

Nuevas aplicaciones de SLR- Desarrollos en la Agencia Europea del Espacio (ESA)

Bernd Sierk, EOP- Φ MO
Igor Zayer, EOP-OPG
Során Zodnik, EOP-MMO



Mi trabajo anterior



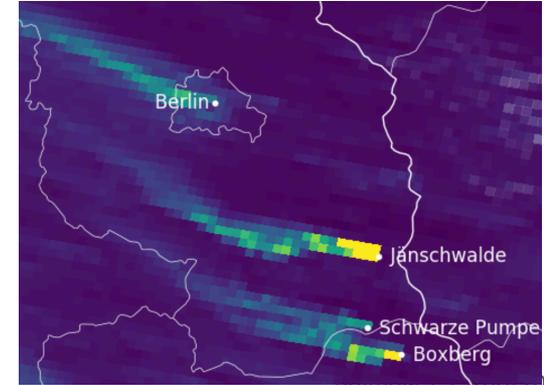
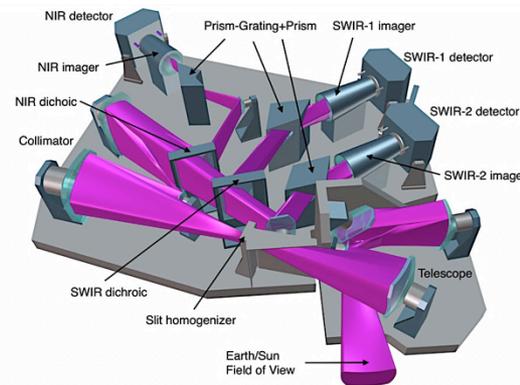
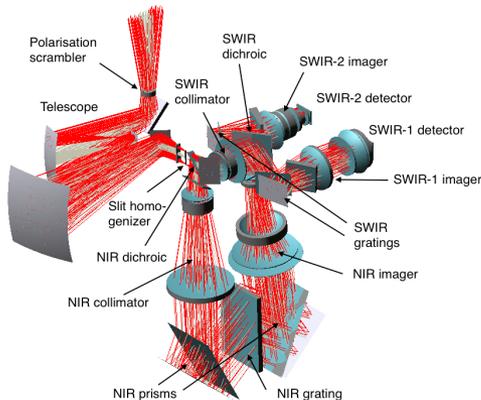
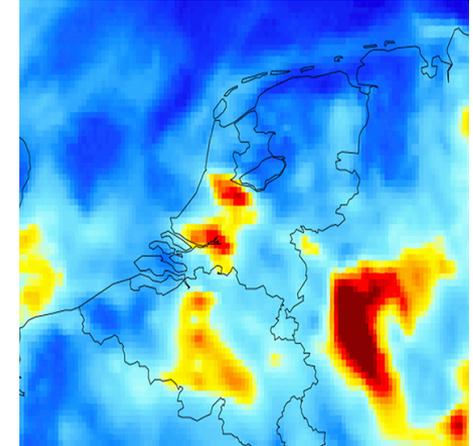
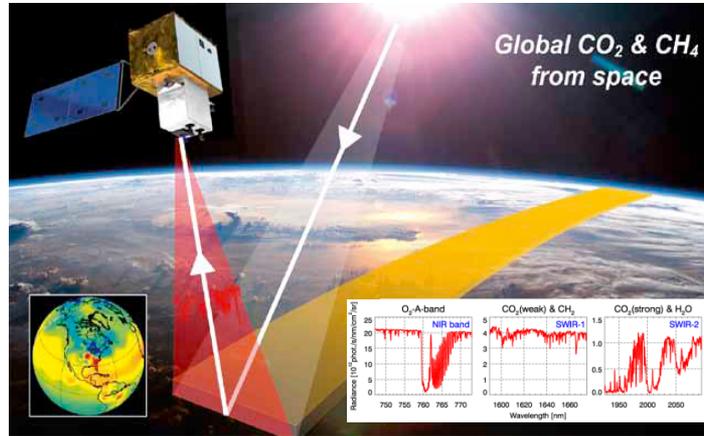
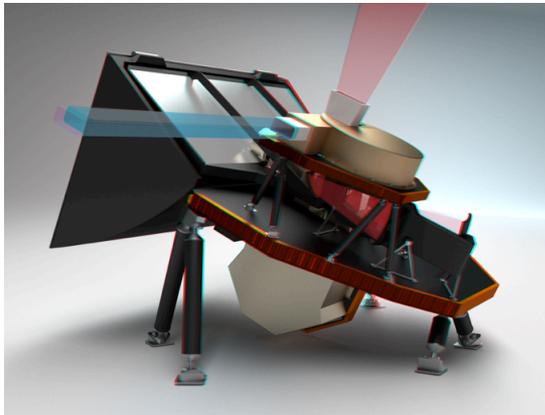
Mi trabajo presente

Ingeniero Optico en la Agencia Espacial Europea (European Space Agency, ESA)

Ingeniero de sistema para misiones satelitales

Imágenes de la concentración de

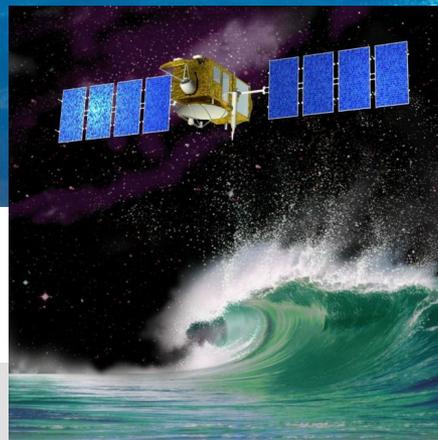
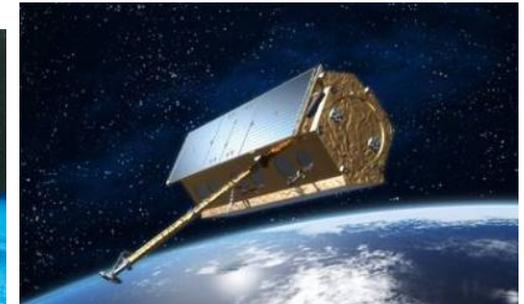
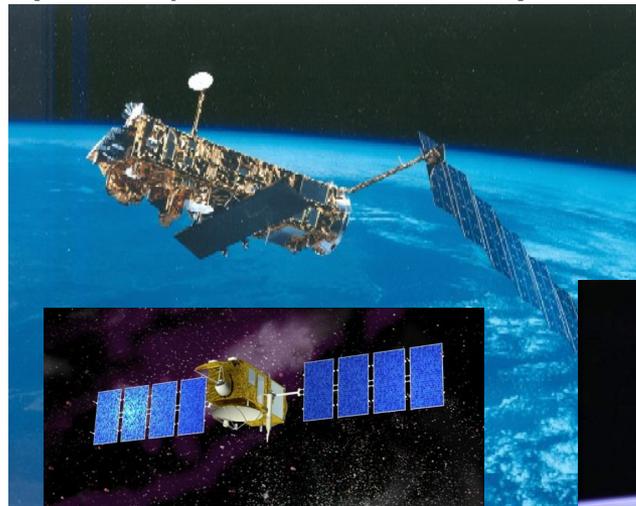
- Sentinel-5: Química atmosférica: Medición de contaminación de aire (NO_2 , O_3 , SO_2 ,...)
- CarbonSat, Sentinel-7: Medición de gases de invernadero (CO_2 y CH_4)



Motivación: SLR como técnica geodesica

La técnica SLR está conocida por sus contribuciones a productos geodesicos

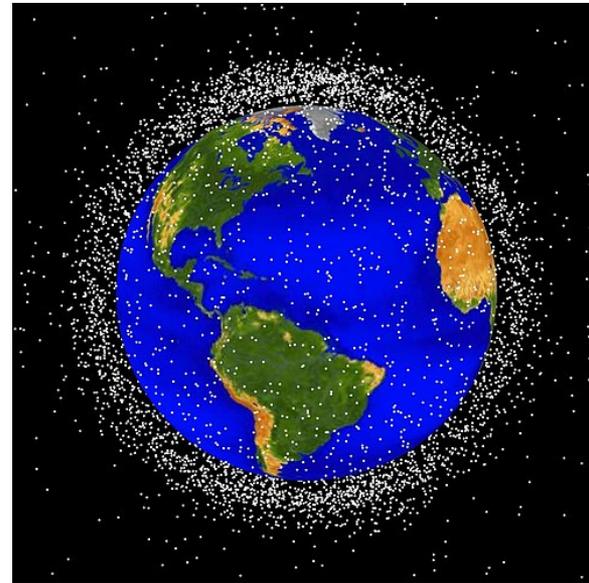
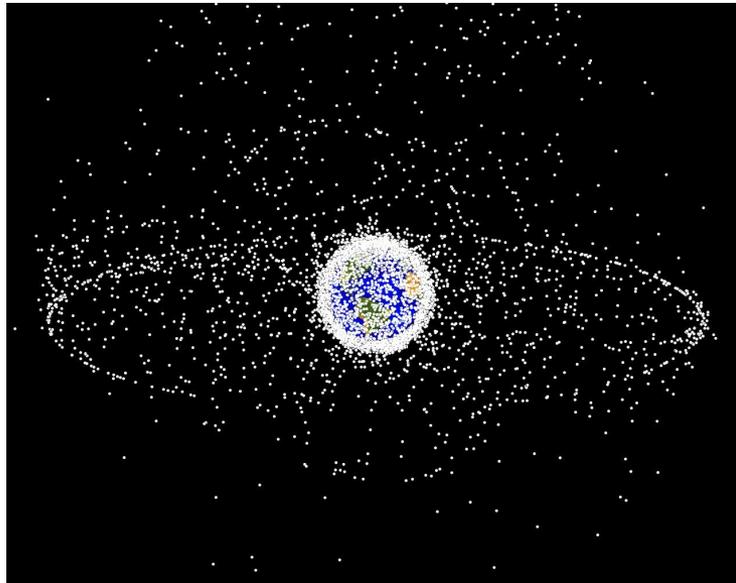
- Marcos de referencia (ITRF), importancia fundamental para actividades espaciales
- Determinación de órbitas precisas
- Suporte de un gran espectro de misiones satelitales
 - Misiones geodesicos (LAGEOS, STELLA, STARLETTE, AJISAI)
 - Sistemas de navegación (GALILEO, GPS, GLONASS, COMPASS)
 - Misiones de altimetria (ENVISAT, Jason-3, Sentinel-3)
 - Campo de gravedad (Champ, GOCE, NGGM)



La medición de láser a satélites tiene gran potencial para enrentar desafíos futuros de la navegación espacial y observación de la tierra

1.) Basura espacial (Space Debris)

- La cantidad de satélites en crecimiento rápido
 - Concentración en ciertas planes orbitales (Geo-eststacionario, synchrone-solar, polar)
 - Peligro de contaminación de órbitas por avalanchas de colisiones
- > Política de "espacio limpio"
- > Monitoreo de objetos no-cooperativos (satélites inactivos, partes de cohetes, etc.)



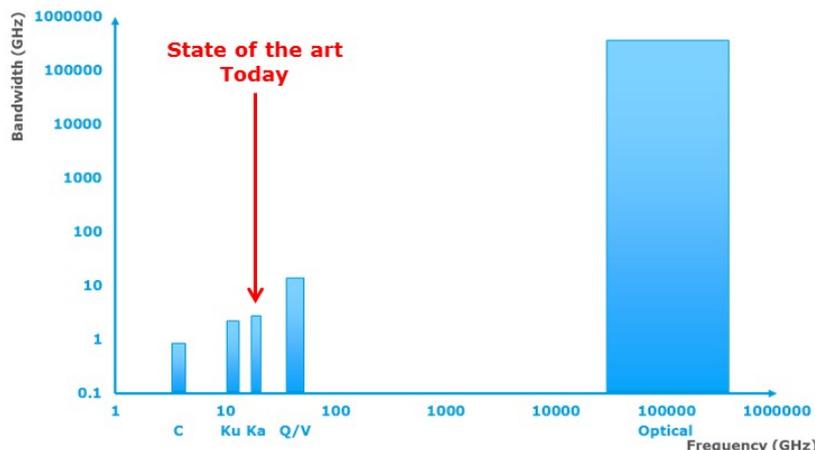
La medición de láser a satélites tiene gran potencial para enrentar desafíos futuros de la navegación espacial y observación de la tierra

2.) “Atasco de datos” entre espacio y tierra (Earth Observation, EO)

- Los instrumentos de satélites EO generan cada vez más datos:
 - más capacidad de grabar imágenes
 - mejoramientos en resolución espacial, espectral, temporal
- Constelaciones de satélites para lograr cubierto global
- Infraestructura de estaciones para downlink está limitada (banda ancha)

Se espera una explosión de la cantidad de datos generado en el espacio

- Crecimiento rápido del sector privado en la industria espacial
- Nuevas tecnologías (nano-satélites, mega-constelaciones)
- > Necesidad de ampliar la capacidad de la infraestructura terrestre



**Observatorio del Teide,
Izaña, Tenerife, Spain**

OGS



La estación óptica terrestre de la ESA en Tenerife



Factos sobre la Optical Ground Station (OGS)

Dedicada a:

- Verificación en órbita de terminales de communication láser
- Observaciones de space debris en órbita GEO y GTO
- Observaciones astronomical (Asteroids and NEOs).

Ubicación:

Observatorio del Teide in Izaña, Tenerife, España

Longitud geographica: 16°30'36.36" Oeste

Latitud geographic : 28°17'58.29" Norte

Altura sobre mar: 2393 metros

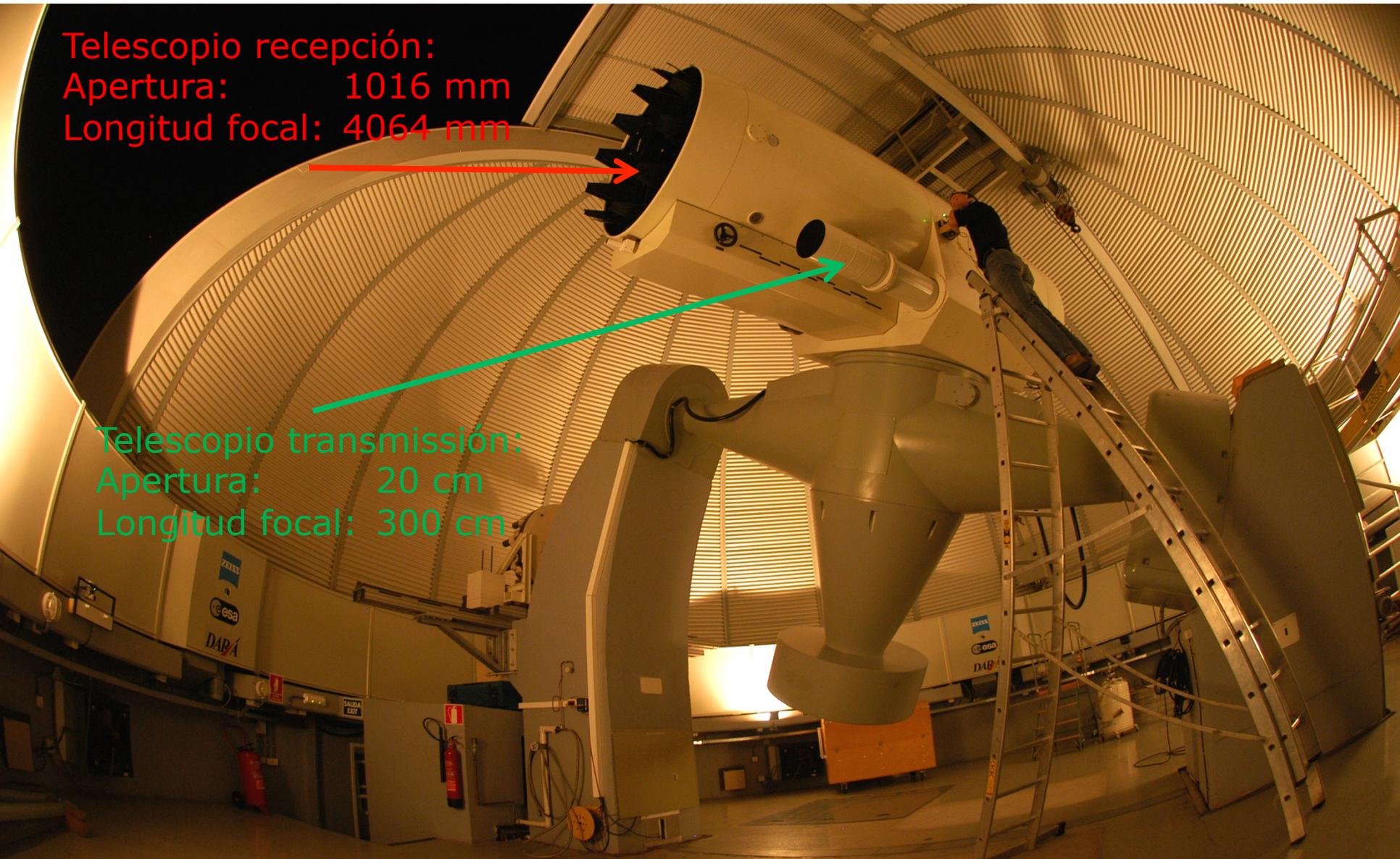
Features:

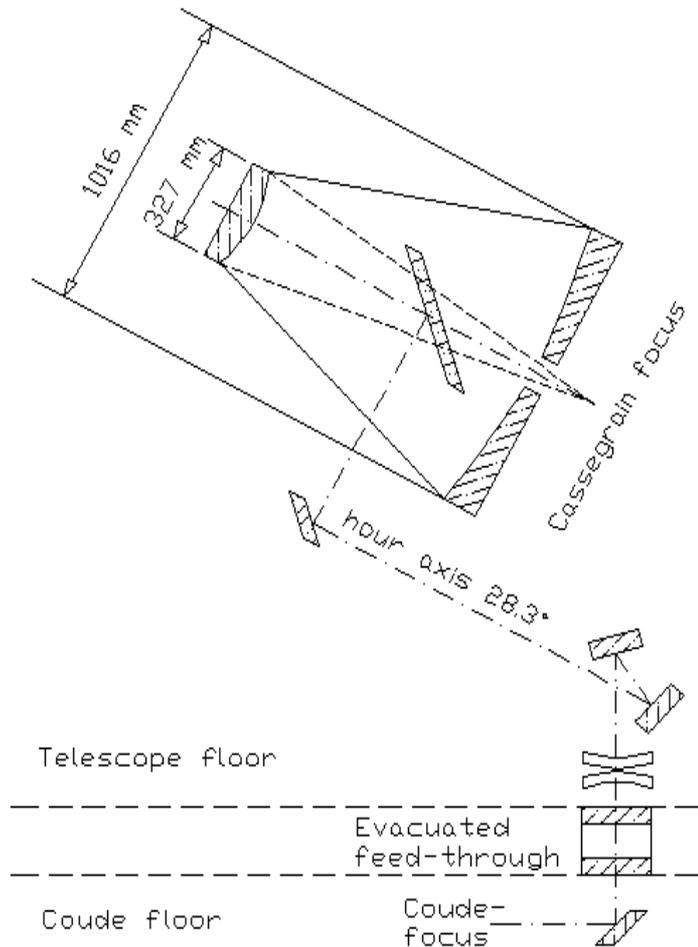
- Altitud alta, buenas condiciones de visibilidad
- Unicidad sobre la tapa de inversion de nuves
- Proximidad al equador minimiza el angulo zenito satélites GEO
- Infraestructura excelente
- tiempo de observacion controlado por ESA

Telescopio recepción:
Apertura: 1016 mm
Longitud focal: 4064 mm



Telescopio transmisión:
Apertura: 20 cm
Longitud focal: 300 cm





Telescope mounting: English equatorial

- Primary mirror: \varnothing 1016 mm, f/4

Ritchey-Chrétien (RC) system:

In Cassegrain focus

- Focal length: 13.3 m, f/13
- Field-of-view: \varnothing 45 arcmin

Space Debris (SD) system:

Focal reducer mounted in Cassegrain focus:

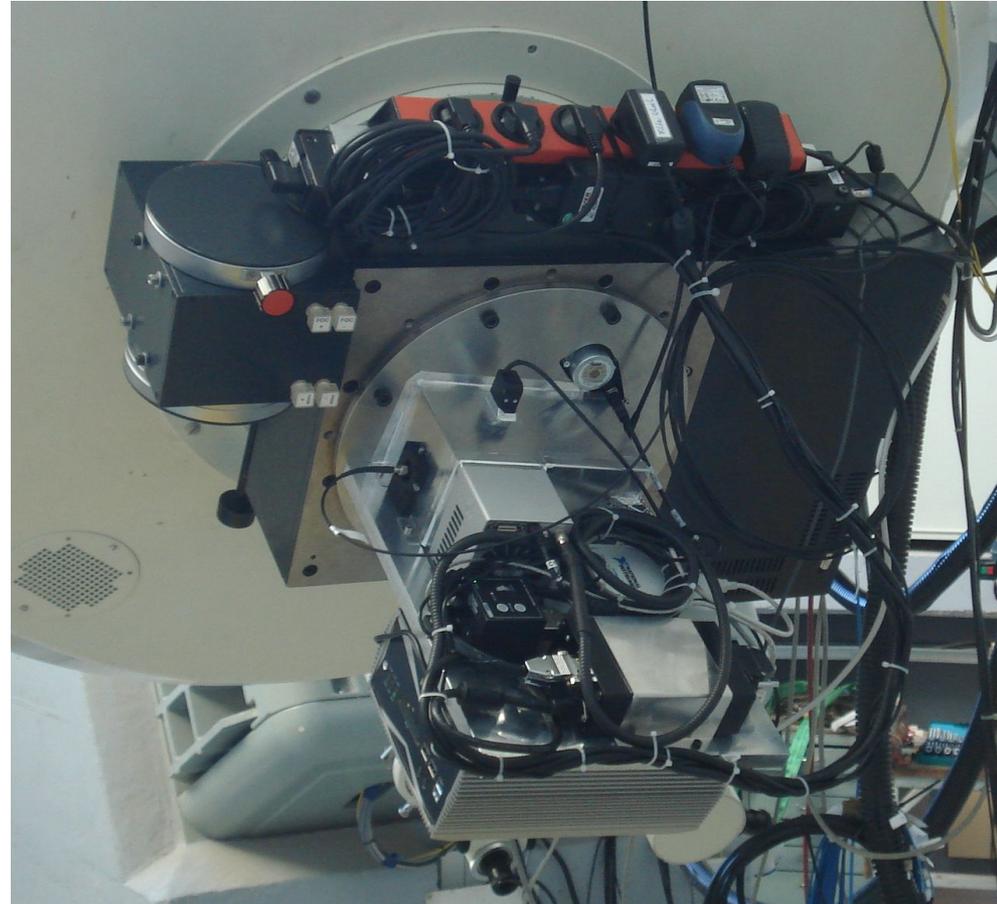
- Focal length: 4.474 m, f/4.4
- Field-of-view: \varnothing 1 degree

Coudé system:

Fixed focus one floor below telescope

- Focal length: 39.1 m, f/38
- Field-of-view: \varnothing 8 arcmin

Telescopio y instrumentos en el plano focal

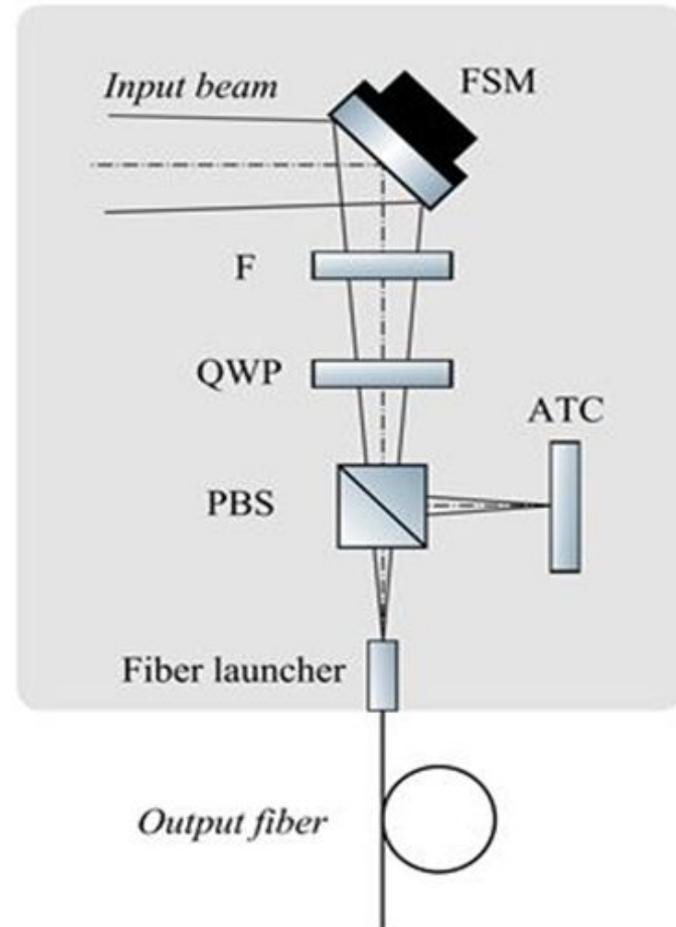
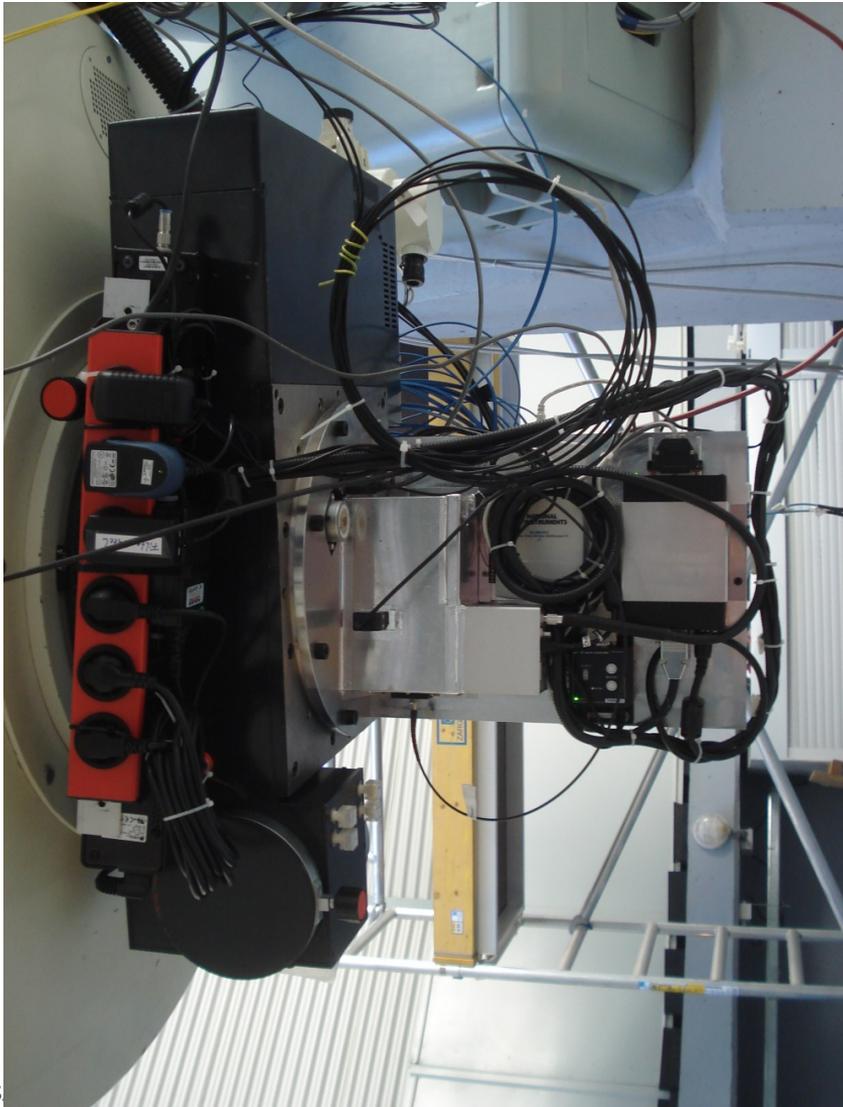


Focal plane instrumentation

Camera FOV: 3.31 x 2.65 arcmin

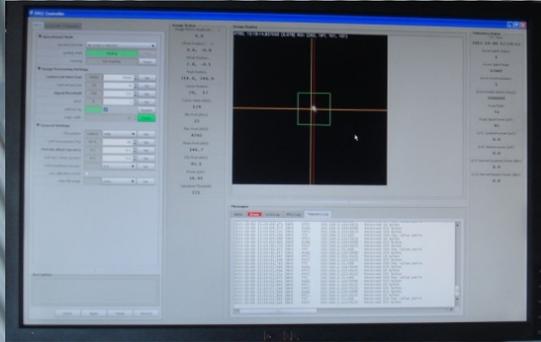
gdimola | 15/06/2016 | Slide 12

Esquema del sistema de recepción



Graded index fiber with 3 arcsec core diameter

Transmitter/Receiver Alignment

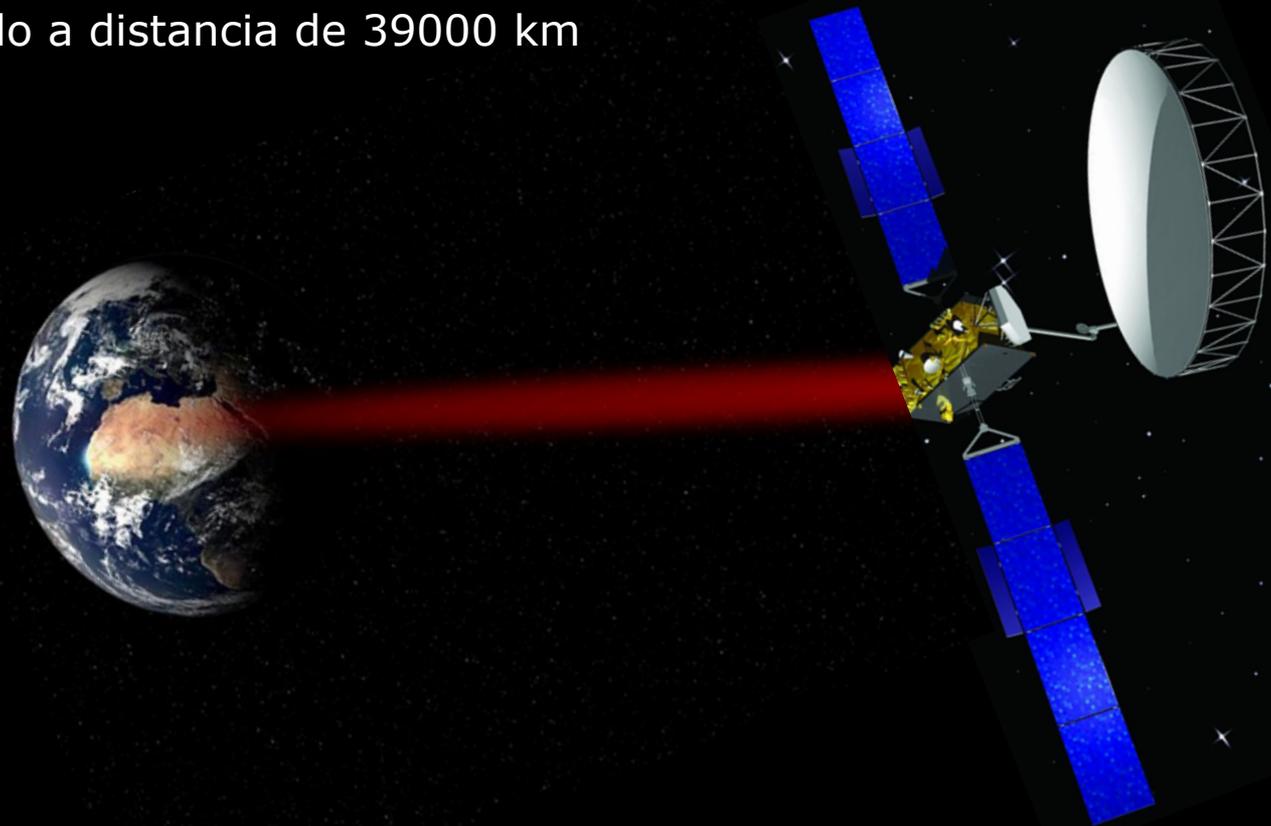


Comunicación óptica comprobada exitosamente con satélites

- European Data Relay Satellite (EDRS)
- Alphasat

Campaña de rastreo y adquisición con Alphasat en noviembre 2013:

- 5.0 W poder de transmisión
- 10 cm apertura de transmisión
- Vinculo establecido a distancia de 39000 km



OGS Installations for EDRS-LCT Testing

Alphasat LCT signal



2014/03/25 13:19:02.040 (21) (PC clock)

ESA UNCLASSIFIED - For Official Use



European Space Agency

Los experimentos con la estación óptica terrestre demostraron

- Factibilidad de comunicación óptica entre espacio y tierra
 - Con satélites EDRS
 - en órbita GEO y GTO
- Factibilidad de rastreo de objetivos no-cooperativos (space debris)
 - Primeros resultados muestran alta precisión

Próximos pasos hacia una infraestructura global:

- Desarrollar y instalar un nuevo telescopio grande en Tenerife: DOCS
- Desarrollar y instalar estaciones para el rastreo de órbitas bajas (LEO)
- Muchas misiones para télédetección en órbitas SSO (~ 800 km)

Desarrollo de aplicaciones multi-uso en fases

- Phase 1: Determinación de órbitas para GNSS
 - Phase 2: Monitoreo de space debris
 - Phase 3: Comunicación óptica (bajada de datos regular)
- > ESA inició el procuramiento de una estación prototipo

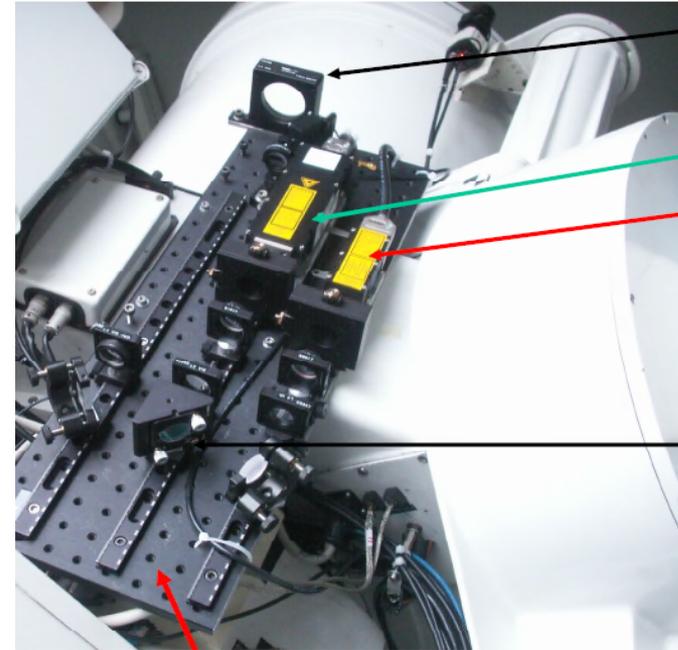
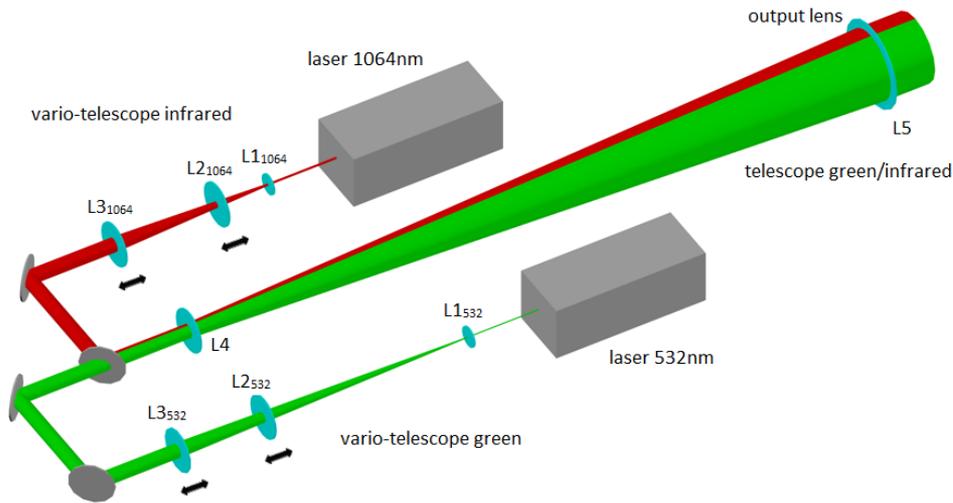
Estación prototipo: Requerimientos generales

- Diseño desarrollado por IWF, Graz, Austria (SP-DART, G. Kirchner et al.)
- 2 láseres (1064 y 532 nm)
- Sistema bistático, láseres y óptica de transmisión montado en telescopio
- Costos bajos (<2 M€), componentes comerciales (COTS)
- Telescopio comercial (80 cm)
- Operación automatizada (sin operadores)
- 2 estaciones planificadas:
 - Tenerife, España (Observatorio del Teide)
 - La Silla, Chile (colaboración con ESO)



**SP-DART on
ASA Telescope
in Sandl, AT
~ESA LRS
baseline...**

Estación prototipo: Datos técnicos y horario



Output Lens

2 μ Lasers:

532 nm

1064 nm

Dichroic

SP-DART installed on Graz LRS:

Phase 1) Láser para objetivos COOPERATIVOS– mitad 2019

- Láser pulsado a 1064 nm (532 nm para alineación / calibración)
 - 1064 nm: 0.55 mJ / 532 nm: 0.35 mJ; 7 ps @ 400 Hz = 220 mW / 140 mW

Phase 2) Láser para objetivos NO-COOPERATIVOS – 2020 +

- Láser pulsado a 1064 nm (532 nm exceptional)
 - 1064 nm: 150 mJ / 532 nm: 80 mJ; ~6 ns @ 200 Hz = 30 W / 16 W
 - Potencia reducida para alineación / calibración

Phase 3) LRS in Optical Communication Use:

- CW Laser Beacon at 1550 nm or 1064 nm, several 10's W maximum

ESA invierte en el desarrollo de infraestructura terrestre para satélites

- Impulsado por necesidades que resultan de
 - la nueva generación de instrumentos para la observación de la tierra (EO)
 - la polución de las órbitas óptimas para EO con space debris

Se han desarrollado y probado varias tecnologías para

- comunicación láser entre satélites y tierra
- rastreo de objetos no-cooperativos (sin retro-reflectores)

Estas tecnologías desarrolladas son similares y complementarias con la técnica SLR

En el futuro se necesitan estaciones en los dos hemisferios

- Cooperación ESA/ESO, instalación de estación láser en La Silla, Chile
- Para cubierto global, por lo menos 3 estaciones

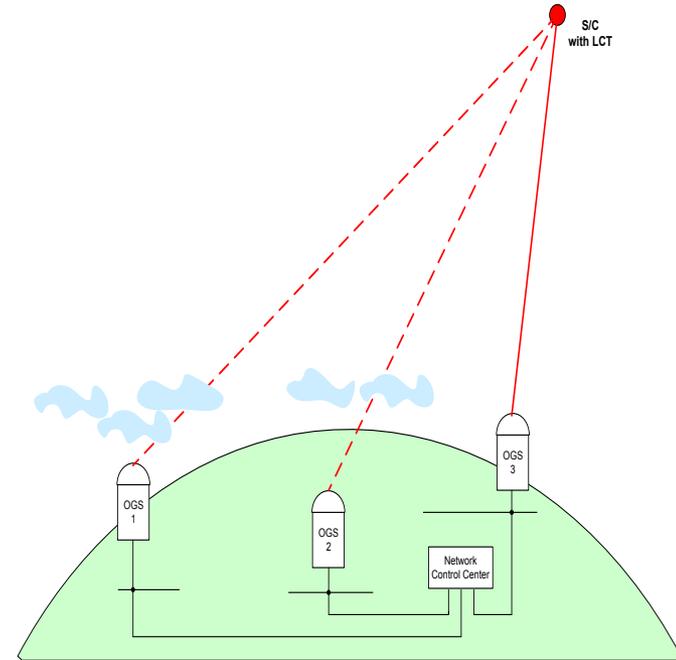
Oportunidad para cooperación Europea – Sudamericana

- Estaciones láser de ESA usado para mediciones geodésicas ?
- Estaciones geodésicas usado para comunicación láser ?



How to combat cloud probability in space to ground links

No	Location	CFLOS
1	Maspalomas	76.6%
2	Marseille	66.6%
3	Granada	67.5%
4	Athens	68.8%
5	Heraklion	56.7%
6	Madrid	63.7%
7	Oslo	32.2%
8	Rome	62.0%
9	Oviedo	43.3%
10	Birmingham	28.2%
11	Bucharest	47.5%
12	Gibraltar	57.9%
Cumulative		99.9%



Only multiple ground stations connected via a terrestrial fiber network can generate a cloud free line of sight (CFLOS) probabilities that satisfy telecommunication applications. The example is taken from a study that

analyzed weather satellite data between 2008 and 2012.

DOCS: Futuro telescopio de 4-6m @ Observatory del Teide



As proposed by IAC:
at the present
Visitors' Center

