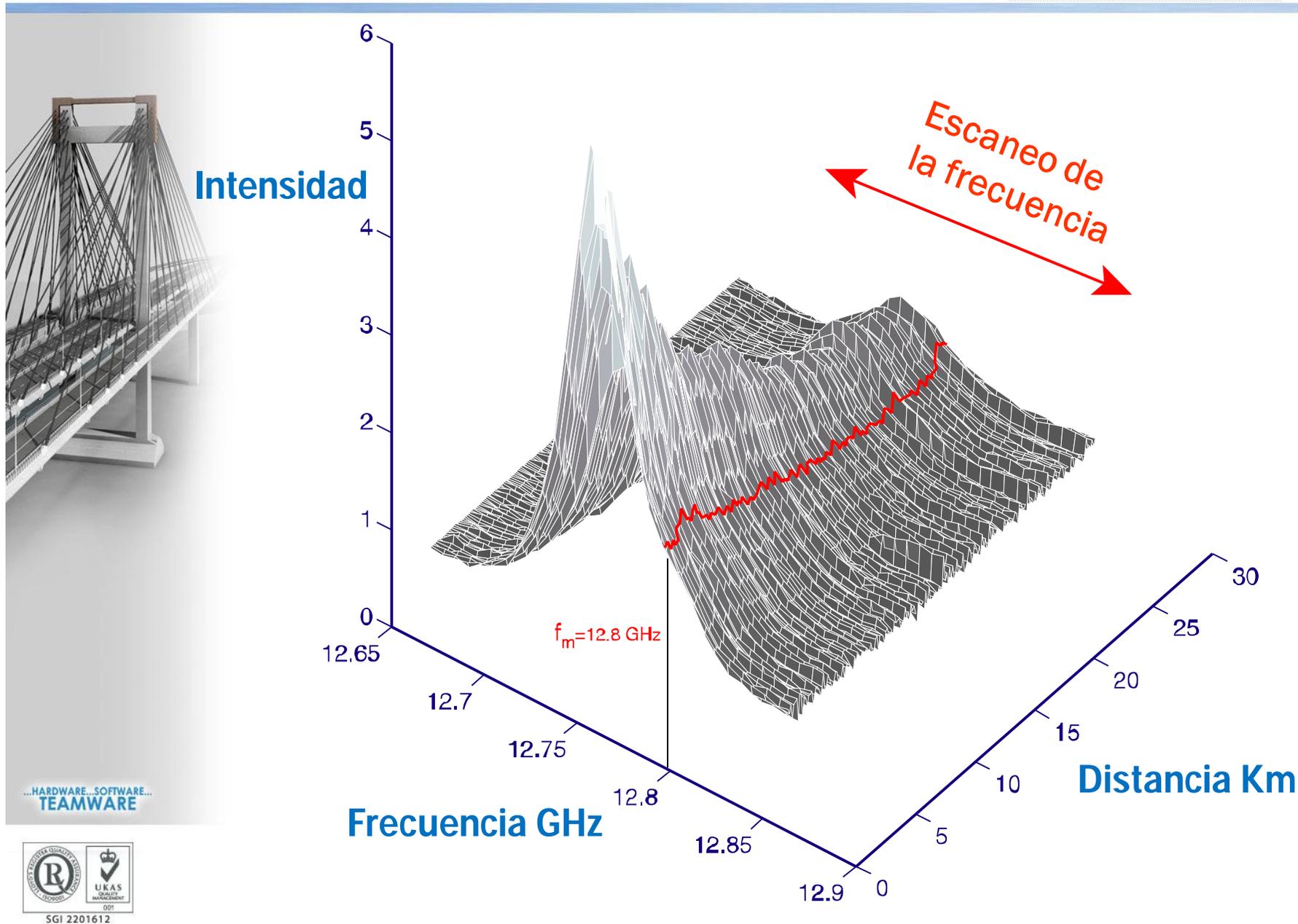


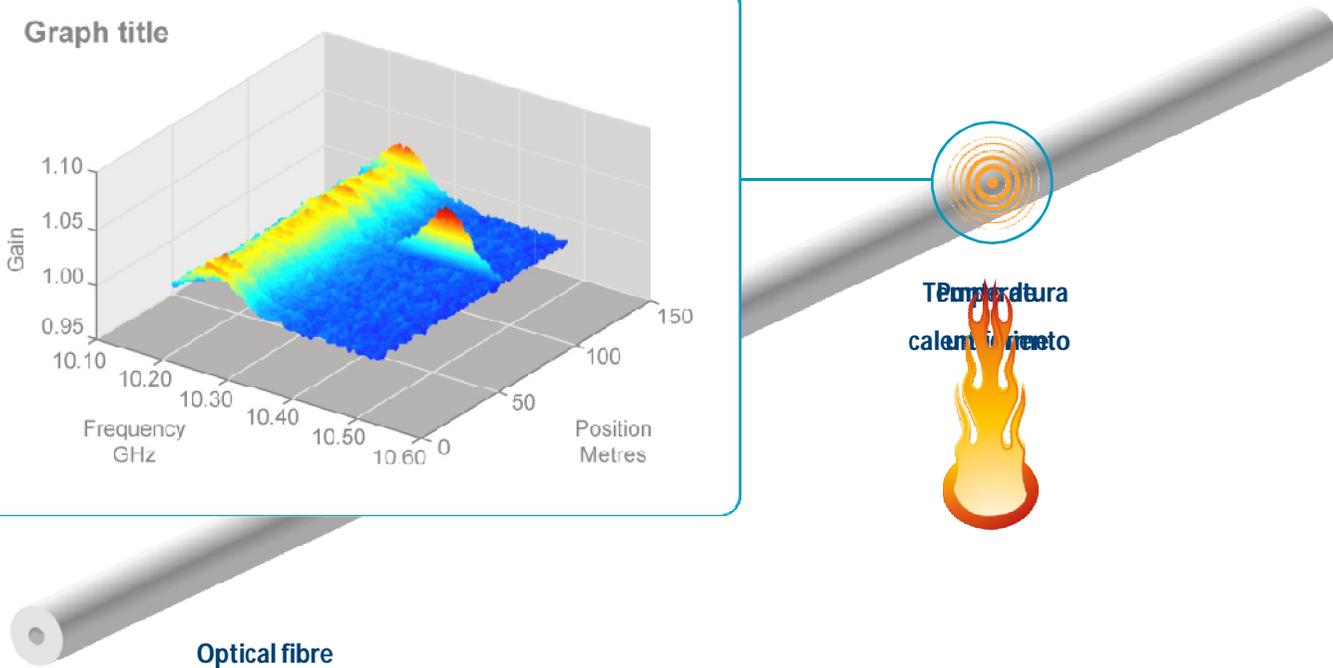
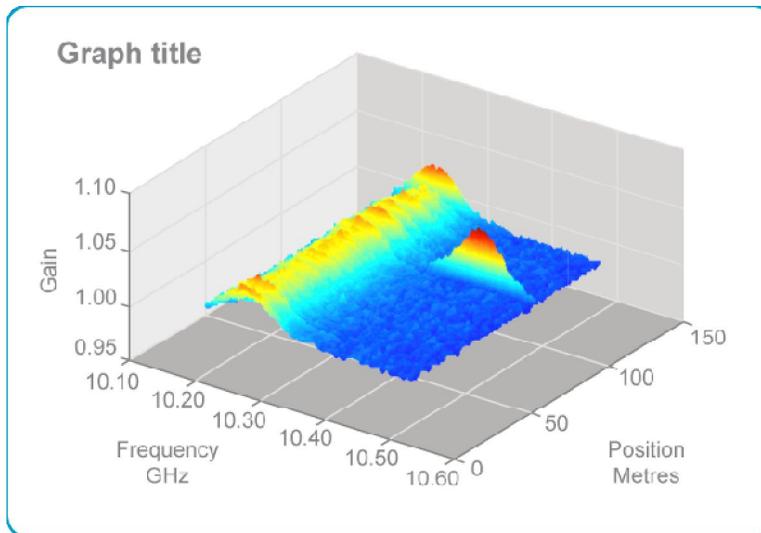
**Rayleigh**  
Detección y análisis dinámico.  
Detección de señales acústicas

**Raman**  
Únicamente dependiente de la temperatura

**Brillouin**  
Dependiente de la tensión y la temperatura





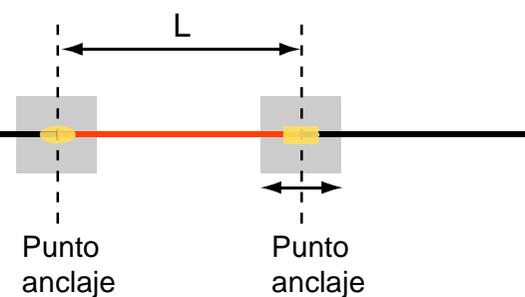


## RESOLUCIÓN ESPACIAL

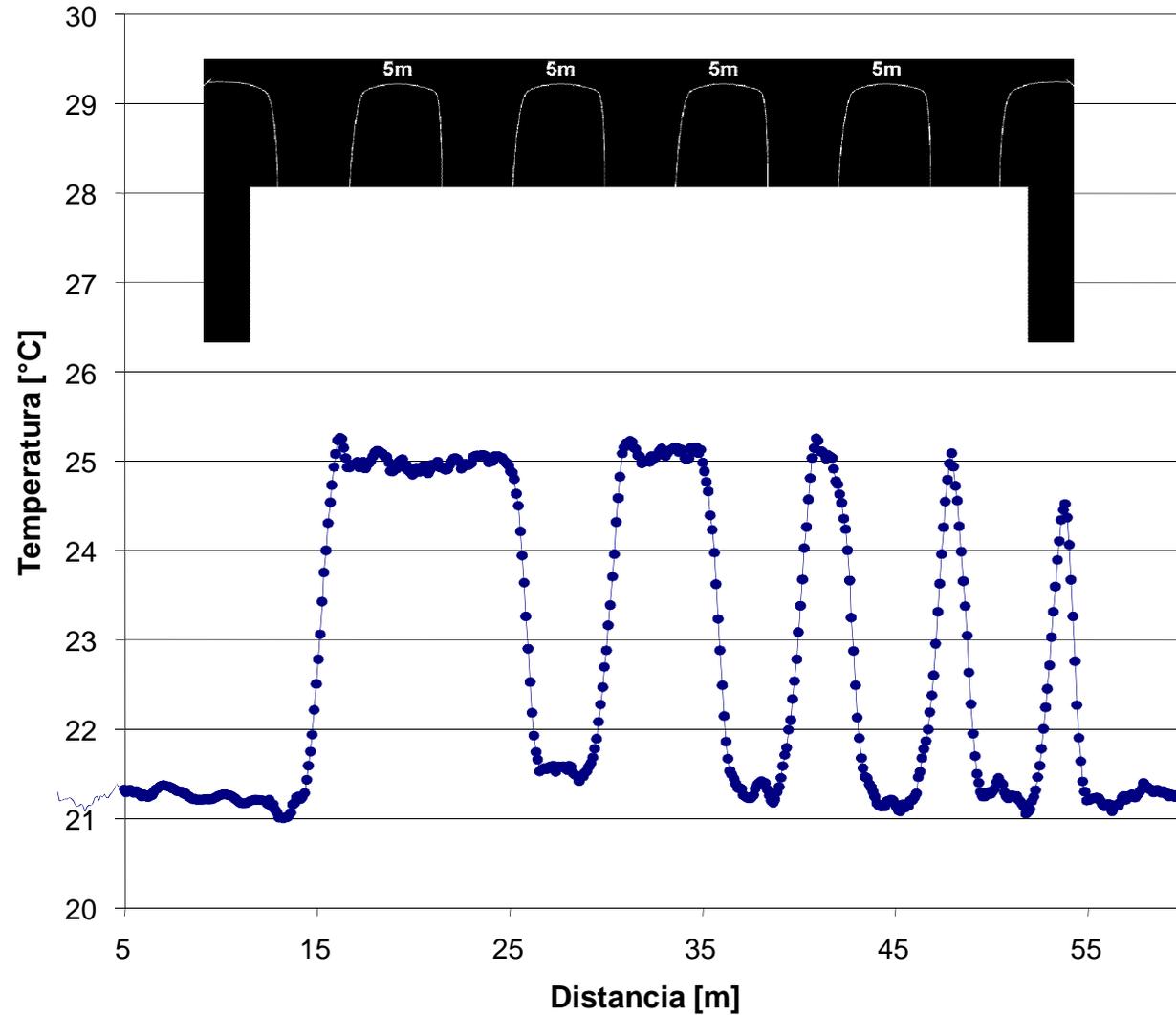
- ✘ Es la habilidad de poder discriminar entre dos localizaciones adyacentes
- ✘ Habilidad de detectar, localizar y cuantificar los cambios de strain y/o temperatura

10 ns Pulso óptico

Fibra sensible



**RESOLUCIÓN ESPACIAL**



...HARDWARE...SOFTWARE...  
**TEAMWARE**



SGI 2201612

## 4.- CONCLUSIONES - VENTAJAS

### CONCLUSIONES – VENTAJAS DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DE FIBRA ÓPTICA

- POSIBILIDAD DE MEDIDAS ESTÁTICAS Y DINÁMICAS CON LOS MISMOS SENSORES
- AMPLIO RANGO DE MEDIDA (desde varios centímetros hasta 40 km)
- FACILIDAD EN EL MONTAJE
- FÁCIL COMPENSACIÓN TÉRMICA DE TODOS LOS SENSORES
- NO LE AFECTAN LAS INTERFERENCIAS/CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS
- NO NECESITAN AMPLIFICADORES DE SEÑAL NI ACONDICIONADORES EXTERNOS
- POSIBILIDAD DE CONEXIONADO DE SENSORES EN SERIE → EN UN CABLE, MUCHOS SENSORES
- LARGA VIDA ÚTIL DE LOS SENSORES, más de 20 años
- NO HAY NINGÚN TIPO DE SEÑAL ELÉCTRICA



SEGURIDAD  
INTRÍNSECA



...HARDWARE...SOFTWARE...  
TEAMWARE



SGI 2201612

## OTRAS APLICACIONES DE LA FIBRA ÓPTICA

DETECCIÓN  
DE  
PRESENCIA

TRABAJOS  
NO  
PERMITIDOS

ACCESO A  
ZONAS  
PROHIBIDAS

VANDALISMO EN  
OBRAS LARGAS  
(oleoductos)





**MUCHAS  
GRACIAS**

...HARDWARE... SOFTWARE...  
**TEAMWARE**



SGI 2201612