GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

Instituto Geográfico Nacional

http://www.ign.es

# PNOA-LIDAR

## Plan Nacional de Ortofotografía Aérea


Juan Carlos Ojeda Manrique
Jorge Martínez Luceño
Instituto Geográfico Nacional

Subdirección General de Geodesia y Cartografía
Unidad de Observación del Territorio

# ❖ÍNDICE

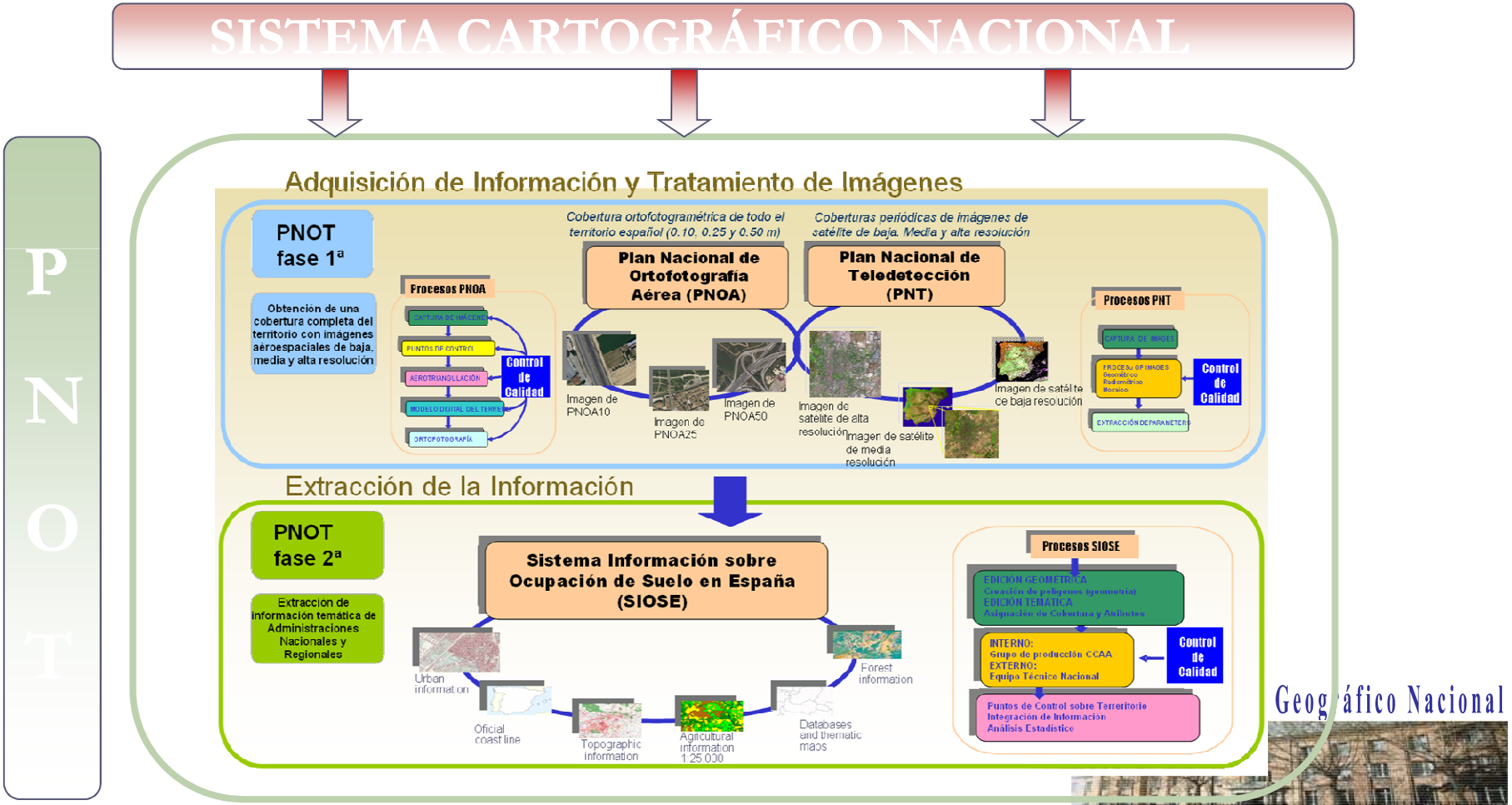
- PLAN NACIONAL DE OBSERVACIÓN DEL TERRITORIO (PNOT)
- PLAN NACIONAL DE ORTOFOTOGRAFÍA AÉREA (PNOA)
- COBERTURAS LIDAR
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
- FASES DEL PROYECTO PNOA-LIDAR
- CONTROL DE CALIDAD
- PRODUCTOS GENERADOS EN EL IGN
- APLICACIONES DATOS LIDAR PNOA
- CONCLUSIONES

Instituto Geográfico Nacional

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## Introducción

El Plan Nacional de Observación del Territorio, fomenta la cooperación interadministrativa para la producción de información geográfica en España.

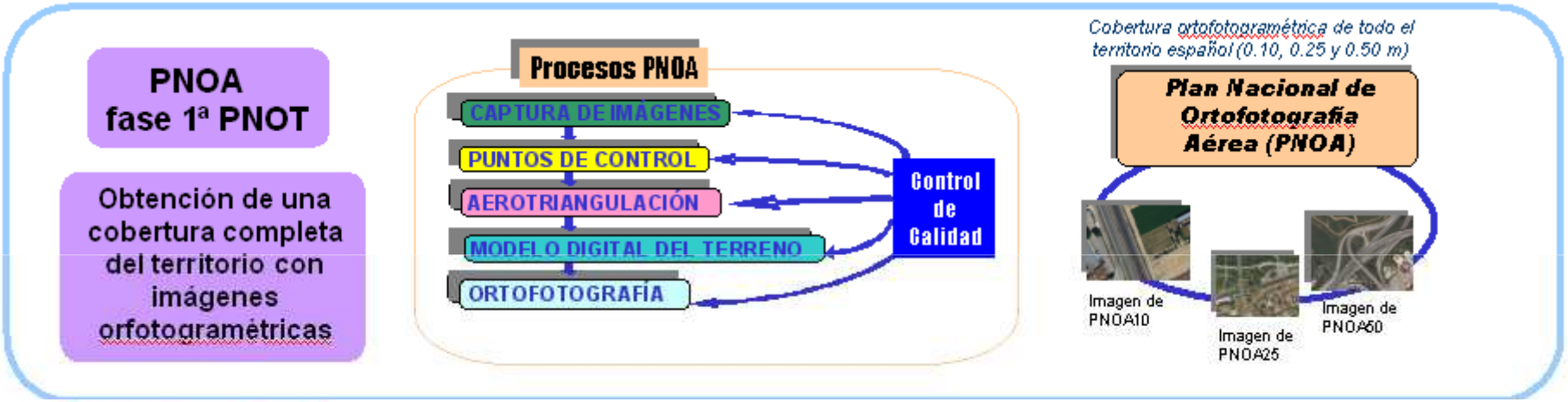



Geográfico Nacional

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## Introducción

El **PLAN NACIONAL ORTOFOTOGRAFÍA AÉREA** proporciona Cobertura ortofotogramétrica de todo el territorio español (0.25 y 0.50 m)

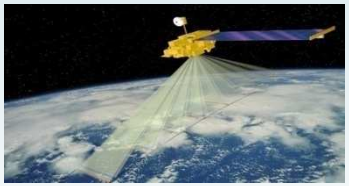


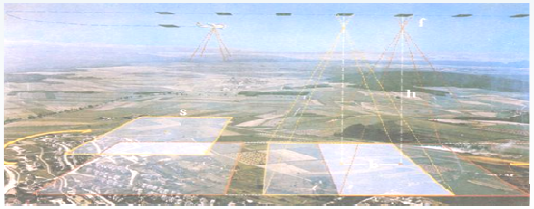

PNOA+PNT Adquisición de Información y Tratamiento de Imágenes

# ❖PNOT

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

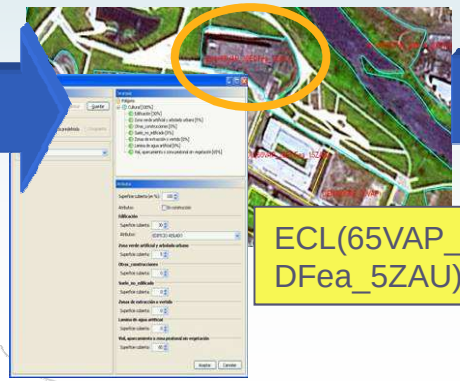
## 1) Adquisición de la Información del Territorio





## 2) Tratamiento de las Imágenes

## 3) Extracción de la Información



ECL(65VAP_30E DFea_5ZAU)

## PRODUCTOS PNOT

- Escenas de Satélite Ortorrectificadas
- Fotografías Aéreas Digitales
- Ortofotografías aéreas
- Modelos Digitales de Elevaciones
- Base de Datos SIOSE (SIG vectorial)

## DISEMINACION

**FTP**

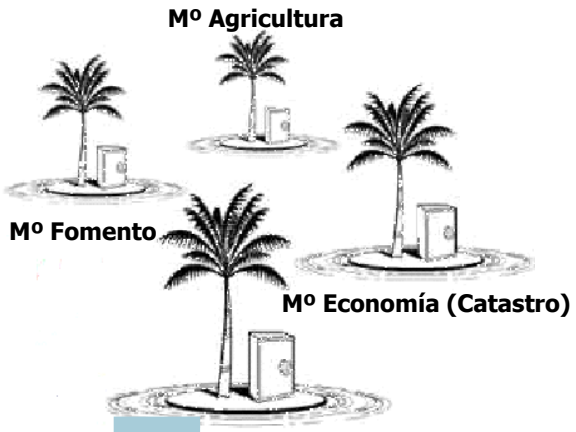
# ❖ÍNDICE

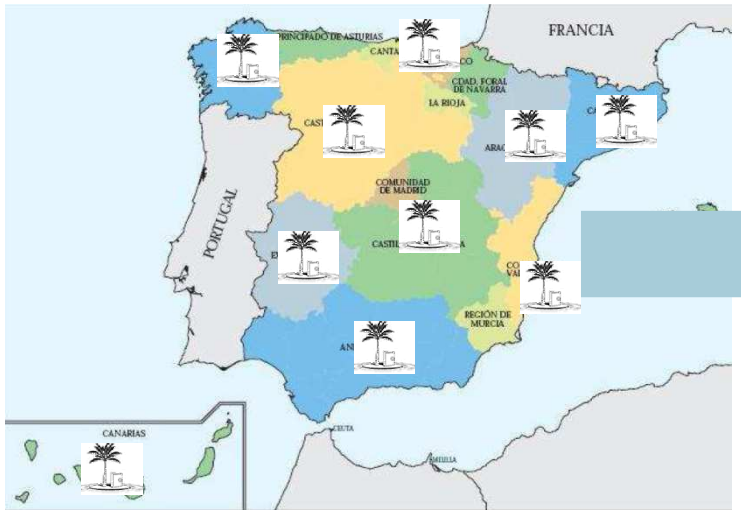
- PLAN NACIONAL DE OBSERVACIÓN DEL TERRITORIO (PNOT)
- PLAN NACIONAL DE ORTOFOTOGRAFÍA AÉREA (PNOA)
- COBERTURAS LIDAR
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
- FASES DEL PROYECTO PNOA-LIDAR
- CONTROL DE CALIDAD
- PRODUCTOS GENERADOS EN EL IGN
- APLICACIONES DATOS LIDAR PNOA
- CONCLUSIONES

Instituto Geográfico Nacional

# ❖PNOA

- Con anterioridad al PNOA los Productores de ortofotos eran: Ministerios (Catastro, Fomento, Agricultura….) + CC.AA
- Se empleaban diferentes Especificaciones Técnicas



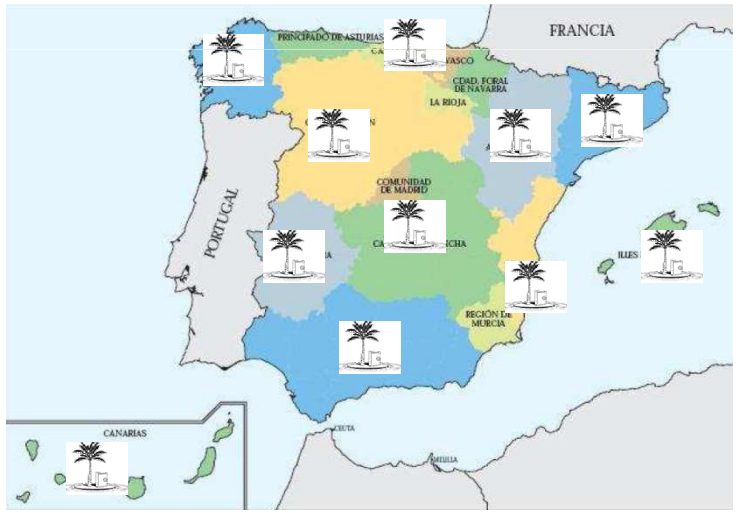

Diferentes AA.PP produciendo:

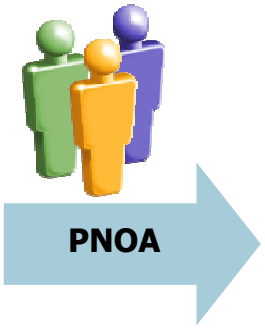
- Aisladamente
- Productos no homogéneos
- Duplicando costes

Instituto Geográfico Nacional

# ❖PNOA

- En 2004 se propuso aplicar la directiva INSPIRE
- Realizar un único proyecto para todos ellos: PNOA



Instituto Geográfico Nacional

## CARACTERÍSTICAS Y REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO:

Definidos y consensuados con los usuarios finales: A.G.E. y CC.AA

### PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea)

- Vuelo fotogramétrico único para todos los Organismos
- Cobertura ortofotográfica de todo el territorio español (25/50cm) cada 3 años.
- Cobertura de muy alta resolución para zonas de especial interés (10cm), según necesidades.
- Modelo Digital de Elevaciones actualizado de todo el territorio español cada 3 años.
- PNOA-LIDAR con una densidad media de 0,5p/m$^2$ a partir de 2009

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## LOGROS:

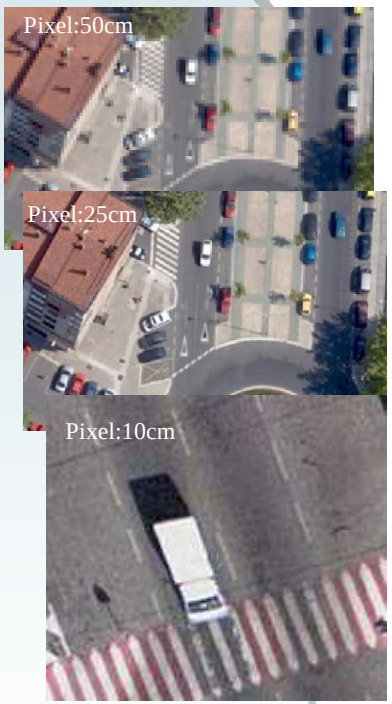
- **Acuerdos alcanzados con Ministerios (6) y CCAA (17) para:**
  - Producción descentralizada y cooperativa (AGE y CC.AA).
  - Establecimiento de Estrategias (tamaños de pixel, período de actualización…)
  - Redactar Especificaciones Técnicas (fases, procedimientos, productos,…)
  - Reparto de costes y financiación (66 % A.G.E y 34 % CC.AA)
  - Política de datos: Uso masivo y gratuito → Centro de descargas (CNIG), servicios WMS (A.G.E y CC.AA), Iberpix……

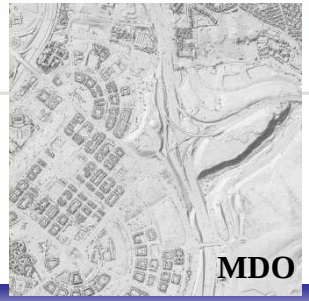
ográfico Nacional

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## Productos PNOA

- Fotografías Digitales de 4 bandas: RGBI (Pixel: 9, 22 y 45cm)
- Mosaicos de Ortofotos (25/50cm) por hojas del M.T.N.50
- Ortofotos de 10cm según cortes de hojas 1:2.000
- Ficheros LiDAR (formato LAS)
- Modelo Digital de Elevaciones. Grid 5x5m (correlación o LiDAR)
  - Modelo Digital del Terreno (MDT)
  - Modelo Digital de Ortoproyección (MDO)





GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## Productos y precisiones

| | GSD Vuelo (cm) | GSD Ortofoto (cm) | Precisión planimétrica de la ortofoto | Precisión altimétrica del Modelo Digital del Terreno | Paso de malla |
|---|---|---|---|---|---|
| PNOA 50 cm | 45 | 50 | $RMSE_{XY} \leq 1{,}00$ m | $RMSE_{z} \leq 2{,}00$ m | 5mx5m |
| PNOA 25 cm | 22 | 25 | $RMSE_{XY} \leq 0{,}50$ m | $RMSE_{XY} \leq 1{,}00$ m | 5mx5m |
| PNOA 10 cm | 9 | 10 | $RMSE_{XY} \leq 0{,}20$ m | $RMSE_{XY} \leq 0{,}20$ m (con LIDAR) | 1mx1m |

| | Densidad Nominal (p/m2) | Distancia nominal entre puntos (m) | Precisión altimétrica de la nube de puntos | Precisión altimétrica del Modelo Digital del Terreno | Paso de malla |
|---|---|---|---|---|---|
| LIDAR | 0,5 | 1,4 | RMSE z ≤ 0,20 m | RMSE z ≤ 0,50 m | 5mx5m |

# ❖ÍNDICE

- PLAN NACIONAL DE OBSERVACIÓN DEL TERRITORIO (PNOT)
- PLAN NACIONAL DE ORTOFOTOGRAFÍA AÉREA (PNOA)
- COBERTURAS LIDAR
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
- FASES DEL PROYECTO PNOA-LIDAR
- CONTROL DE CALIDAD
- PRODUCTOS GENERADOS EN EL IGN
- APLICACIONES DATOS LIDAR PNOA
- CONCLUSIONES

Instituto Geográfico Nacional

# ❖Coberturas LiDAR

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## COBERTURAS

- 138.000 km$^2$ volados en 2009
- 220.000 km$^2$ volados en 2010
- 15.000 km$^2$ volados en 2011
- 33.550 km$^2$ volados en 2012

Sensores utilizados:

- ALS 50 y ALS60 de Leica
- LMS-Q680 de Riegl

Instituto Geográfico Nacional

# ❖Coberturas LiDAR

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## SENSORES UTILIZADOS

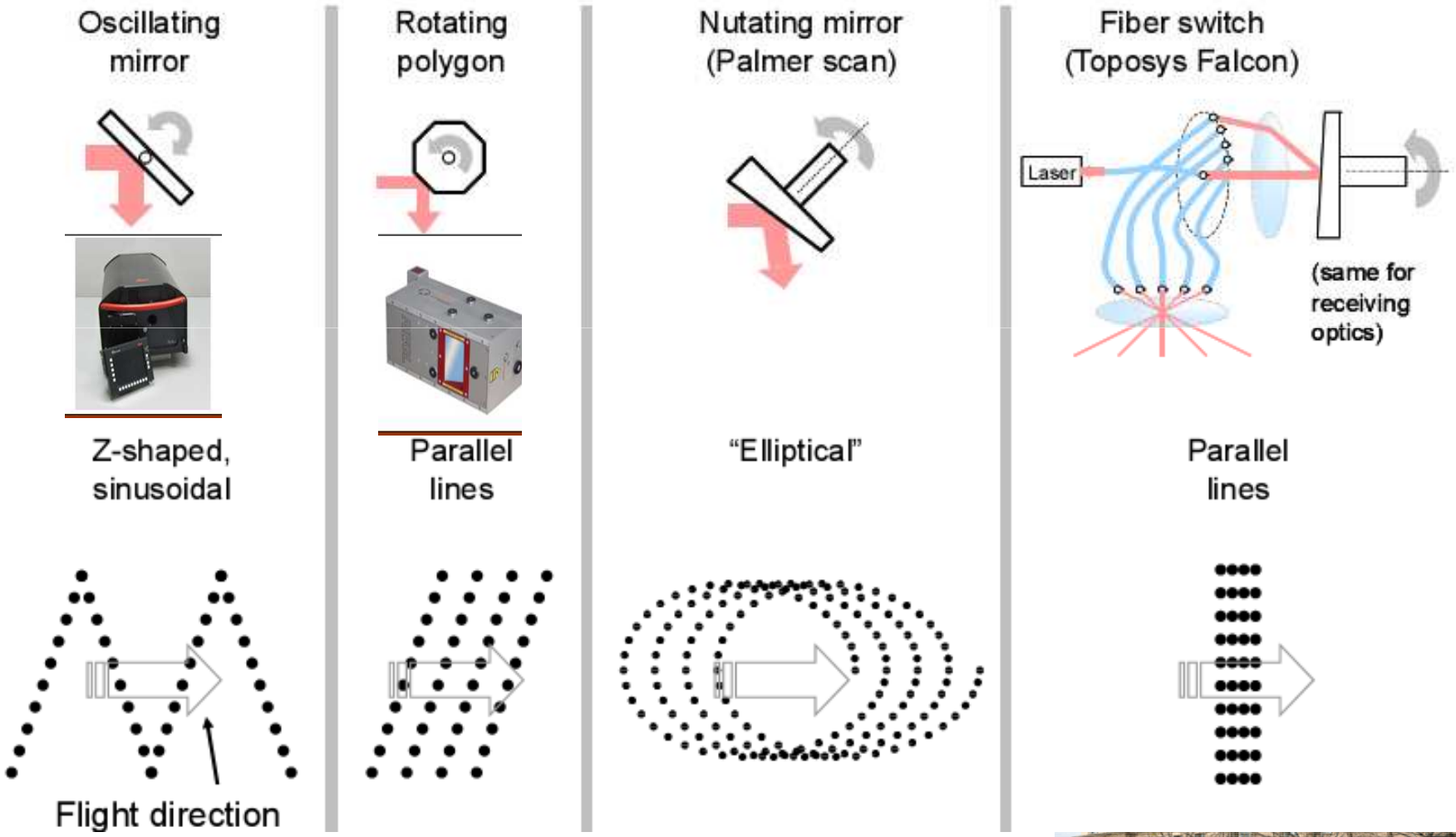
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fabricante** | RIEGL | RIEGL | LEICA | OPTECH | OPTECH |
| **Nombre del sensor** | RIEGL LMS-Q560 | RIELG LMS-Q680 | ALS-60 | ALTM Gemini | ALTM Orion |
| **Año de introducción o última modificación** | Última actualización Enero 2008 | 2009 | Septiembre 2008 | Octubre 2006 | Octubre 2008 |
| **Metodología de almacenamiento** | | | | | |
| Método de escaneo | Prisma rotatorio | Prisma rotatorio | Espejo oscilante | Espejo oscilante | Espejo oscilante |
| Velocidad de rotación del espejo (frecuencia de escaneado) | 10-160 Hz | 10-200 Hz | Por encima de 100 Hz | 70 Hz | 100 Hz |
| Frecuencia del pulso (min-max) (Hz) | 50000-240000 Hz | 80000-240000Hz | 20000-200000Hz | 167000 Hz | 150000 Hz |
| Max ang. escaneado (gra) FOV | 60 gra | 60 gra | 75 gra | 50 gra | 50 gra |
| Max pulsos grabados | ilimitado | ilimitado | 4 (1º-2º-3º y último) | 4 rangos | 4 rangos |
| Frecuencia de muestreo del pulso | 1 Ghz | 1 Ghz | No hay datos | No hay datos | No hay datos |
| Intensidad de la señal | 16 bits | 16 bits | 8 bits | 12 bits | 12 bits |

Instituto Geográfico Nacional

# ❖Coberturas LiDAR

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## Modos de escaneo o barrido

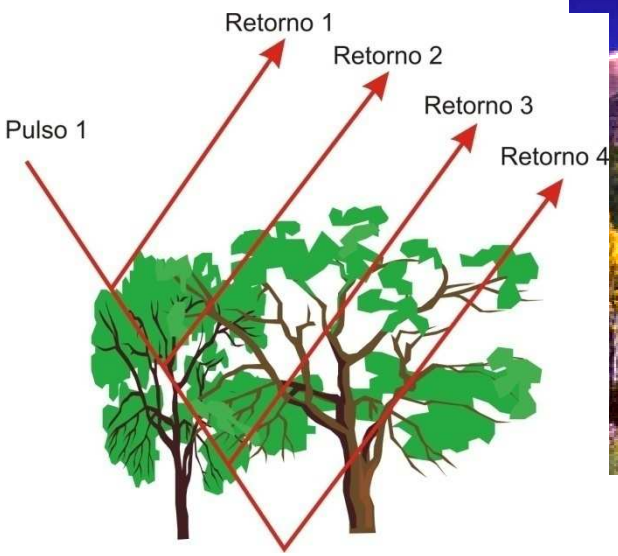


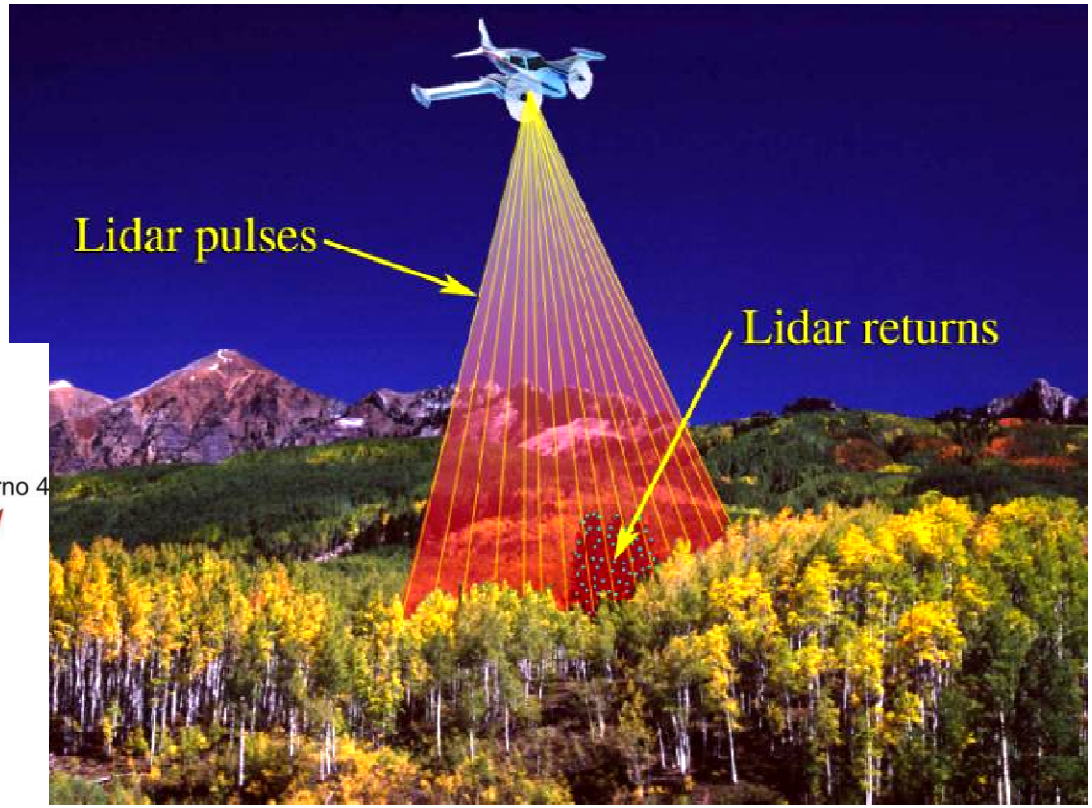
# ❖Coberturas LiDAR

## SENSORES UTILIZADOS

Sensores utilizados:

- Leica ALS50-60



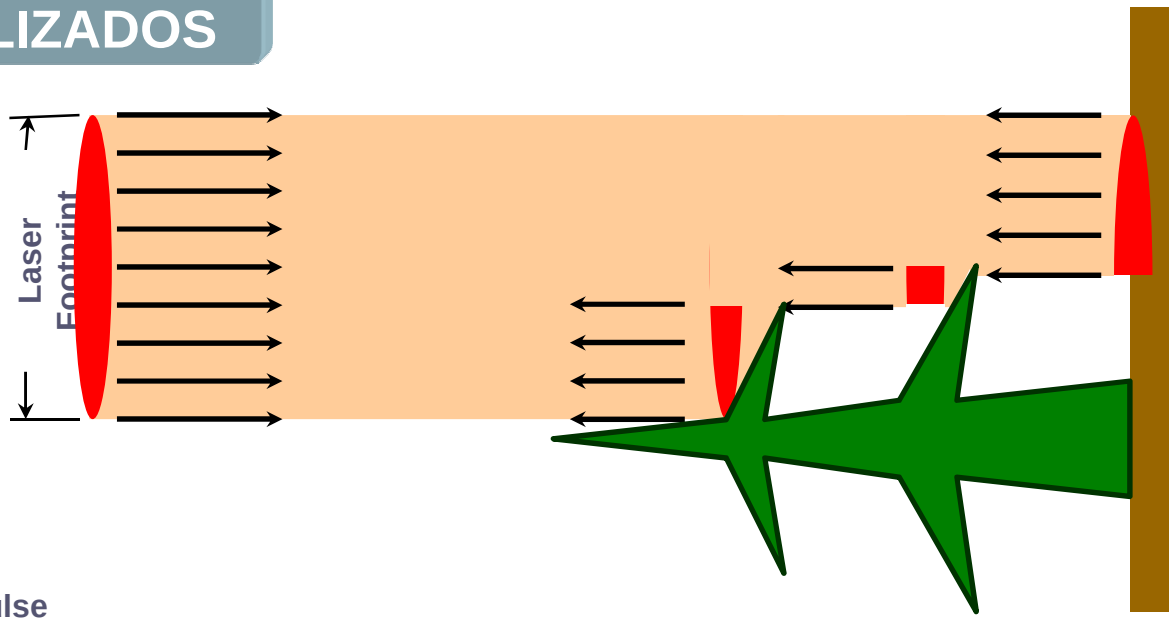

Instituto Geográfico Nacional

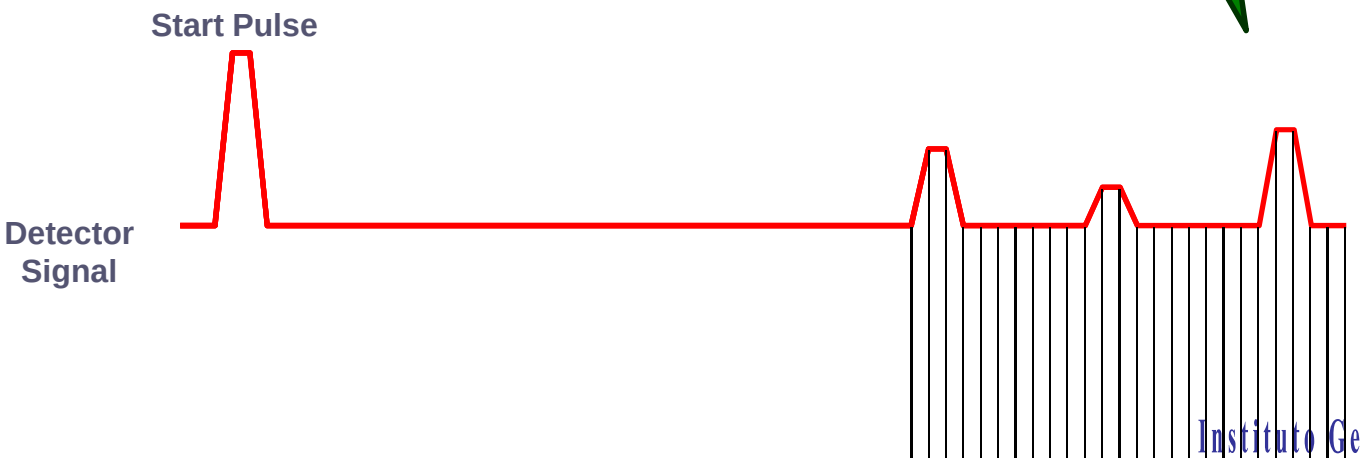
# ❖Coberturas LiDAR

## SENSORES UTILIZADOS

Sensores utilizados:

- LMS-Q680 de Riegl



# ❖ÍNDICE

- PLAN NACIONAL DE OBSERVACIÓN DEL TERRITORIO (PNOT)
- PLAN NACIONAL DE ORTOFOTOGRAFÍA AÉREA (PNOA)
- COBERTURAS LIDAR
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
- FASES DEL PROYECTO PNOA-LIDAR
- CONTROL DE CALIDAD
- PRODUCTOS GENERADOS EN EL IGN
- APLICACIONES DATOS LIDAR PNOA
- CONCLUSIONES

Instituto Geográfico Nacional

# ❖Especificaciones técnicas

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## REQUERIMIENTOS USUARIOS

Los requerimientos de los usuarios, son plasmados mediante:

- Especificaciones técnicas de vuelo
- Especificaciones técnicas de postproceso

Especificaciones Técnicas para
VUELO FOTOGRAMÉTRICO DIGITAL con VUELO LIDAR
PLAN NACIONAL DE ORTOFOTOGRAFÍA AÉREA
Versión: 100113

Tamaño de píxel: 0,25 m
Densidad puntos LiDAR: 0,5 puntos/m²

Organismos participantes:

Ministerio de Fomento
Ministerio de Economía y Hacienda
Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino
Ministerio de Ciencia e Innovación
Ministerio de Defensa
Ministerio de Interior
Ministerio de Vivienda
Comunidades Autónomas

Descripción de este documento:

| | |
|---|---|
| Título | Especificaciones Técnicas para el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) 2010 |
| Identificador | 100104 Especificaciones PNOA Digital-VUELO LIDAR 25cm 2009.xls |
| Autor | Equipo Técnico Nacional<br>Equipos Técnicos Autonómicos |
| Fecha | 04/01/2010 |
| Tema | Especificaciones Técnicas para el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea |
| Estado | Definitivo |
| Objetivo | Armonización de los procesos, datos y documentos realizados en el marco del PNOA, entre distintos organismos y empresas |
| Descripción | Listado resumido de especificaciones de obligado cumplimiento por los organismos participantes y las empresa contratistas en la realización de los trabajos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea |
| Instituciones colaboradoras | Instituto Geográfico Nacional (IGN) / Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) (MF Fomento)<br>Equipos Técnicos de las Comunidades Autónomas<br>Dirección General de Catastro (MF Economía y Hacienda)<br>Tragsatec<br>Fondo Español de Garantía Agraria (FEGA)<br>Dirección General de la Biodiversidad (MF Medio Ambiente y Medio Rural y Marino)<br>Dirección General del Agua (MF Medio Ambiente y Medio Rural y Marino) |
| Difusión | Equipos Técnicos de las Comunidades Autónomas<br>Equipos Técnicos de los organismos de la AGE participantes<br>Empresas contratistas |
| Documentos relacionados | Nomenclatura de carpetas y ficheros. Resumen de productos a entregar. Informes descriptivos de las distintas fases de producción |
| Periodo de validez | 2010 |

Especificaciones Técnicas para
POSTPROCESO DE VUELO FOTOGRAMÉTRICO DIGITAL COMBINADO CON VUELO LIDAR
PLAN NACIONAL DE ORTOFOTOGRAFÍA AÉREA
Versión: 100113

Tamaño de píxel: 0,25 m
Densidad puntos LiDAR: 0,5 puntos/m²

Organismos participantes:

Ministerio de Fomento
Ministerio de Economía y Hacienda
Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino
Ministerio de Ciencia e Innovación
Ministerio de Defensa
Ministerio de Interior
Ministerio de Vivienda
Comunidades Autónomas

Descripción de este documento:

| | |
|---|---|
| Título | Especificaciones Técnicas para el postproceso de vuelo combinado a 25 cm (PNOA) 2009 |
| Identificador | 100115 Especificaciones PNOA Postproceso vuelo combinado 25cm.xls |
| Autor | Equipo Técnico Nacional<br>Equipos Técnicos Autonómicos |
| Fecha | 2010-01-15 |
| Tema | Especificaciones Técnicas para el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea |
| Estado | Definitivo |
| Objetivo | Armonización de los procesos, datos y documentos realizados en el marco del PNOA, entre distintos organismos y empresas |
| Descripción | Listado resumido de especificaciones de obligado cumplimiento por los organismos participantes y las empresa contratistas en la realización de los trabajos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea |
| Instituciones colaboradoras | Instituto Geográfico Nacional (IGN) / Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) (MF Fomento)<br>Equipos Técnicos de las Comunidades Autónomas<br>Dirección General de Catastro (MF Economía y Hacienda)<br>Tragsatec<br>Fondo Español de Garantía Agraria (FEGA)<br>Dirección General de la Biodiversidad (MF Medio Ambiente)<br>Dirección General el Agua (MF Medio Ambiente y Medio Rural y Marino) |
| Difusión | Equipos Técnicos de las Comunidades Autónomas<br>Equipos Técnicos de los organismos de la AGE participantes<br>Empresas contratistas |
| Documentos relacionados | Nomenclatura de carpetas y ficheros. Informes descriptivos de las distintas fases de producción. Cuadro de control de envíos |
| Periodo de validez | 2010 y posterior, hasta su sustitución por una nueva versión |

ftp://dossier_pnoa@ftp.pnoa.ign.es/

Instituto Geográfico Nacional

# ❖Especificaciones técnicas y productos

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS VUELO LIDAR

- Máximo FOV permitido para planificar 50º efectivos
- Frecuencia de escaneado mínima de 70 Hz, debiendo alcanzar un mínimo de 40 Hz con un FOV de 50º
- Frecuencia de pulso de 45 kHz
- Densidad promedio de 0.5 puntos del primer retorno por metro cuadrado (tramos 2 km de pasada)
- Sensor calibrado con una antigüedad menor de 12 meses
- Recubrimiento transversal ≥ 15%

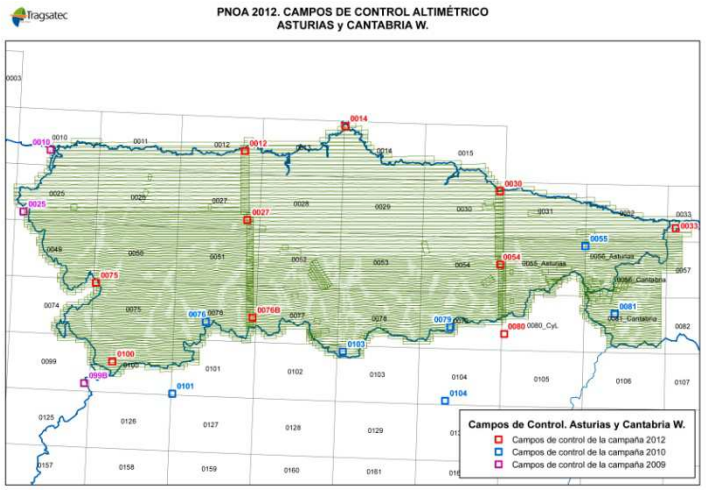
Instituto Geográfico Nacional

# ❖Especificaciones técnicas y productos

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS VUELO LIDAR

- Longitud máxima de las pasadas 3 hojas MTN50
- Pasadas transversales de ajuste altimétrico
- Precisión general altimétrica RMSEz ≤ 0,20 m
- Discrepancia altimétrica entre pasadas ≤ 0,40 m
- Distancia a estaciones de referencia ≤ 40 km

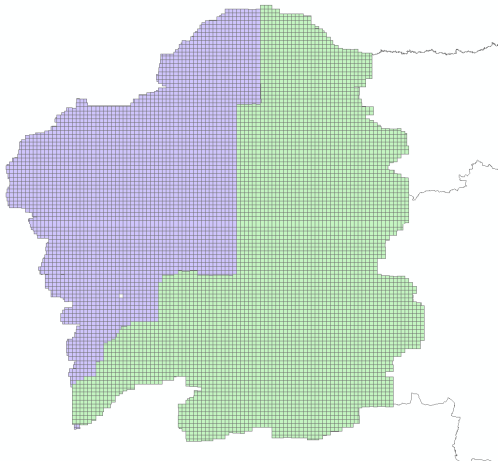


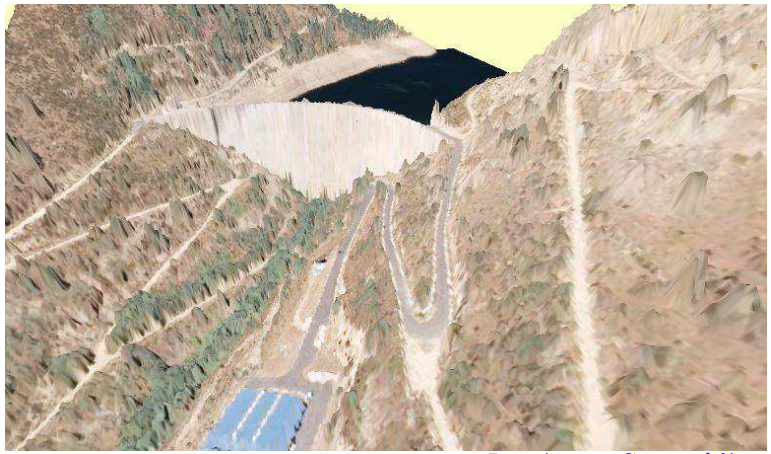

Instituto Geográfico Nacional

# ❖Especificaciones técnicas y productos

## PRINCIPALES PRODUCTOS GENERADOS EN LA FASE DE VUELO

- Bases de datos del vuelo
- Fichero LAS ajustados al terreno, en ficheros con una extensión de 2x2 km, sin clasificar y alturas elipsoidales
- Gráficos de distribución de hojas
- Zonas sin representación





Instituto Geográfico Nacional

# ❖Especificaciones técnicas y productos

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL POSTPROCESO

- Ajuste de fluctuaciones (en el caso de vuelos de 2009)
- Clasificación automática de los ficheros LAS
- Edición para la obtención de la clase suelo depurado
- Paso de elipsoidales a ortométricas mediante el modelo del geoide EGM08-REDNAP
- Obtención de un MDT con paso de malla de 5x5
- Obtención de un MDO con paso de malla de 5x5

Instituto Geográfico Nacional

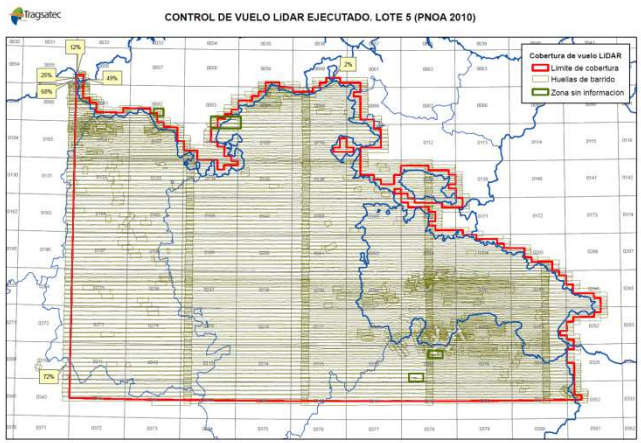
# ❖ÍNDICE

- PLAN NACIONAL DE OBSERVACIÓN DEL TERRITORIO (PNOT)
- PLAN NACIONAL DE ORTOFOTOGRAFÍA AÉREA (PNOA)
- COBERTURAS LIDAR
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
- FASES DEL PROYECTO PNOA-LIDAR
- CONTROL DE CALIDAD
- PRODUCTOS GENERADOS EN EL IGN
- APLICACIONES DATOS LIDAR PNOA
- CONCLUSIONES

Instituto Geográfico Nacional

# ❖ Fases del proyecto PNOA-LiDAR

1. **Planificación**. En esta fase del proyecto consiste en obtener las características de vuelo, y modo de operar del sensor, para cumplir con las especificaciones técnicas
2. **Captura**. En esta fase se captura toda la información necesaria, para ser tratada en una fase posterior
3. **Procesado de los datos**. Tratamiento de la información obtenida en fase de captura para obtener la nubes de puntos lidar que define la superficie.



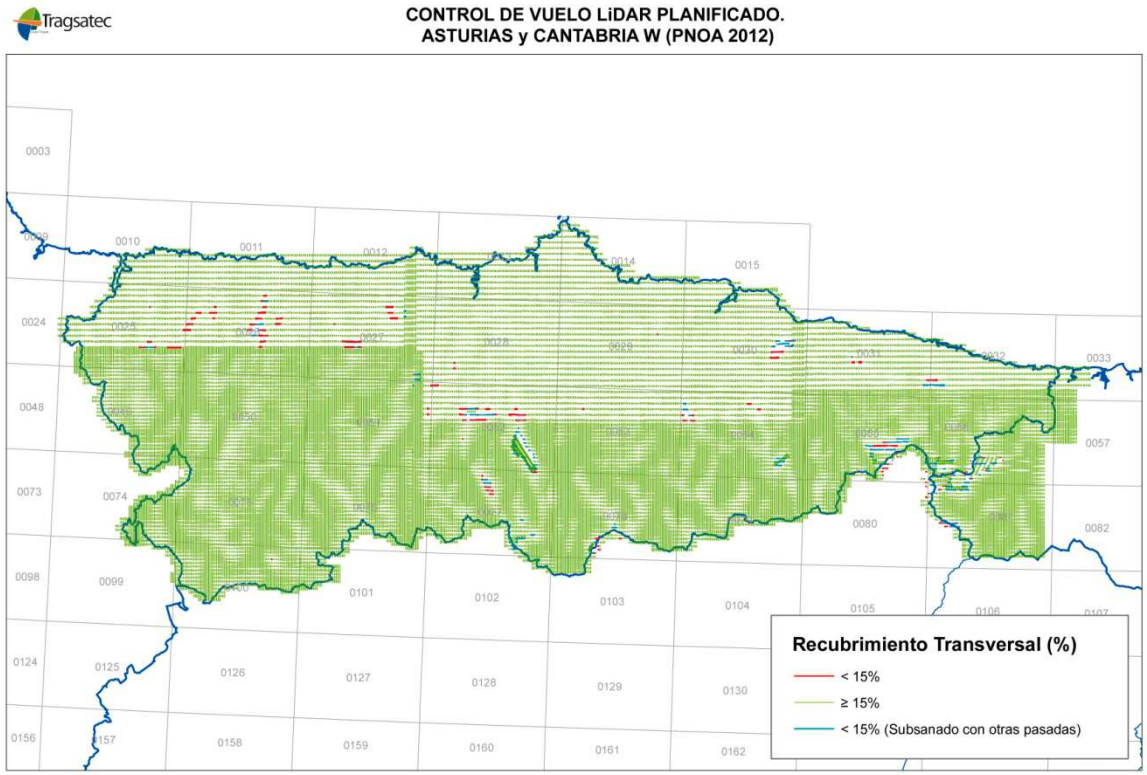

Instituto Geográfico Nacional

# ❖ Fases del proyecto PNOA-LiDAR

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

## 1. FASE DE PLANIFICACIÓN

- Planificación de vuelo
- Control de calidad de la planificación




Instituto Geográfico Nacional

# ❖ Fases del proyecto PNOA-LiDAR

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## 2. FASE DE CAPTURA DE DATOS

- Vuelo de calibración
- Toma de datos de la estación de referencia GNSS
- Captura de la posición de avión:
  - Datos GNSS, que permite la obtención de coordenadas
  - Datos IMU/INS, que permite la obtención de los giros del avión
- Captura de la posición de cada punto:
  - Distancia
  - Ángulo de salida del haz
  - Intensidad
  - Tiempo de captura
- Pasadas transversales de ajuste altimétrico

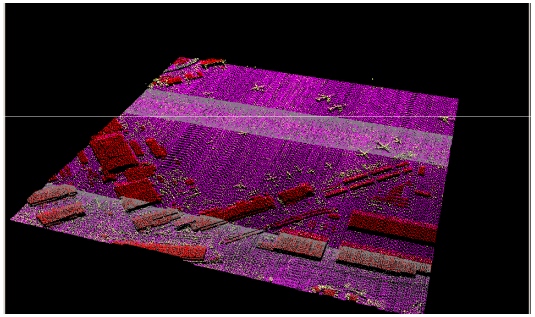
Instituto Geográfico Nacional

# ❖ Fases del proyecto PNOA-LiDAR

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## 3. FASE DE PROCESADO DE LOS DATOS

- Obtención de la trayectoria del avión mediante los datos GPS de la estación de referencia, del avión y los datos inerciales
- Obtención de las coordenadas de cada punto. Como producto final se obtiene un fichero en formato “las”
- Postproceso de los ficheros las
  - Paso de alturas elipsoidales a cotas ortométrica
  - Clasificación automática de la nube de puntos
  - Edición de la clasificación automática con ortofotos o pares estereoscópicos
  - Obtención de productos derivados (curvados, MDT malla, etc..)



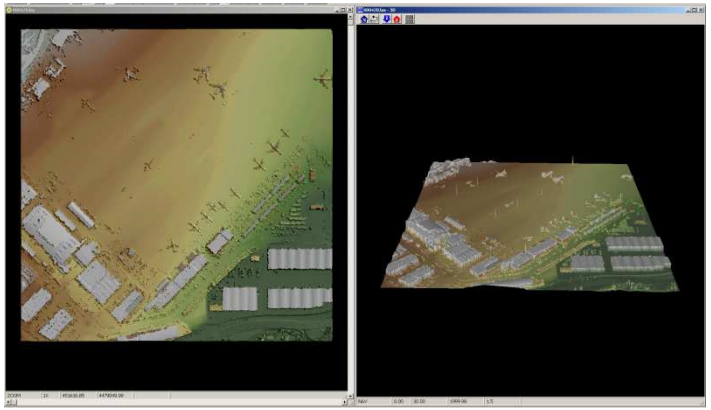
Instituto Geográfico Nacional

# ❖ Fases del proyecto PNOA-LiDAR

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

## Formato las

- La gran mayoría de aplicaciones trabajan con ficheros en formato las. Este formato ha sido desarrollado por la American Society for Phtogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)
- Los ficheros las son archivos binarios de formato estándar que permiten el intercambio de este tipo de información. La última especificación aprobada es la 1.4 (Noviembre 2011)
- Los ficheros las tienen la ventaja de mantener la información capturada por el sensor



Instituto Geográfico Nacional

# ❖ Fases del proyecto PNOA-LiDAR

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

**PUBLIC HEADER BLOCK:**

| Item | Format | Size | Required |
|---|---|---|---|
| File Signature ("LASF") | char[4] | 4 bytes | * |
| (1.1) File Source ID | unsigned short | 2 bytes | * |
| (1.1) Reserved | unsigned short | 2 bytes | |
| (1.1) Project ID - GUID data 1 | unsigned long | 4 bytes | |
| (1.1) Project ID - GUID data 2 | unsigned short | 2 byte | |
| (1.1) Project ID - GUID data 3 | unsigned short | 2 byte | |
| (1.1) Project ID - GUID data 4 | unsigned char[8] | 8 bytes | |
| Version Major | unsigned char | 1 byte | * |
| Version Minor | unsigned char | 1 byte | * |
| (1.1) System Identifier | char[32] | 32 bytes | * |
| Generating Software | char[32] | 32 bytes | * |
| (1.1) File Creation Day of Year | unsigned short | 2 bytes | |
| (1.1) File Creation Year | unsigned short | 2 bytes | |
| Header Size | unsigned short | 2 bytes | * |
| Offset to point data | unsigned long | 4 bytes | * |
| Number of variable length records | unsigned long | 4 bytes | * |
| Point Data Format ID (0-99 for spec) | unsigned char | 1 byte | * |
| Point Data Record Length | unsigned short | 2 bytes | * |
| Number of point records | unsigned long | 4 bytes | * |
| Number of points by return | unsigned long[5] | 20 bytes | * |
| X scale factor | double | 8 bytes | * |
| Y scale factor | double | 8 bytes | * |
| Z scale factor | double | 8 bytes | * |
| X offset | double | 8 bytes | * |
| Y offset | double | 8 bytes | * |
| Z offset | double | 8 bytes | * |
| Max X | double | 8 bytes | * |
| Min X | double | 8 bytes | * |
| Max Y | double | 8 bytes | * |
| Min Y | double | 8 bytes | * |
| Max Z | double | 8 bytes | * |
| Min Z | double | 8 bytes | * |

## CABECERA DE UN FICHERO LAS

Instituto Geográfico Nacional

# ❖ Fases del proyecto PNOA-LiDAR

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## GRABACIÓN DE PUNTOS

**POINT DATA RECORD FORMAT 1:**

| Item | Format | Size | Required |
|---|---|---|---|
| X | long | 4 bytes | * |
| Y | long | 4 bytes | * |
| Z | long | 4 bytes | * |
| Intensity | unsigned short | 2 bytes | |
| Return Number | 3 bits | 3 bits | * |
| Number of Returns (given pulse) | 3 bits | 3 bits | * |
| Scan Direction Flag | 1 bit | 1 bit | * |
| Edge of Flight Line | 1 bit | 1 bit | * |
| (1.1) Classification | unsigned char | 1 byte | * |
| Scan Angle Rank (-90 to +90) – Left side | unsigned char | 1 byte | * |
| (1.1) User Data | unsigned char | 1 byte | |
| (1.1) Point Source ID | unsigned short | 2 bytes | * |
| GPS Time | double | 8 bytes | * |

***Classification Bit Field Encoding***

| *Bits* | *Field Name* | *Description* |
|---|---|---|
| 0:4 | Classification | Standard ASPRS classification as defined in the following classification table. |
| 5 | Synthetic | If set then this point was created by a technique other than LIDAR collection such as digitized from a photogrammetric stereo model. |
| 6 | Key-point | If set, this point is considered to be a model key-point and thus generally should not be withheld in a thinning algorithm. |
| 7 | Withheld | If set, this point should not be included in processing (synonymous with Deleted). |

***ASPRS Standard LIDAR Point Classes***

| *Classification Value (bits 0:4)* | *Meaning* |
|---|---|
| 0 | Created, never classified |
| 1 | Unclassified[1] |
| 2 | Ground |
| 3 | Low Vegetation |
| 4 | Medium Vegetation |
| 5 | High Vegetation |
| 6 | Building |
| 7 | Low Point (noise) |
| 8 | Model Key-point (mass point) |
| 9 | Water |
| 10 | *Reserved for ASPRS Definition* |
| 11 | *Reserved for ASPRS Definition* |
| 12 | Overlap Points[2] |
| 13-31 | *Reserved for ASPRS Definition* |

# ❖ÍNDICE

- PLAN NACIONAL DE OBSERVACIÓN DEL TERRITORIO (PNOT)
- PLAN NACIONAL DE ORTOFOTOGRAFÍA AÉREA (PNOA)
- COBERTURAS LIDAR
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
- FASES DEL PROYECTO PNOA-LIDAR
- CONTROL DE CALIDAD
- PRODUCTOS GENERADOS EN EL IGN
- APLICACIONES DATOS LIDAR PNOA
- CONCLUSIONES

Instituto Geográfico Nacional

# ❖Control de calidad del vuelo

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

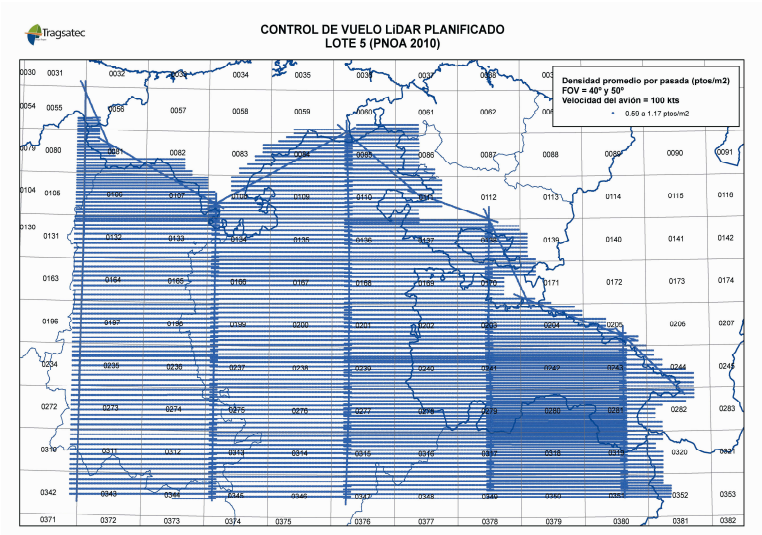
## PLANIFICACIÓN DEL VUELO

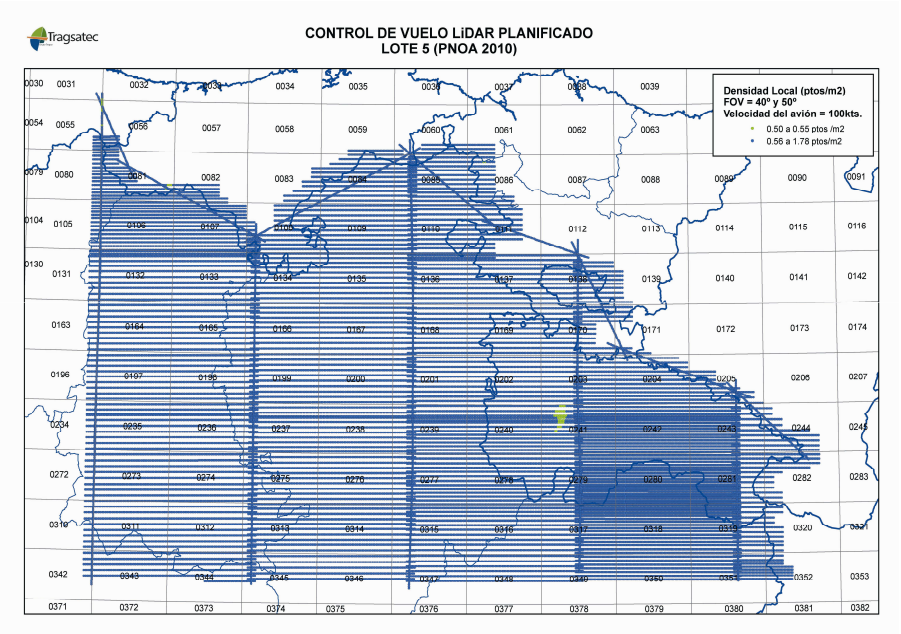
| | | |
|---|---|---|
| Laser pulse repetition frequency | PRF | [Hz] |
| Scan angle | θ | [deg] |
| Flying height above ground | h | [m] |
| Flying speed above ground | v | [m/s] |

➡ Surveyed Area Rate $A = 2vh\tan\Theta$ m²/s

➡ Mean point density $p_D = \frac{PRF}{A}$ points/m²

➡ Mean point spacing $p_S = \frac{1}{\sqrt{p_D}}$ m



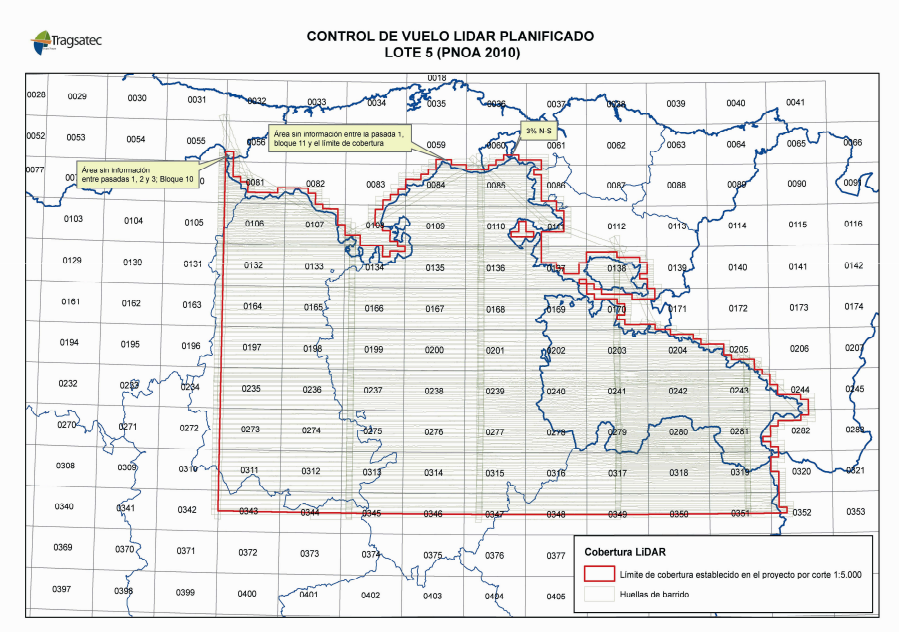




Instituto Geográfico Nacional

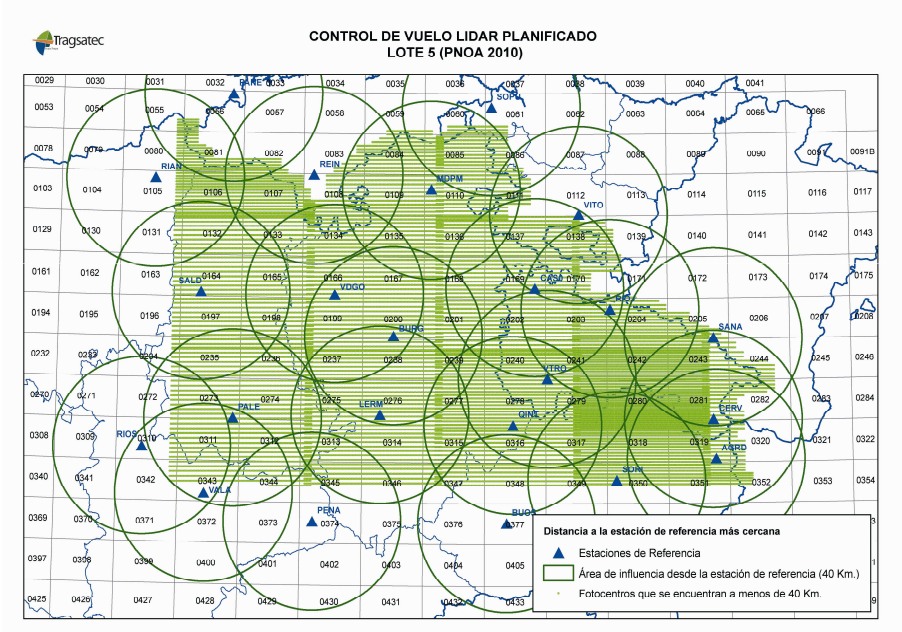
# ❖Control de calidad del vuelo

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## PLANIFICACIÓN DEL VUELO




Área cubierta

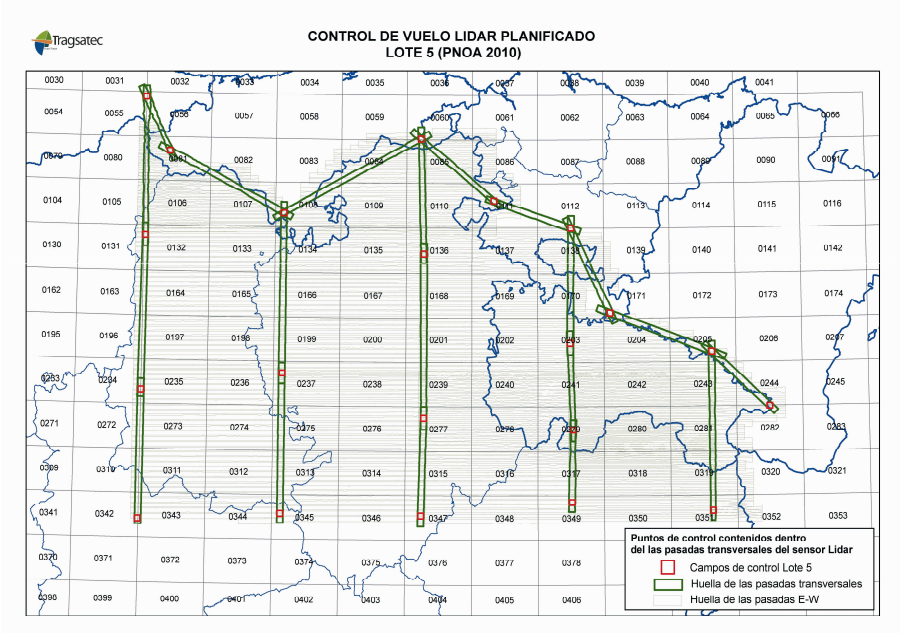



Distancia estaciones de referencia

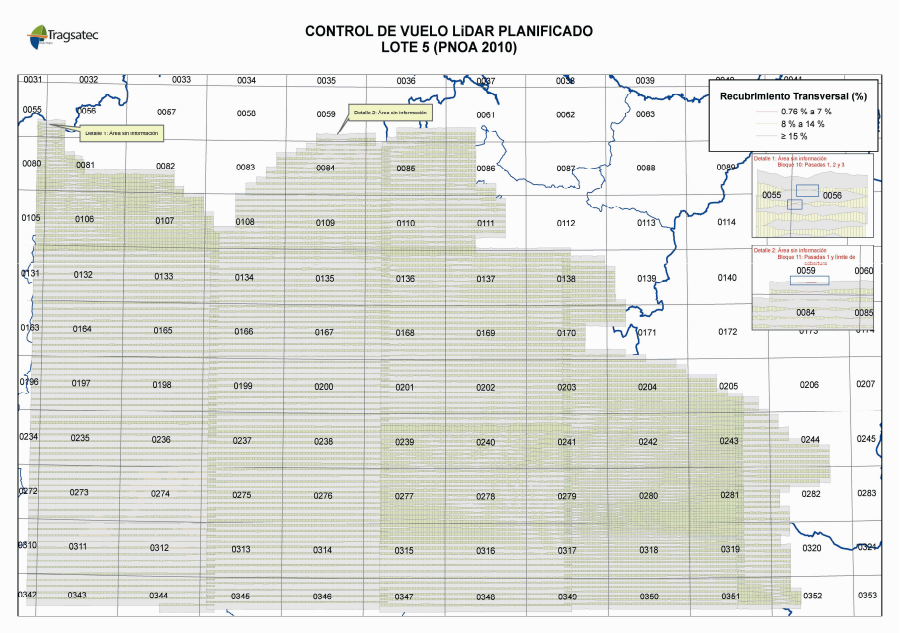
Instituto Geográfico Nacional

# ❖Control de calidad del vuelo

## PLANIFICACIÓN DEL VUELO




Pasadas transversales




Recubrimiento transversal

Instituto Geográfico Nacional

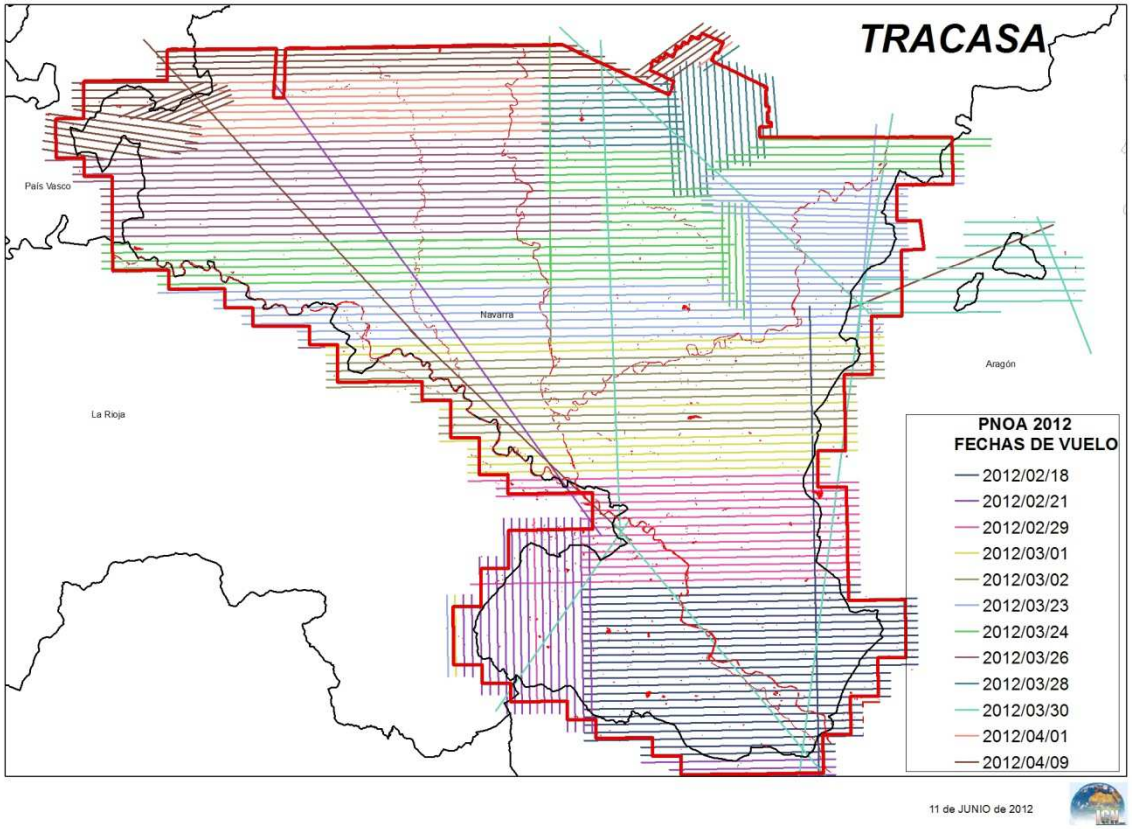
# ❖Control de calidad del vuelo

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## CONTROL DE VUELO EJECUTADO

Plan Nacional de Ortofotografía Aérea

PNOA 2012. LOTE NAVARRA SUR. VUELO LiDAR. TERMINADO



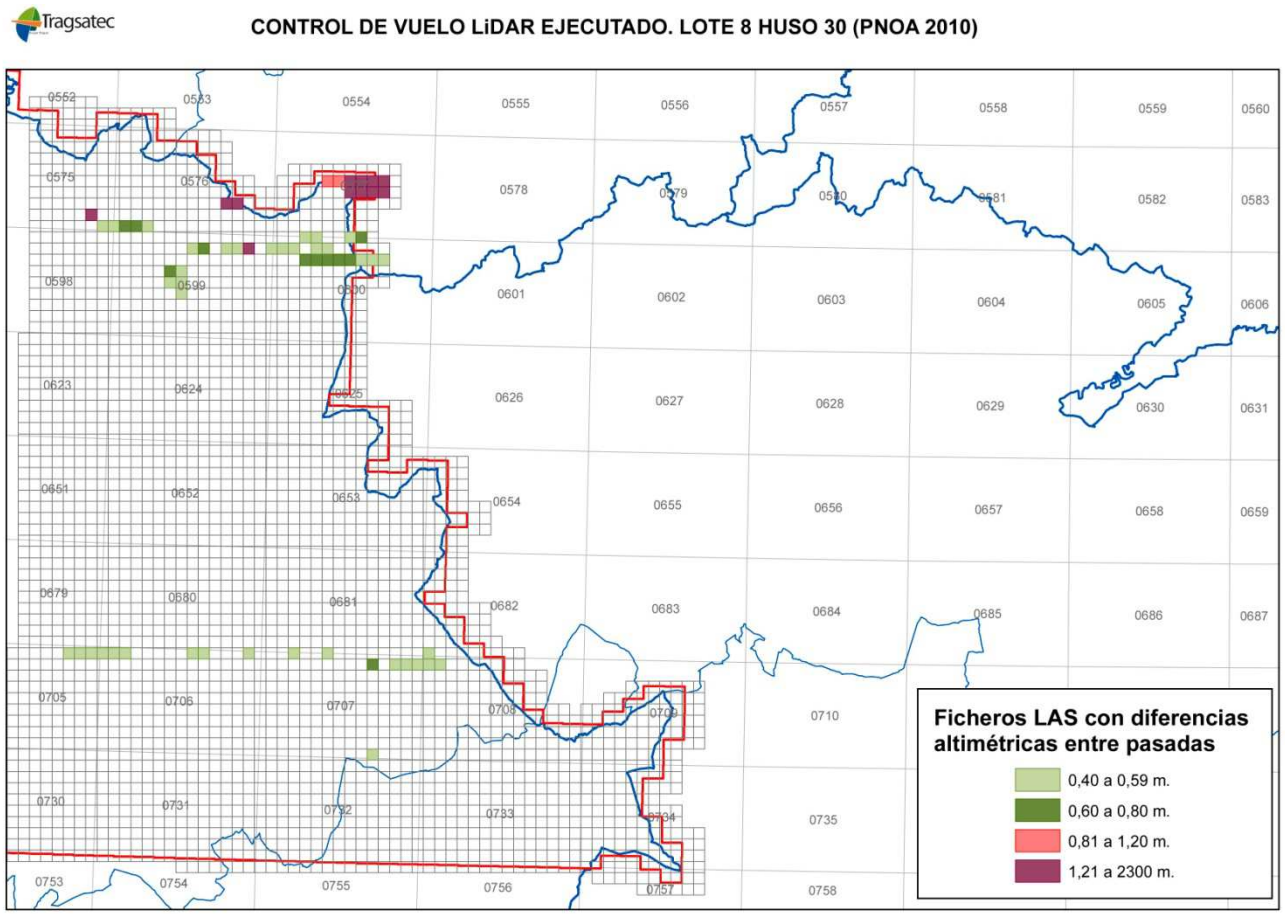

Seguimiento fechas de vuelo

Instituto Geográfico Nacional

# ❖Control de calidad del vuelo

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

## CONTROL DE VUELO EJECUTADO



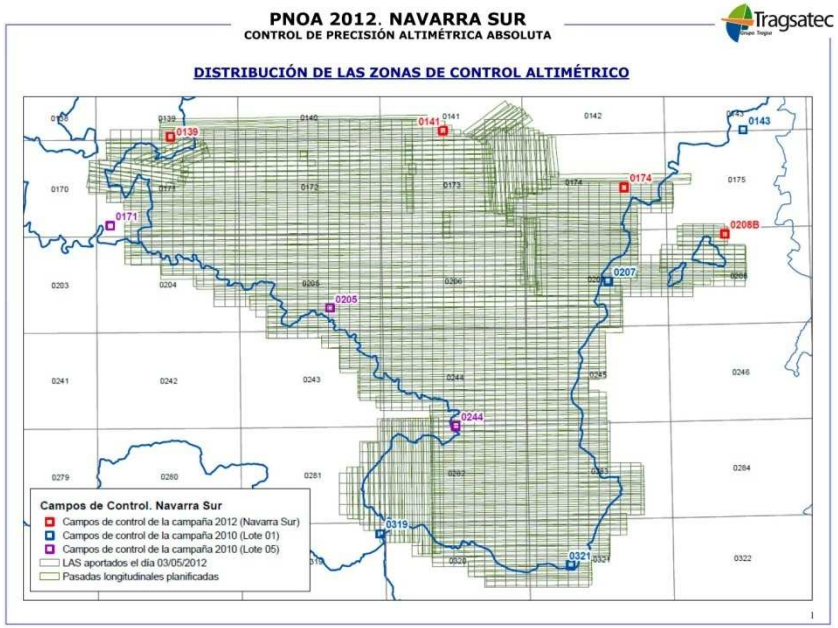

Diferencias altimétricas entre pasadas

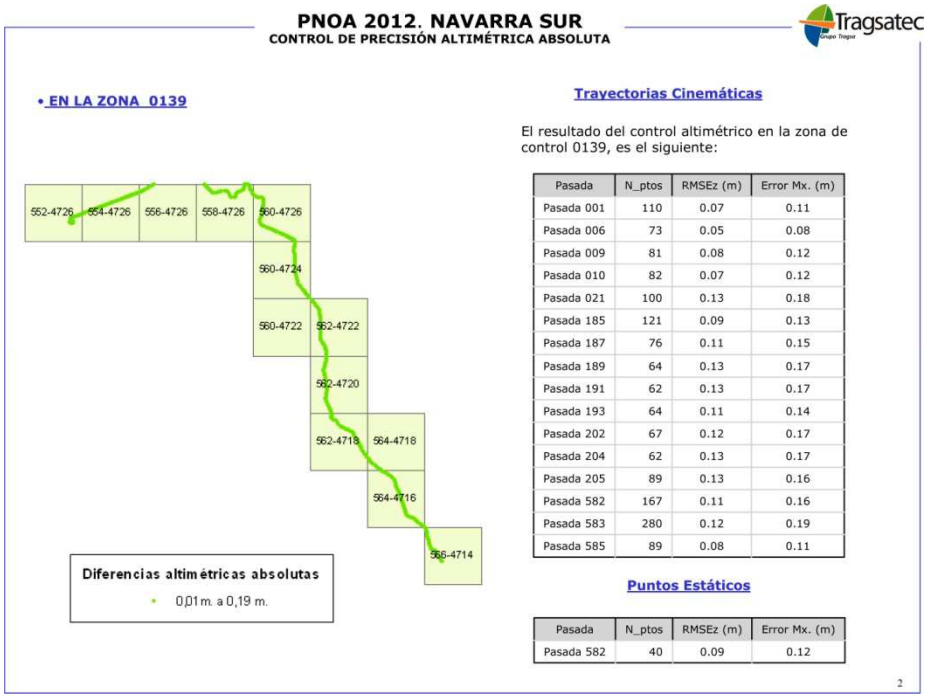
Instituto Geográfico Nacional

# ❖Control de calidad del vuelo

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## CONTROL DE VUELO EJECUTADO




**Trayectorias Cinemáticas**

El resultado del control altimétrico en la zona de control 0139, es el siguiente:

| Pasada | N_ptos | RMSEz (m) | Error Mx. (m) |
|---|---|---|---|
| Pasada 001 | 110 | 0.07 | 0.11 |
| Pasada 006 | 73 | 0.05 | 0.08 |
| Pasada 009 | 81 | 0.08 | 0.12 |
| Pasada 010 | 82 | 0.07 | 0.12 |
| Pasada 021 | 100 | 0.13 | 0.18 |
| Pasada 185 | 121 | 0.09 | 0.13 |
| Pasada 187 | 76 | 0.11 | 0.15 |
| Pasada 189 | 64 | 0.13 | 0.17 |
| Pasada 191 | 62 | 0.13 | 0.17 |
| Pasada 193 | 64 | 0.11 | 0.14 |
| Pasada 202 | 67 | 0.12 | 0.17 |
| Pasada 204 | 62 | 0.13 | 0.17 |
| Pasada 205 | 89 | 0.13 | 0.16 |
| Pasada 582 | 167 | 0.11 | 0.16 |
| Pasada 583 | 280 | 0.12 | 0.19 |
| Pasada 585 | 89 | 0.08 | 0.11 |

**Puntos Estáticos**

| Pasada | N_ptos | RMSEz (m) | Error Mx. (m) |
|---|---|---|---|
| Pasada 582 | 40 | 0.09 | 0.12 |

Precisión altimétrica absoluta

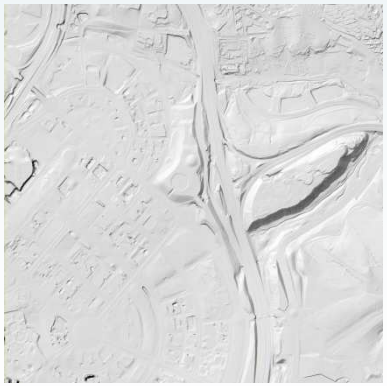
Instituto Geográfico Nacional

# ❖ Control de calidad del MDT

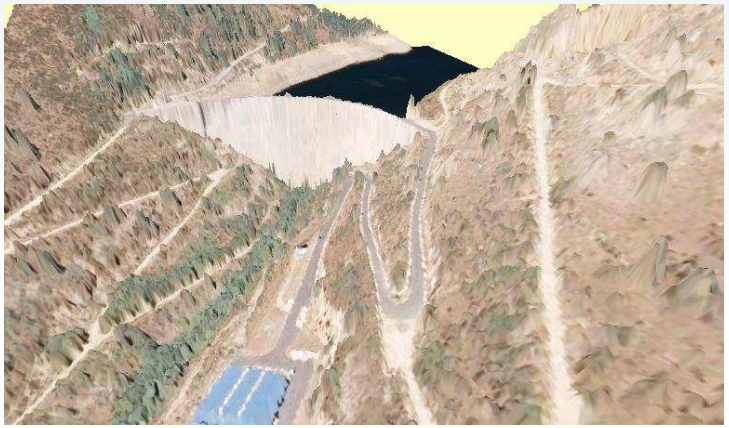
## Control de calidad y generación de MDE

- Realización del control de calidad de los MDE obtenidos por correlación automática o LiDAR, mediante recursos propios (SIGNET) o Asistencias Técnicas.
- Generación y homogeneización de MDS y MDT. Grid de 5m **(MDT05)**
- Generación de productos derivados **(MDT25, MDT50, MDT200).**

MDS



MDT



VISTA 3D

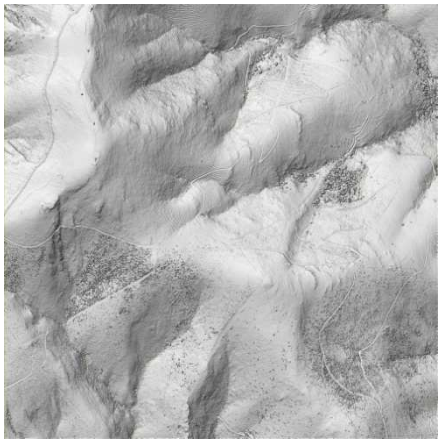
# ❖ÍNDICE


- INTRODUCCIÓN
- COBERTURAS LIDAR
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PRODUCTOS
- CONTROL DE CALIDAD
- PRODUCTOS GENERADOS EN EL IGN
- APLICACIONES DATOS LIDAR PNOA
- CONCLUSIONES


Instituto Geográfico Nacional

# ❖Productos generados en el IGN

- Paso de los ficheros LAS a alturas ortométricas mediante el modelo del geoide EGM08-REDNAP
- Clasificación automática de los ficheros LAS
- Lidar RGB
- Edición para la obtención de la clase suelo depurado
- Obtención de un MDT con paso de malla de 5x5
- Obtención de un MDO con paso de malla de 5x5

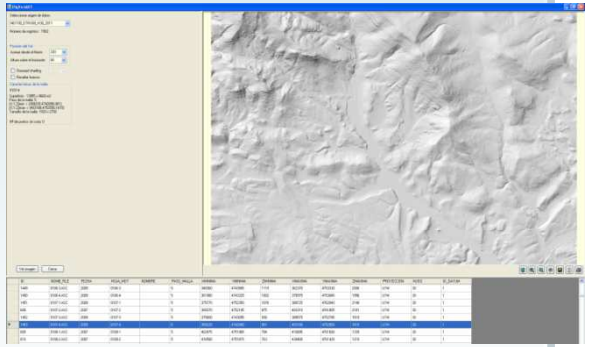


# ❖Productos generados en el IGN

**SIGNET** es una herramienta desarrollada en el IGN, que permite la gestión de modelos digitales del terreno en el proyecto PNOA

El SIGNET permite realizar la siguientes tareas:

- Almacenamiento de MDTs en BBDD oracle
- Consultas
- Visualización mediante sombreados
- Generación de modelos derivados por interpolación
- Edición de MDTs
- Exportar a otros formatos por hojas o por entornos
- Comparar modelos
- Realizar perfiles
- Transformar de alturas elipsoidales a cotas ortométricas



Instituto Geográfico Nacional

# ❖Productos generados en el IGN

| NOMBRE | PASO DE MALLA | PROCEDENCIA | DISTRIBUCIÓN |
|---|---|---|---|
| MDT05-PNOA | 5 | Correlación automática del PNOA | Hojas del MTN25 |
| MDT05-lidar | 5 | Captura de datos lidar PNOA | Hojas del MTN25 |
| MDT25 | 25 | Interpolación del MDT05-PNOA | Hojas del MTN25 |
| MDT 50 | 50 | Interpolación del MDT25 | Entorno provincial |
| MDT200 | 200 | Interpolación del MDT25 | Entorno provincial |
| MDT25-Res | 25 | Interpolación a partir de las curvas de nivel del MTN25 | Hojas del MTN25 |

Instituto Geográfico Nacional

# ❖ÍNDICE


- INTRODUCCIÓN
- COBERTURAS LIDAR
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PRODUCTOS
- CONTROL DE CALIDAD
- PRODUCTOS GENERADOS EN EL IGN
- APLICACIONES DATOS LIDAR PNOA
- CONCLUSIONES


Instituto Geográfico Nacional

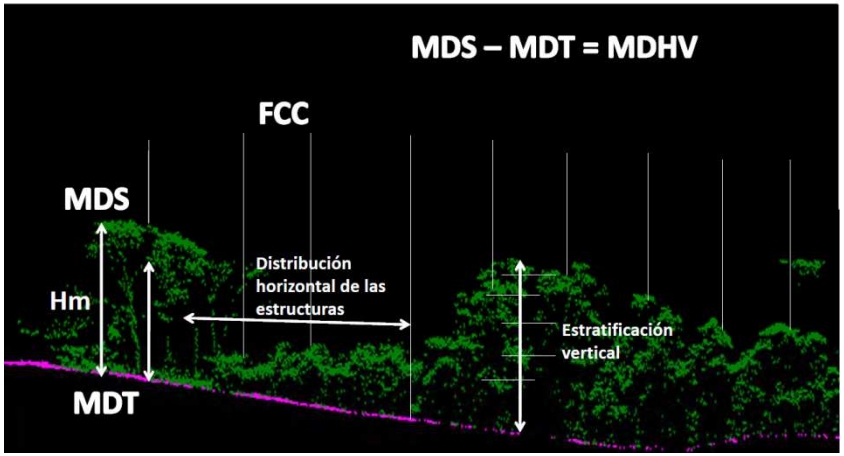
# ❖Aplicaciones LiDAR

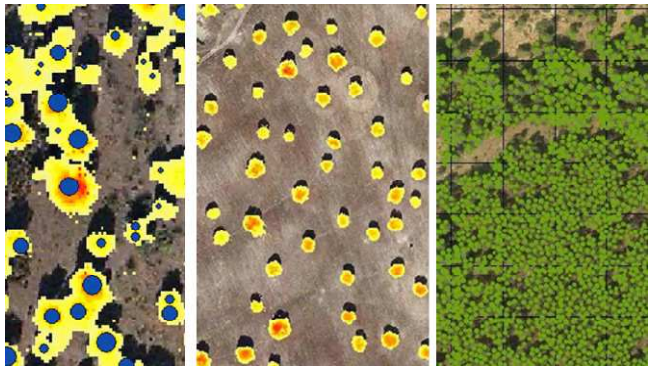
GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## Forestales:

- Altura de los árboles: En zonas boscosas, parte del láser rebota en la copa de los árboles y parte sigue, con lo cual se puede medir la altura de los árboles.
- Inventarios forestales: Se pueden contar el número de pies, en lugar de estimarlos. Se reducen las salidas a campo.

- Cálculo de la biomasa almacenada en una zona forestal.
- Detección de zonas propensas a la propagación de incendios



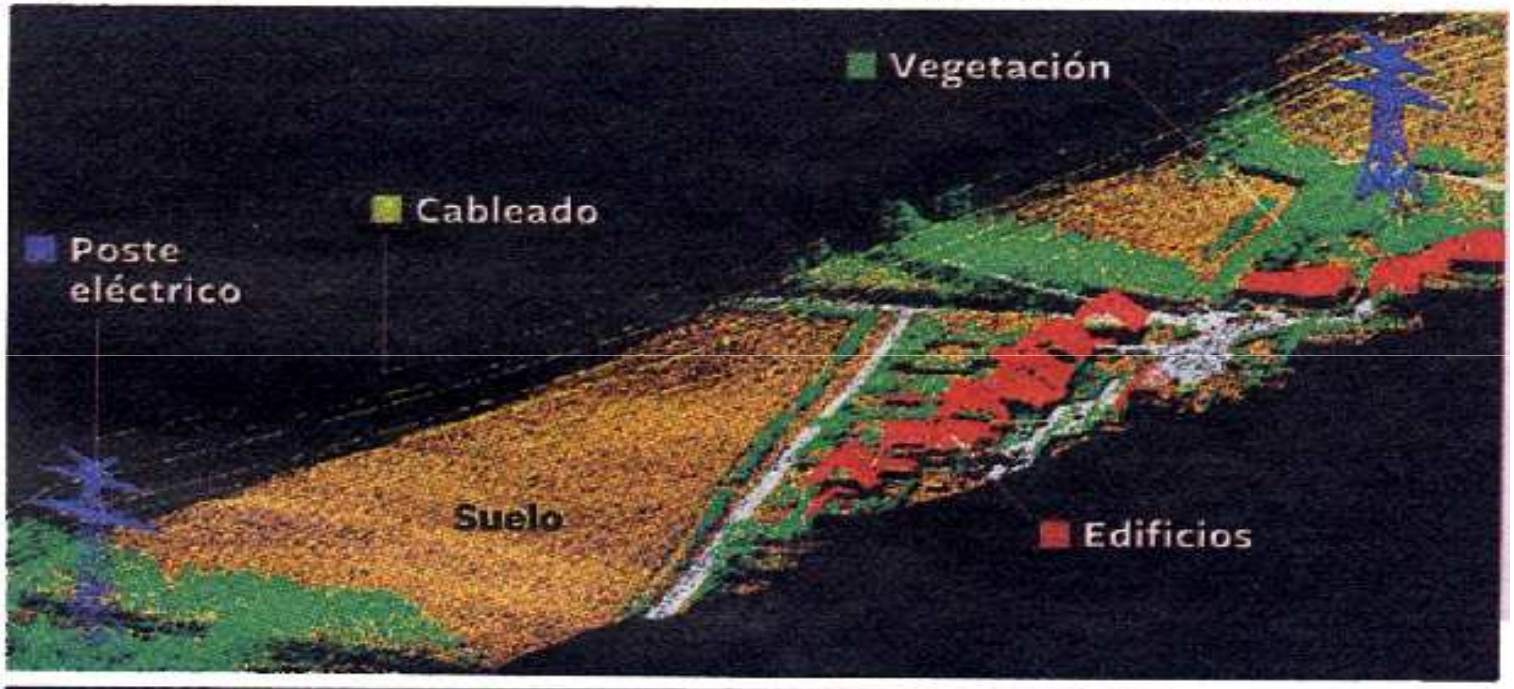
Instituto Geográfico Nacional

# ❖Aplicaciones LiDAR

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## ■ CONTROL DE TENDIDOS ELÉCTRICOS

Se estudia el recorrido para medir la proximidad del cableado a la vegetación y los edificios. Pueden realizarse podas para prevenir incidentes



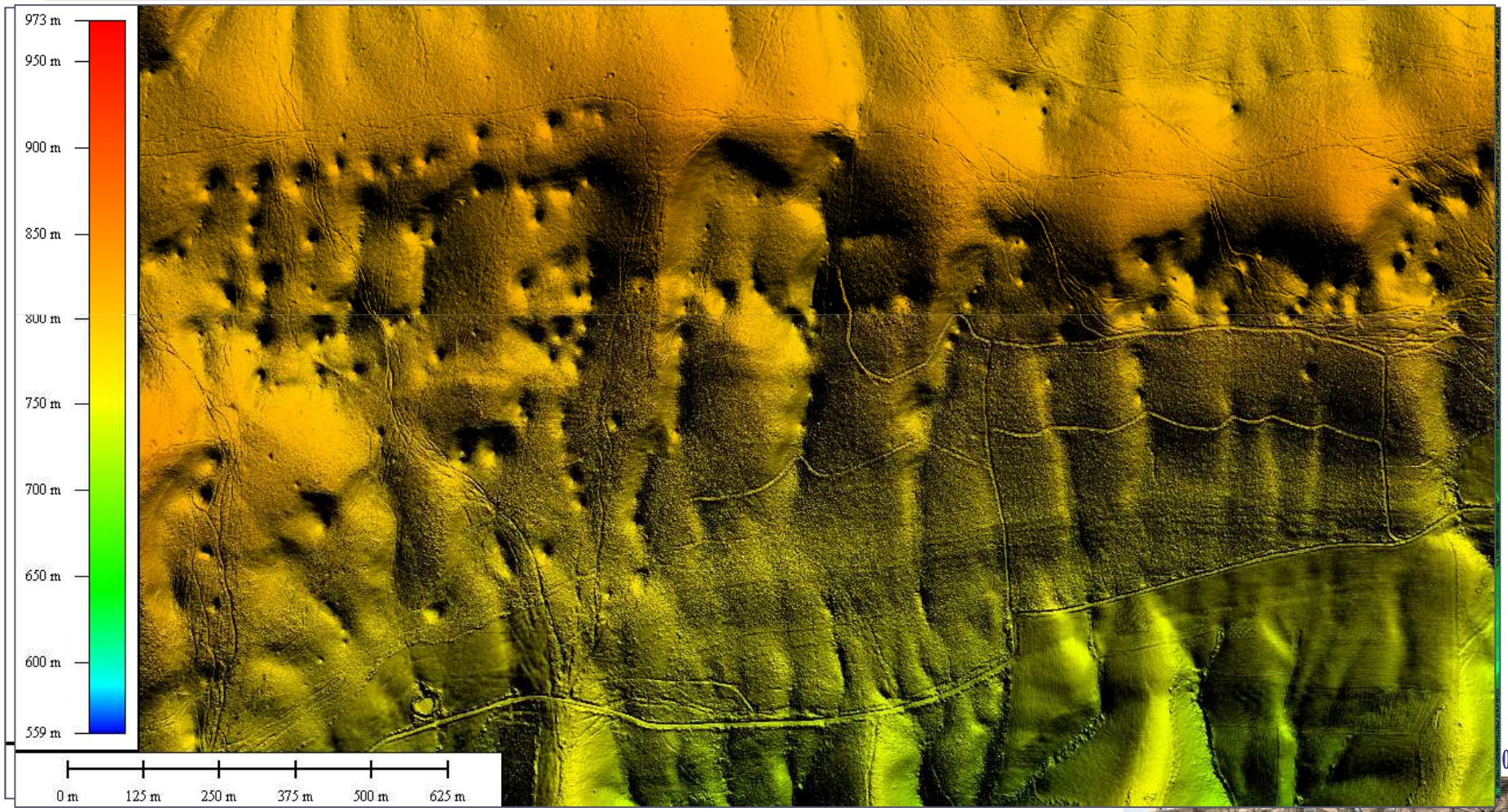
Proximidad de la vegetación al tendido eléctrico

- Peligro
- Precaución
- Seguridad

# ❖Aplicaciones LiDAR

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

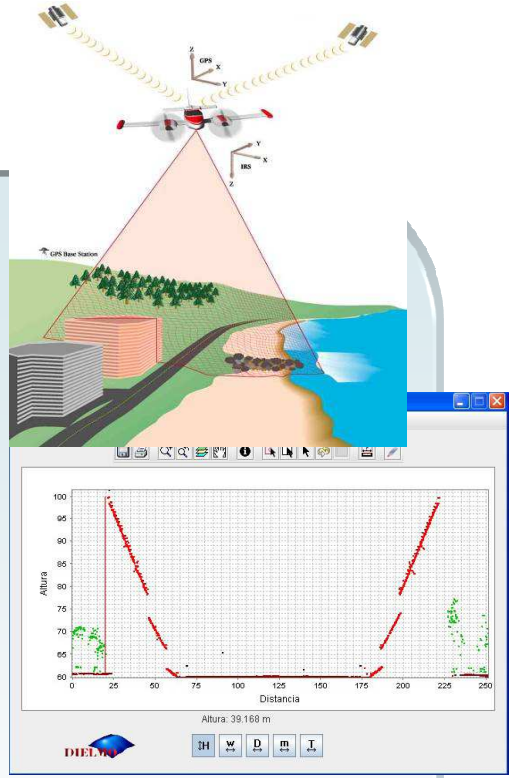
## Navarra: Cuenca de Oskotz - Identificación de dolinas



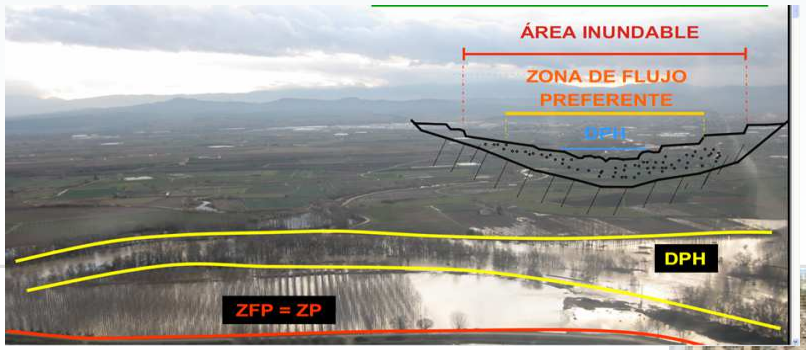
# ❖Aplicaciones LiDAR

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

**Carreteras:**




- Planificación de obras nuevas
  - Estudios previos: movimiento de tierras
- Supervisión de taludes y terraplenes
- Determinación de curvas de nivel con gran precisión
- Determinación precisa de:
  - Secciones longitudinales: pendientes, longitudes
  - Secciones transversales: peraltes
- Previsión de zonas inundables.
- Estudios de drenaje
- Mapas de ruido

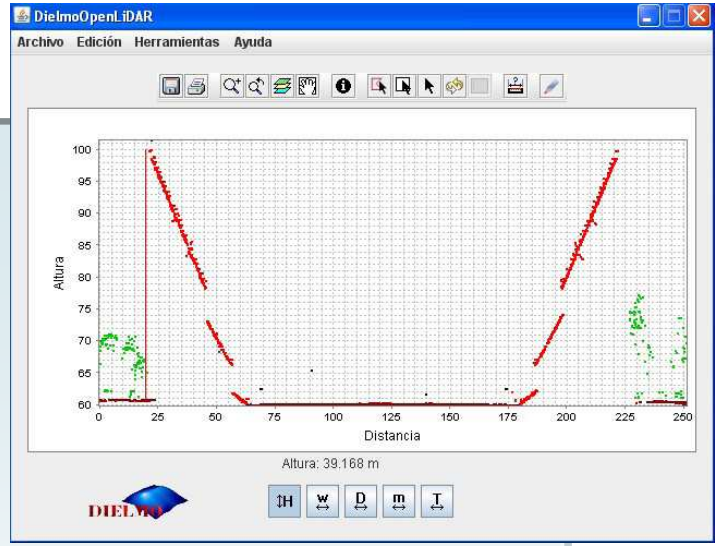



- …… y más

# ❖Aplicaciones LiDAR

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## Ferrocarriles:




- Determinación de curvas de nivel con gran precisión
- Ayuda en la planificación de construcciones
- Estudios previos del terreno en explanaciones
- Supervisión de taludes y terraplenes a pie de vía
- Supervisión de cubiertas en edificios
- Previsión de zonas inundables.
- Determinación precisa de rampas y pendientes de vía
- Cálculo real de longitud de vías
- Determinación de áreas de cobertura telefónica.
- Supervisión de zonas seguridad y gálibo.
- Determinación de objetos susceptibles de interceptar la zona de gálibo de la vía.

# ❖Aplicaciones LiDAR

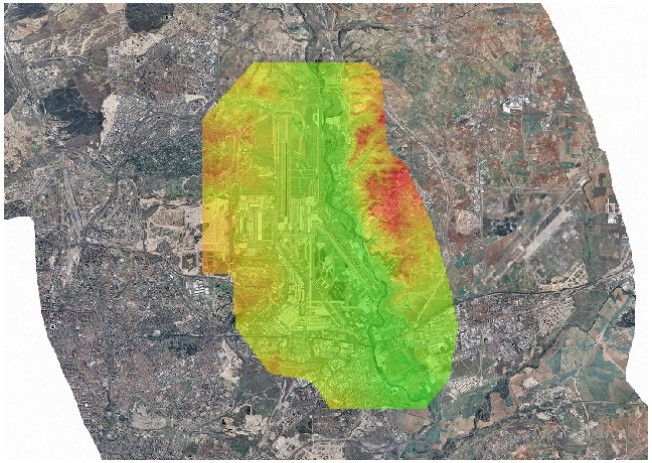
GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## Aeropuertos:

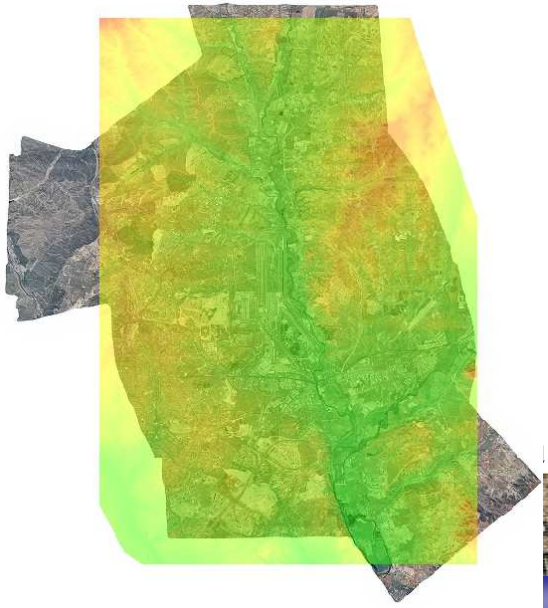
A partir de los Modelos del Terreno generados con los datos LiDAR, se obtienen:

- Perfiles del terreno
- Zonas de visibilidad
- Desmontes y terraplenes
- Cota del terreno
- Estudios de obstáculos
- Estudios de servidumbres

Zona Aeroportuaria



Zona de Servidumbre



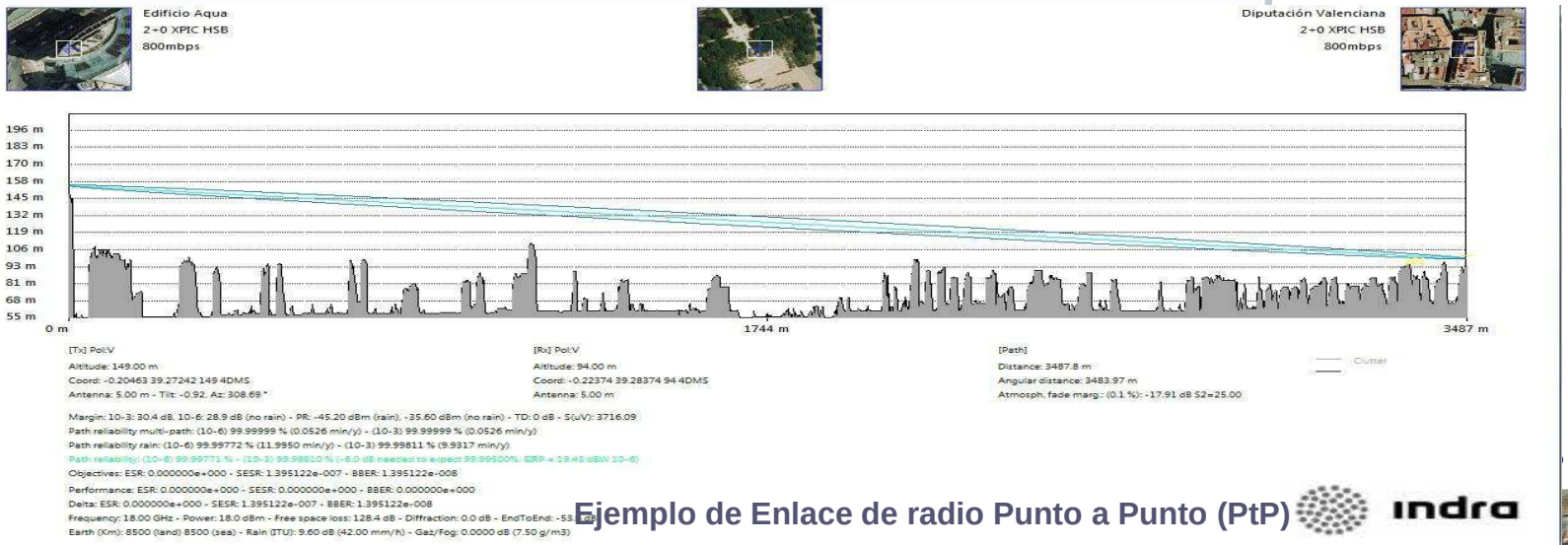
# ❖Aplicaciones LiDAR

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

## Comunicaciones:

Los Modelos del Terreno generados con los datos LiDAR, se utilizan para:

- Planificación de redes de transmisión de datos, en zonas urbanas:
  - Enlaces de radio Punto a Punto
  - Determinación de coberturas: Telefonía, WiFi, etc.



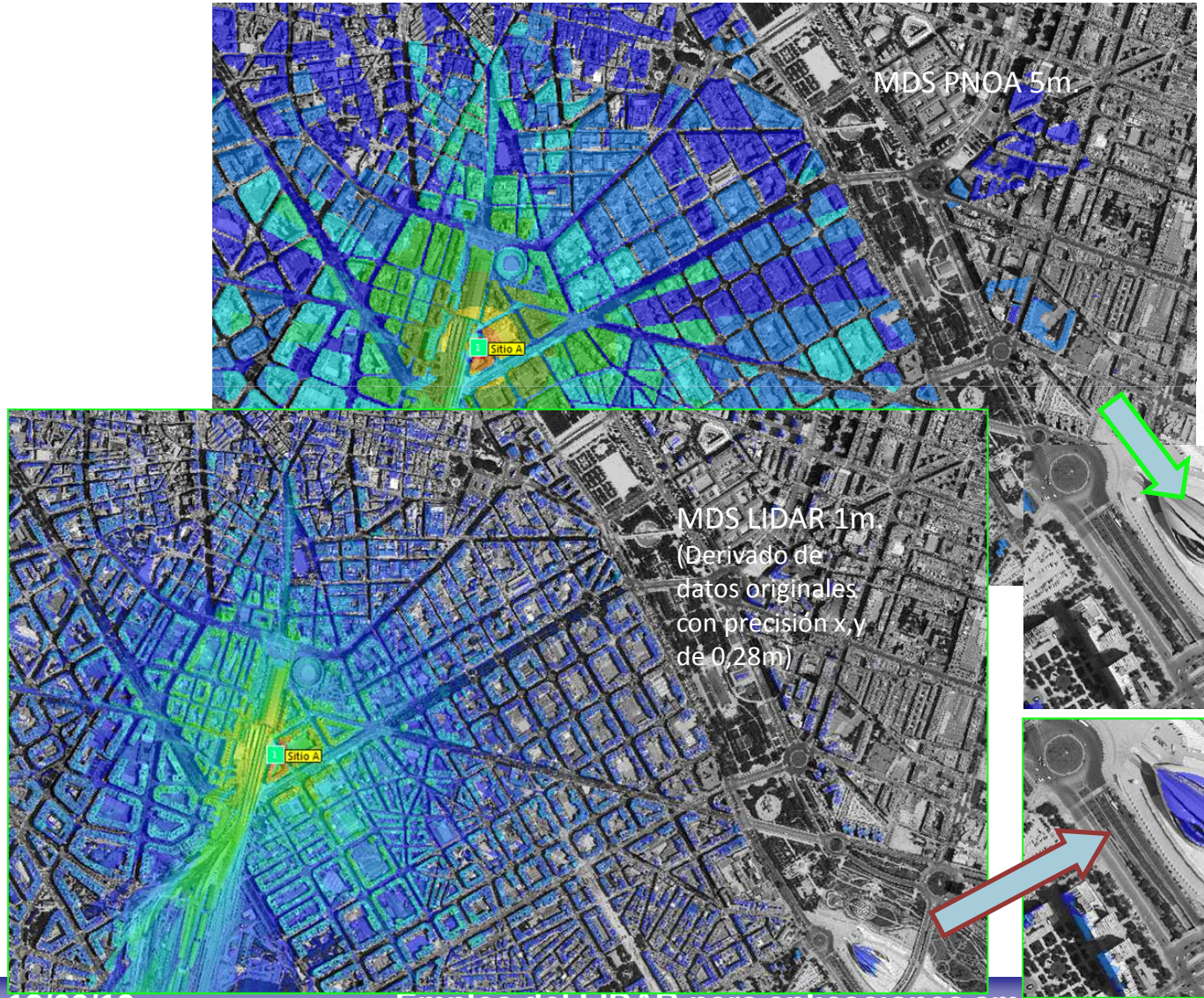

Ejemplo de Enlace de radio Punto a Punto (PtP)

indra

# ❖Aplicaciones LiDAR

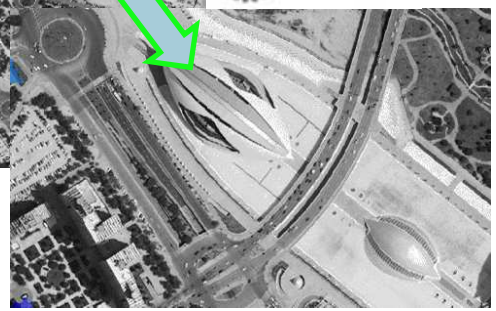
GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

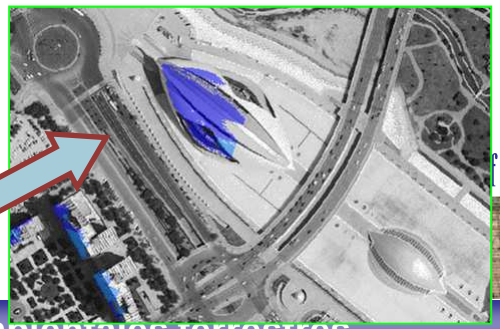
***EJEMPLO DE COBERTURA DE UN WALKIE DE CUERPOS DE SEGURIDAD: 400Mhz***




La fidelidad de las estructuras urbanas conseguida con los datos LIDAR, tiene un impacto directo en las planificaciones radioeléctricas presentando resultados mucho más exactos.

indra





fico Nacional

# ❖Aplicaciones LiDAR

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

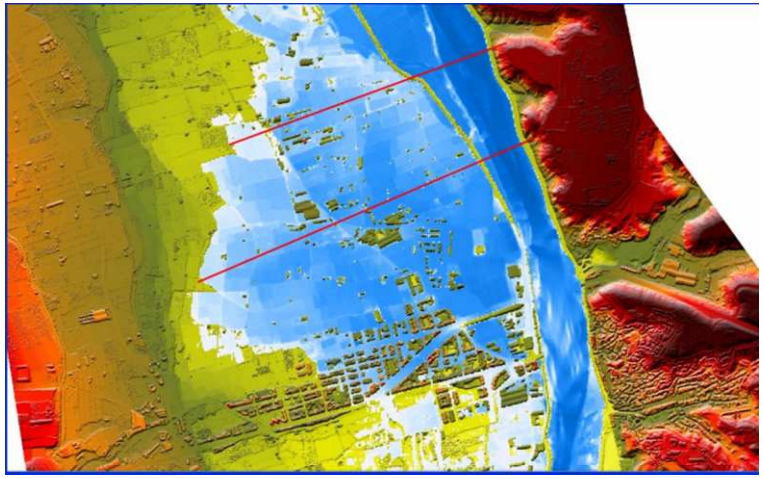
## Mapas de Riesgo de Inundación:

- Los datos Lidar PNOA ya se están utilizando para el desarrollo de más de 15 proyectos de restauración fluvial y protección frente a inundaciones.

Con los Modelos del Terreno generados con los datos LiDAR, se determina:

- El Dominio Público Hidráulico mediante criterios hidrológicos, geomorfológicos y ambientales.
- Zona de flujo preferente, que podrá, en caso necesario establecerse como zona de policía.
- Zonas inundables asociadas a distintos períodos de retorno.

**Estudios hidráulicos**



**Zonificación territorial**

Instituto Geográfico Nacional

# ❖Aplicaciones LiDAR

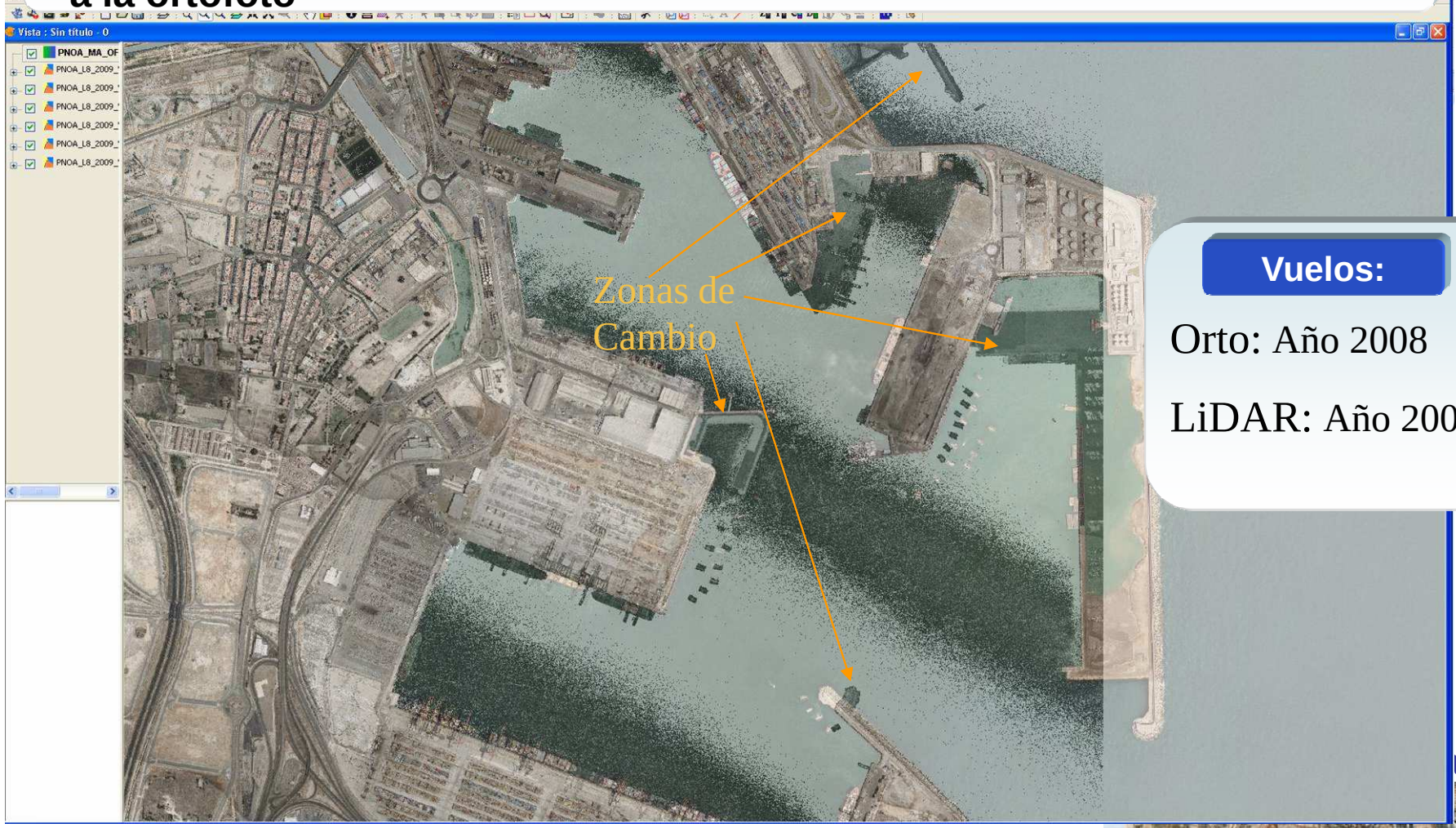
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

## Puerto de Valencia: Nube de puntos LiDAR (PNOA 09)

# ❖Aplicaciones LiDAR

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

**Detección de cambios: Puerto de Valencia – puntos LiDAR superpuestos a la ortofoto**




**Vuelos:**

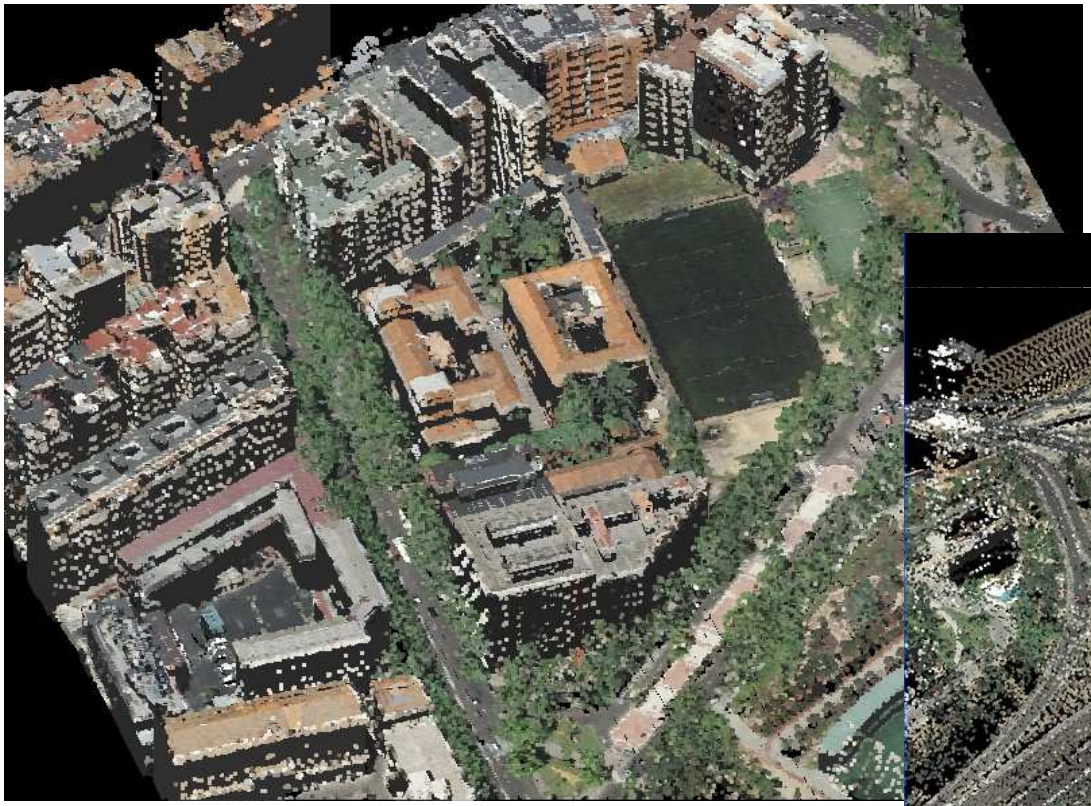
Orto: Año 2008

LiDAR: Año 2009

# ❖Aplicaciones LiDAR

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

**Fusión de la nube de puntos LiDAR con información RGB obtenida de las fotografías aéreas**



**Sede Central del IGN**

**Nudo de Carreteras**

Nacional

# ❖ÍNDICE


- INTRODUCCIÓN
- COBERTURAS LIDAR
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PRODUCTOS
- CONTROL DE CALIDAD
- PRODUCTOS GENERADOS EN EL IGN
- APLICACIONES DATOS LIDAR PNOA
- CONCLUSIONES


Instituto Geográfico Nacional

# ❖Conclusiones

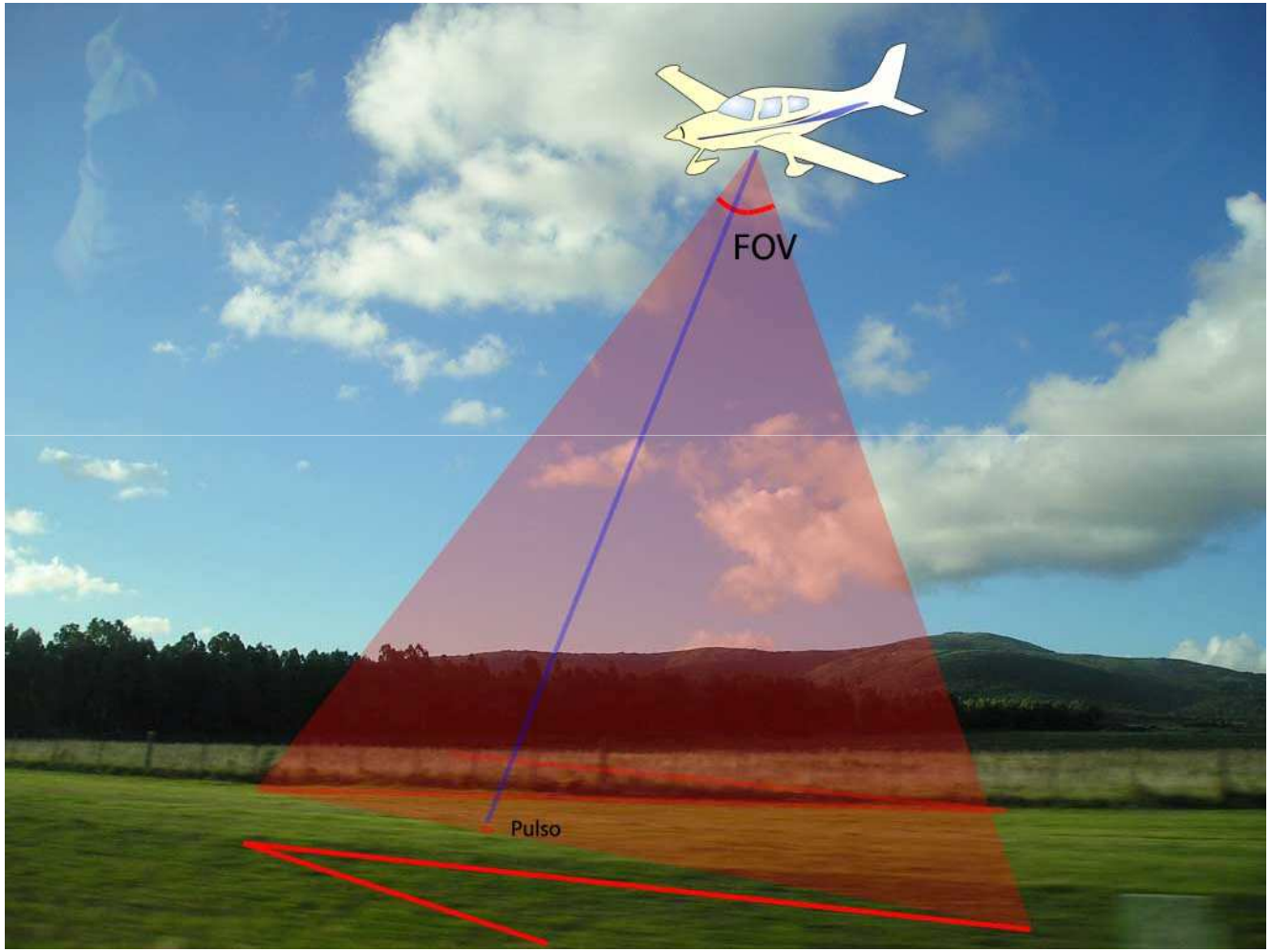
- Obtención de la malla 5x5, con mayor precisión que la generada con PNOA mediante correlación.
- Múltiples aplicaciones en todos los ámbitos de las ciencias de la tierra
- Existe una gran demanda de MDT de alta precisión. Se están utilizando en más de 15 proyectos del Sistema Cartográfico de Zonas Inundables (SCZI)
- Se están realizando proyectos I+D+i en el área de SIOSE, ajuste planimétrico de datos LiDAR y modelizaciones en 3D.

Instituto Geográfico Nacional

# Gracias por su atención

jcojeda@fomento.es

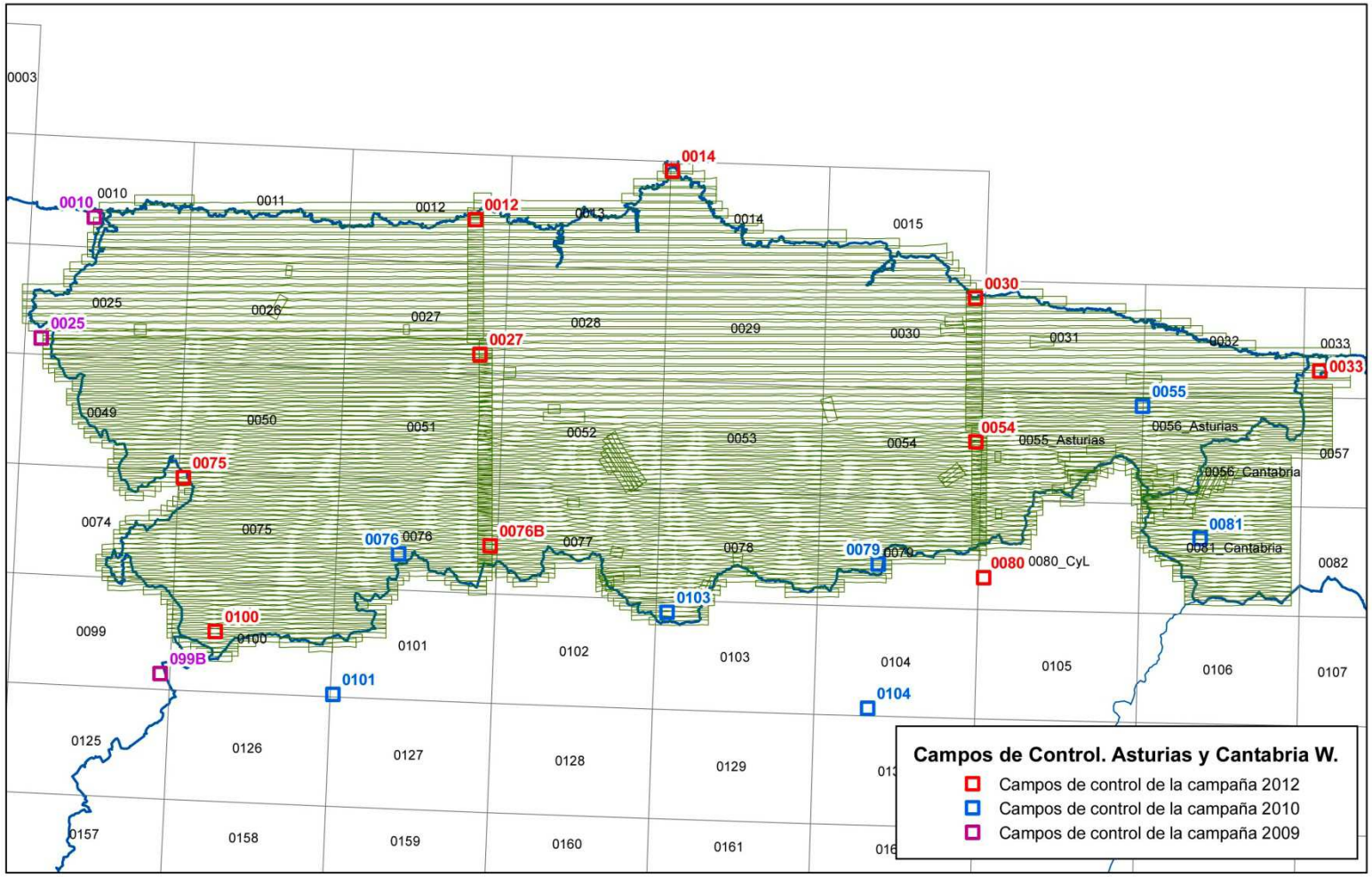
Instituto Geográfico Nacional




Instituto Geográfico Nacional

Tragsatec

## PNOA 2012. CAMPOS DE CONTROL ALTIMÉTRICO ASTURIAS y CANTABRIA W.



# Base de datos vuelo lidar

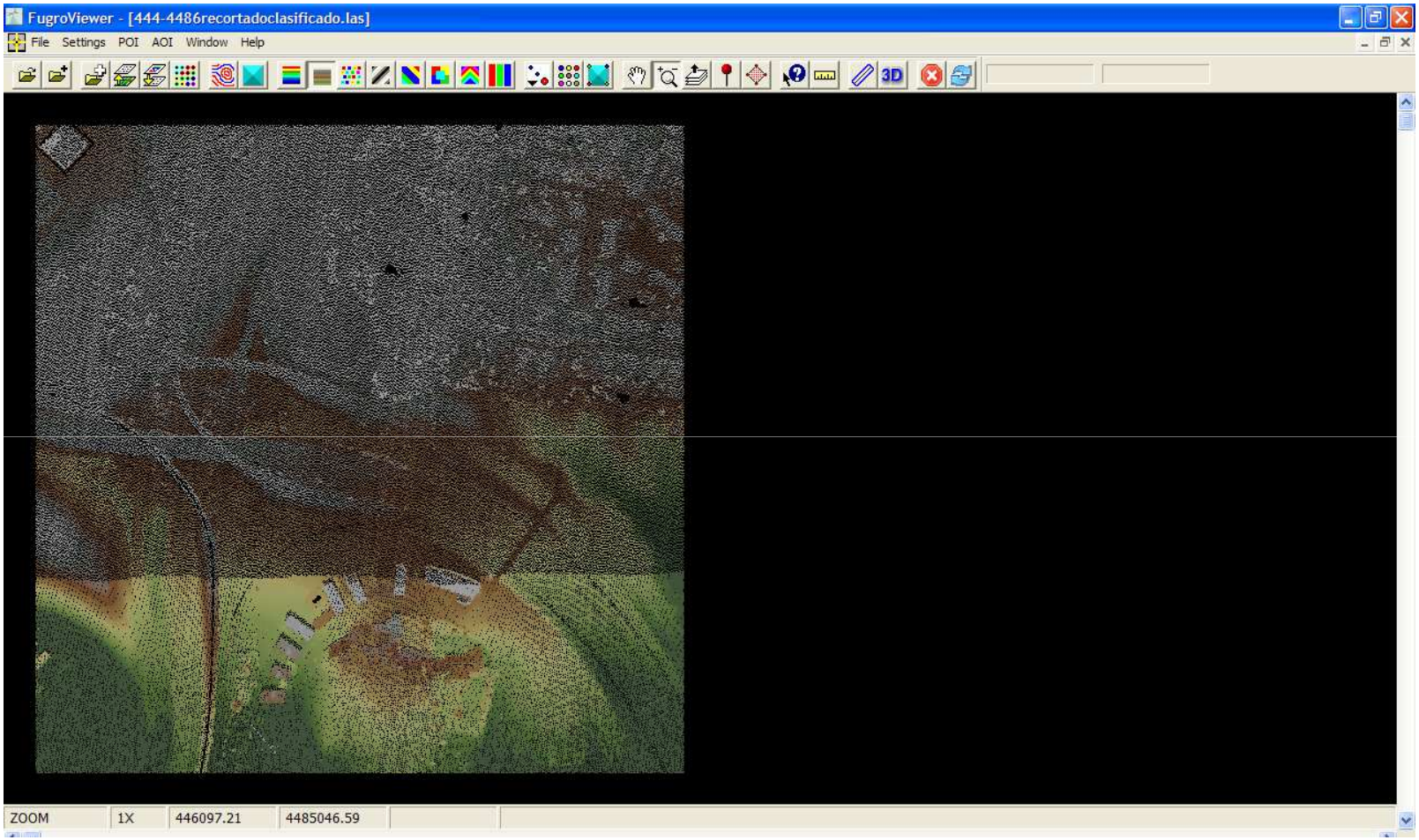
Vuelo_ejecutado

| Num_Pasad | Linea_de_vuel | Este_Inicio_ | Norte_Inico | Long_inicio_ | Lat_Inicio_p | Este_Final_ | Norte_Fina_ | Long_Final_ | Lat_Final_p | Sistema_Re | Huso | Ho_media | he_media | T_Ini_GPS | T_Fin_GPS | Fecha | FOV | Frecuencia_ | Frecue |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 101019_142755_ | 464734.39720 | 4557437.4589 | -3.420388 | 41.167691 | 430951.40126 | 4610891.7374 | -3.829171 | 41.646963 | ETRS89 | 30 | 3179.641309 | 3233.554 | 224890.28004 | 226063.61514 | 19/10/2010 | 50.3 | 91800 | 32.1 |
| 6 | 101019_145157_ | 464778.98026 | 561163.711564 | -3.420071 | 41.201258 | 343121.89210 | 4614063.532 | -4.88431 | 41.663074 | ETRS89 | 30 | 3170.00031 | 3223.955 | 226333.12762 | 227490.54380 | 19/10/2010 | 51.3 | 91800 | 32.1 |
| 5 | 101019_151517_ | 465422.68816 | 4516685.2827 | -3.409904 | 40.800623 | 431123.2881 | 4614481.8044 | -3.827521 | 41.679311 | ETRS89 | 30 | 3184.624311 | 3236.908 | 227733.10124 | 228866.48293 | 19/10/2010 | 50.8 | 91800 | 32.1 |
| 4 | 101019_153906_ | 465432.88223 | 4515093.4898 | -3.409695 | 40.786284 | 343169.0337 | 4617634.1399 | -4.884682 | 41.695227 | ETRS89 | 30 | 3183.510312 | 3235.722 | 229161.62605 | 230310.33841 | 19/10/2010 | 50.2 | 91800 | 32.1 |
| 3 | 101019_160740_ | 465537.87542 | 4520366.2327 | -3.408742 | 40.833787 | 430994.86171 | 4618078.9986 | -3.82948 | 41.711697 | ETRS89 | 30 | 3176.103313 | 3228.555 | 230875.90461 | 232036.40750 | 19/10/2010 | 49.9 | 91800 | 32.1 |
| 212 | 101019_084335_ | 461126.8258 | 4553601.6387 | -3.463148 | 41.132974 | 341474.49731 | 4521036.6199 | -4.879921 | 40.825231 | ETRS89 | 30 | 4006.3533 | 4060.164 | 204230.95546 | 205105.13705 | 19/10/2010 | 35.8 | 79000 | 31.2 |
| 210 | 101019_090231_ | 461136.74084 | 4554266.6800 | -3.463072 | 41.138965 | 418295.05935 | 4522869.2957 | -3.969345 | 40.852987 | ETRS89 | 30 | 4027.140301 | 4080.955 | 205367.46771 | 206354.93578 | 19/10/2010 | 36.1 | 79000 | 31.2 |
| 206 | 101019_092450_ | 461155.95308 | 4556254.2038 | -3.462969 | 41.156869 | 341639.74382 | 4529061.6236 | -4.880005 | 40.897517 | ETRS89 | 30 | 4015.882302 | 4069.715 | 206706.76708 | 207683.79122 | 19/10/2010 | 35.9 | 79000 | 31.2 |
| 207 | 101019_094540_ | 461163.13579 | 4551429.6541 | -3.462578 | 41.113411 | 418674.00269 | 4526998.9254 | -3.96539 | 40.890221 | ETRS89 | 30 | 4024.854303 | 4078.652 | 207956.63251 | 208940.87759 | 19/10/2010 | 36.5 | 79000 | 31.2 |
| 209 | 101019_100649_ | 461356.72797 | 4570684.9245 | -3.461489 | 41.286865 | 341532.24462 | 4524826.8446 | -4.880201 | 40.859368 | ETRS89 | 30 | 4016.441304 | 4070.487 | 209225.56918 | 210196.35003 | 19/10/2010 | 36.3 | 79000 | 31.2 |
| 94 | 101019_103921_ | 461005.6507 | 4493811.1644 | -3.460843 | 40.594365 | 430505.8003 | 4573690.3452 | -3.830234 | 41.311868 | ETRS89 | 30 | 3235.954305 | 3287.415 | 211177.25651 | 212316.68971 | 19/10/2010 | 49.9 | 91800 | 32.1 |
| 10 | 101019_110901_ | 462709.96215 | 4484532.3924 | -3.440154 | 40.510854 | 342917.43809 | 4606891.1246 | -4.884882 | 41.598465 | ETRS89 | 30 | 3184.809306 | 3236.133 | 212958.30968 | 214069.87383 | 19/10/2010 | 49.8 | 91800 | 32.1 |
| 9 | 101019_113225_ | 463764.23250 | 4561850.7675 | -3.432214 | 41.207402 | 430831.16428 | 4607295.1984 | -3.830199 | 41.614561 | ETRS89 | 30 | 3186.896307 | 3240.865 | 214361.70134 | 215521.93671 | 19/10/2010 | 49.8 | 91800 | 32.1 |
| 8 | 101019_115653_ | 464704.62283 | 4559312.3243 | -3.420851 | 41.184578 | 343052.85348 | 4610463.5415 | -4.884194 | 41.630652 | ETRS89 | 30 | 3160.501308 | 3214.438 | 215830.07958 | 216950.47538 | 19/10/2010 | 49.7 | 91800 | 32.1 |
| 22 | 101017_093240_ | 450680.36081 | 4559787.9728 | -3.588103 | 41.18813 | 514385.69217 | 4616283.1290 | -2.827111 | 41.698385 | ETRS89 | 30 | 3293.504278 | 3347.337 | 34375.734215 | 35526.16402 | 17/10/2010 | 49.9 | 91800 | 32.1 |
| 24 | 101017_095640_ | 450710.44065 | 4560379.6108 | -3.587792 | 41.193461 | 452176.05593 | 4613434.0507 | -3.574513 | 41.671417 | ETRS89 | 30 | 3281.845279 | 3335.676 | 35816.520397 | 36645.719674 | 17/10/2010 | 49.8 | 91800 | 32.1 |
| 33 | 101015_144134_ | 438811.02531 | 4513974.0839 | -3.725093 | 40.774649 | 514439.61278 | 4597160.54 | -2.826924 | 41.526142 | ETRS89 | 30 | 3341.373258 | 3393.657 | 484910.48026 | 486003.29956 | 15/10/2010 | 50.1 | 91800 | 32.1 |
| 32 | 101015_150357_ | 438850.18989 | 4513944.1196 | -3.724626 | 40.774382 | 428333.95616 | 4599312.0764 | -3.859215 | 41.542442 | ETRS89 | 30 | 3355.139259 | 3407.421 | 486253.30678 | 487342.88175 | 15/10/2010 | 50.2 | 91800 | 32.1 |
| 31 | 101015_152627_ | 439312.61164 | 4552290.7080 | -3.722904 | 41.119828 | 514150.94607 | 4600770.9012 | -2.830299 | 41.558667 | ETRS89 | 30 | 3348.02526 | 3401.598 | 487603.7042 | 488679.82449 | 15/10/2010 | 49.8 | 91800 | 32.1 |
| 30 | 101015_154727_ | 438736.95586 | 4433602.1437 | -3.718231 | 40.050616 | 428344.41985 | 4602928.1928 | -3.859521 | 41.575011 | ETRS89 | 30 | 3326.796261 | 3378.2 | 488863.86127 | 489940.86679 | 15/10/2010 | 49.8 | 91800 | 32.1 |
| 29 | 101015_161128_ | 440123.45503 | 4553008.3209 | -3.713316 | 41.126352 | 514233.10597 | 4604385.126 | -2.829228 | 41.59122 | ETRS89 | 30 | 3313.828262 | 3367.418 | 490304.51538 | 491406.52636 | 15/10/2010 | 50.9 | 91800 | 32.1 |
| 37 | 101015_085716_ | 435656.19711 | 4511381.6665 | -3.762208 | 40.751056 | 588774.00404 | 4618660.0575 | -1.932836 | 41.714969 | ETRS89 | 30 | 3483.359249 | 3535.607 | 464253.10824 | 465235.65767 | 15/10/2010 | 49.8 | 91800 | 32.1 |
| 36 | 101015_092000_ | 435074.27529 | 4430299.0061 | -3.760837 | 40.020584 | 511667.72372 | 4619897.2196 | -2.859705 | 41.730982 | ETRS89 | 30 | 3504.44525 | 3555.921 | 465617.62462 | 466588.28004 | 15/10/2010 | 49.7 | 91800 | 32.1 |
| 35 | 101015_094256_ | 436560.12881 | 4546439.6258 | -3.755085 | 41.066915 | 588659.81319 | 4622209.0105 | -1.93368 | 41.746942 | ETRS89 | 30 | 3516.492251 | 3569.968 | 466993.55248 | 468010.91404 | 15/10/2010 | 50.4 | 91800 | 32.1 |
| 38 | 101015_100322_ | 436734.51859 | 4549983.6678 | -3.753374 | 41.098851 | 511703.89114 | 4616339.5325 | -2.85934 | 41.698937 | ETRS89 | 30 | 3491.779252 | 3545.305 | 468219.12546 | 469230.11266 | 15/10/2010 | 50.8 | 91800 | 32.1 |
| 17 | 101015_103026_ | 436785.65369 | 4521602.2955 | -3.749865 | 40.843209 | 428550.92436 | 4621884.6194 | -3.859311 | 41.745755 | ETRS89 | 30 | 3293.631253 | 3346.313 | 469843.70227 | 470966.53111 | 15/10/2010 | 49.8 | 91800 | 32.1 |
| 18 | 101015_105916_ | 436868.13036 | 4521496.5691 | -3.748876 | 40.842263 | 451331.99134 | 4622955.681 | -3.58543 | 41.757124 | ETRS89 | 30 | 3299.835254 | 3352.512 | 471573.76108 | 472035.53996 | 15/10/2010 | 50 | 91800 | 32.1 |
| 19 | 101015_111206_ | 437348.81353 | 4514981.7796 | -3.74252 | 40.783616 | 416042.63498 | 4624766.0774 | -4.010133 | 41.770481 | ETRS89 | 30 | 3319.222255 | 3371.596 | 472343.97259 | 472799.74653 | 15/10/2010 | 49.9 | 91800 | 32.1 |
| 20 | 101015_112432_ | 437665.19588 | 4550759.9315 | -3.742371 | 41.105915 | 514329.0045 | 4619787.6973 | -2.827708 | 41.729952 | ETRS89 | 30 | 3283.228256 | 3336.769 | 473090.11408 | 474217.33922 | 15/10/2010 | 50.6 | 91800 | 32.1 |
| 21 | 101015_114822_ | 437346.00521 | 4512884.8555 | -3.742343 | 40.764727 | 428522.36826 | 4618340.9714 | -3.859229 | 41.713838 | ETRS89 | 30 | 3278.012257 | 3330.28 | 474519.61201 | 475612.52228 | 15/10/2010 | 50.5 | 91800 | 32.1 |
| 12 | 101020_151859_ | 469137.0073 | 4563259.7027 | -3.368201 | 41.220316 | 513200.69070 | 4562340.2907 | -2.842532 | 41.212515 | ETRS89 | 30 | 3391.137325 | 3445.12 | 314355.11664 | 315163.3997 | 20/10/2010 | 50.3 | 91800 | 32.1 |
| 137 | 101020_154057_ | 469054.16268 | 4531659.075 | -3.3676 | 40.935656 | 573876.79755 | 4569040.4370 | -2.117978 | 41.269598 | ETRS89 | 30 | 3250.180326 | 3303.197 | 315673.17987 | 316531.75374 | 20/10/2010 | 49.9 | 91800 | 32.1 |
| 136 | 101020_155914_ | 471629.36072 | 4540396.3430 | -3.337411 | 41.014456 | 504620.25897 | 4570250.2159 | -2.944826 | 41.283861 | ETRS89 | 30 | 3268.342327 | 3321.72 | 316770.52123 | 317647.6155 | 20/10/2010 | 50.3 | 91800 | 32.1 |
| 134 | 101020_161820_ | 471650.55119 | 4542746.9332 | -3.337267 | 41.035631 | 573856.18813 | 4573895.3748 | -2.117635 | 41.313327 | ETRS89 | 30 | 3230.054328 | 3283.525 | 317916.21837 | 318746.82232 | 20/10/2010 | 49.8 | 91800 | 32.1 |
| 4 | 101020_083113_ | 465588.87228 | 4527808.7391 | -3.408549 | 40.900833 | 429670.7351 | 4628628.3140 | -3.846643 | 41.806589 | ETRS89 | 30 | 3250.189314 | 3303.003 | 289889.25314 | 290852.28020 | 20/10/2010 | 50.5 | 91800 | 32.1 |
| 23 | 101020_085842_ | 465586.77757 | 4521650.9337 | -3.408233 | 40.845362 | 514288.96166 | 4614592.8303 | -2.828314 | 41.683162 | ETRS89 | 30 | 3278.794315 | 3331.303 | 291538.58733 | 292643.94679 | 20/10/2010 | 50.7 | 91800 | 32.1 |
| 22 | 101020_092055_ | 465618.44154 | 4527141.5414 | -3.408161 | 40.894824 | 497000.40323 | 4616363.6882 | -3.03605 | 41.699235 | ETRS89 | 30 | 3269.973316 | 3322.75 | 292871.35286 | 293098.79898 | 20/10/2010 | 50.7 | 91800 | 32.1 |
| 24 | 101020_093410_ | 468257.52656 | 4548251.9700 | -3.377916 | 41.085095 | 428468.26781 | 4613242.888 | -3.859268 | 41.667919 | ETRS89 | 30 | 3277.916317 | 3331.622 | 293666.44699 | 294797.04381 | 20/10/2010 | 49.8 | 91800 | 32.1 |
| 25 | 101020_095622_ | 468267.07112 | 4549020.0303 | -3.377842 | 41.092014 | 514119.11845 | 4611196.3101 | -2.830435 | 41.652572 | ETRS89 | 30 | 3279.828318 | 3333.557 | 294998.91014 | 296067.4977 | 20/10/2010 | 49.9 | 91800 | 32.1 |
| 26 | 101020_101752_ | 468264.58644 | 4546139.3594 | -3.377723 | 41.066065 | 428470.23839 | 4609838.9977 | -3.858837 | 41.637263 | ETRS89 | 30 | 3295.008319 | 3348.646 | 296288.82937 | 297460.36382 | 20/10/2010 | 50.1 | 91800 | 32.1 |
| 27 | 101020_104158_ | 468286.29303 | 4545427.7839 | -3.377428 | 41.059656 | 514148.12654 | 4607798.0921 | -2.830167 | 41.621963 | ETRS89 | 30 | 3295.35132 | 3348.955 | 297735.38619 | 298818.1659 | 20/10/2010 | 50.1 | 91800 | 32.1 |

Panel de exploracion

Instituto Geográfico Nacional

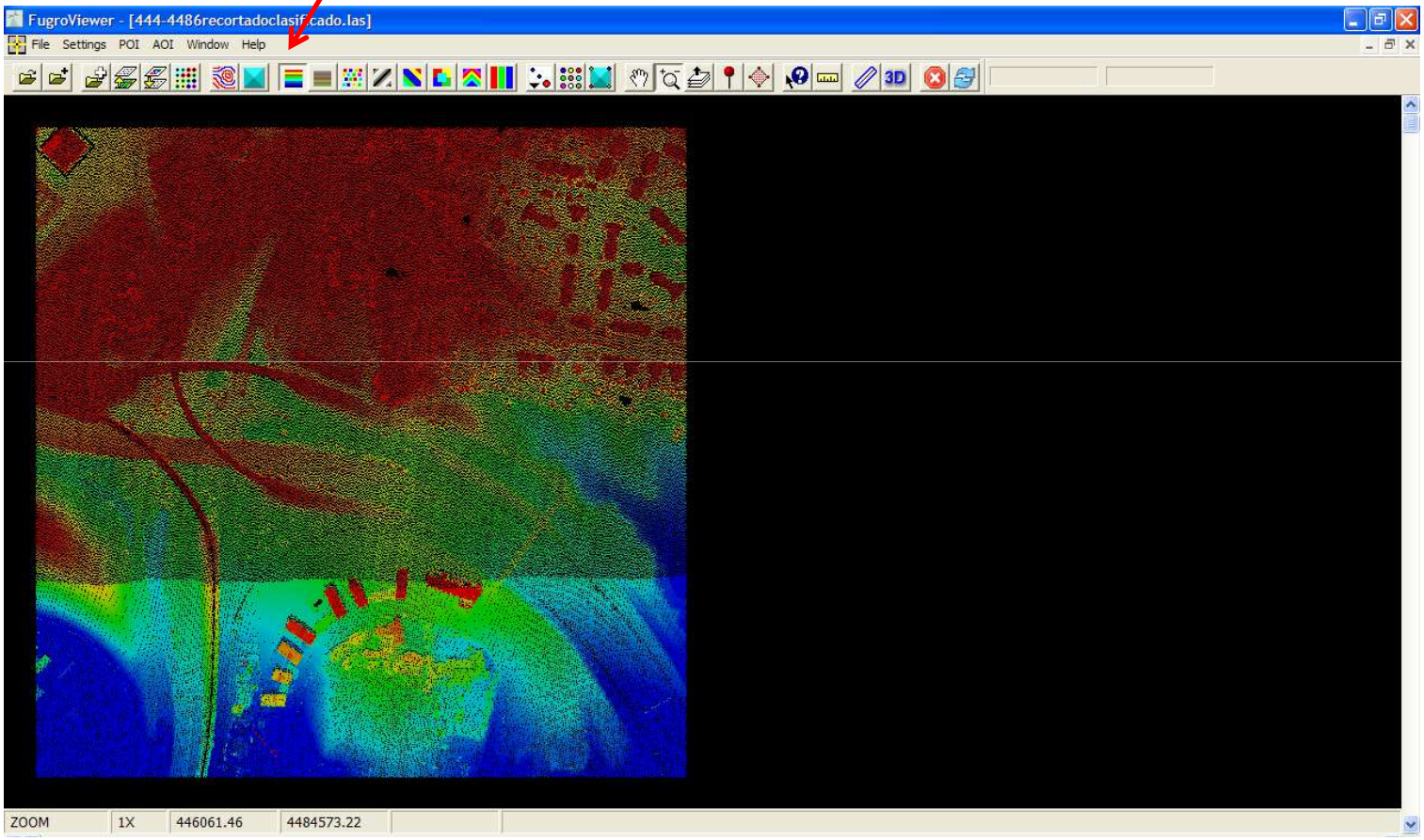
# ❖ Fugroviewer




Manejo de datos LIDAR con Fugroviewer. Nube de puntos coloreada por elevación

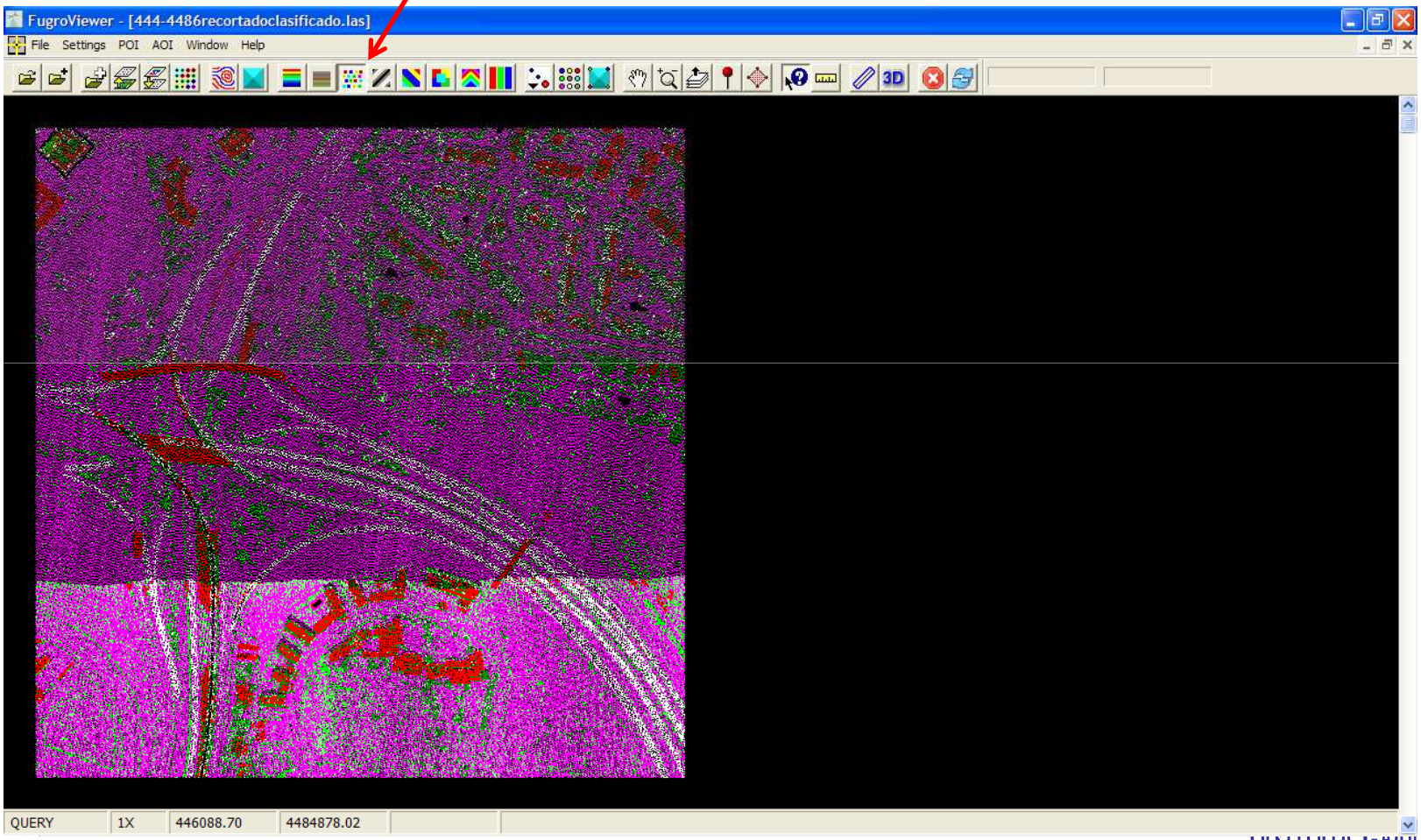
# ❖ Fugroviewer

Manejo de datos LIDAR con Fugroviewer. Nube de puntos coloreada por elevación



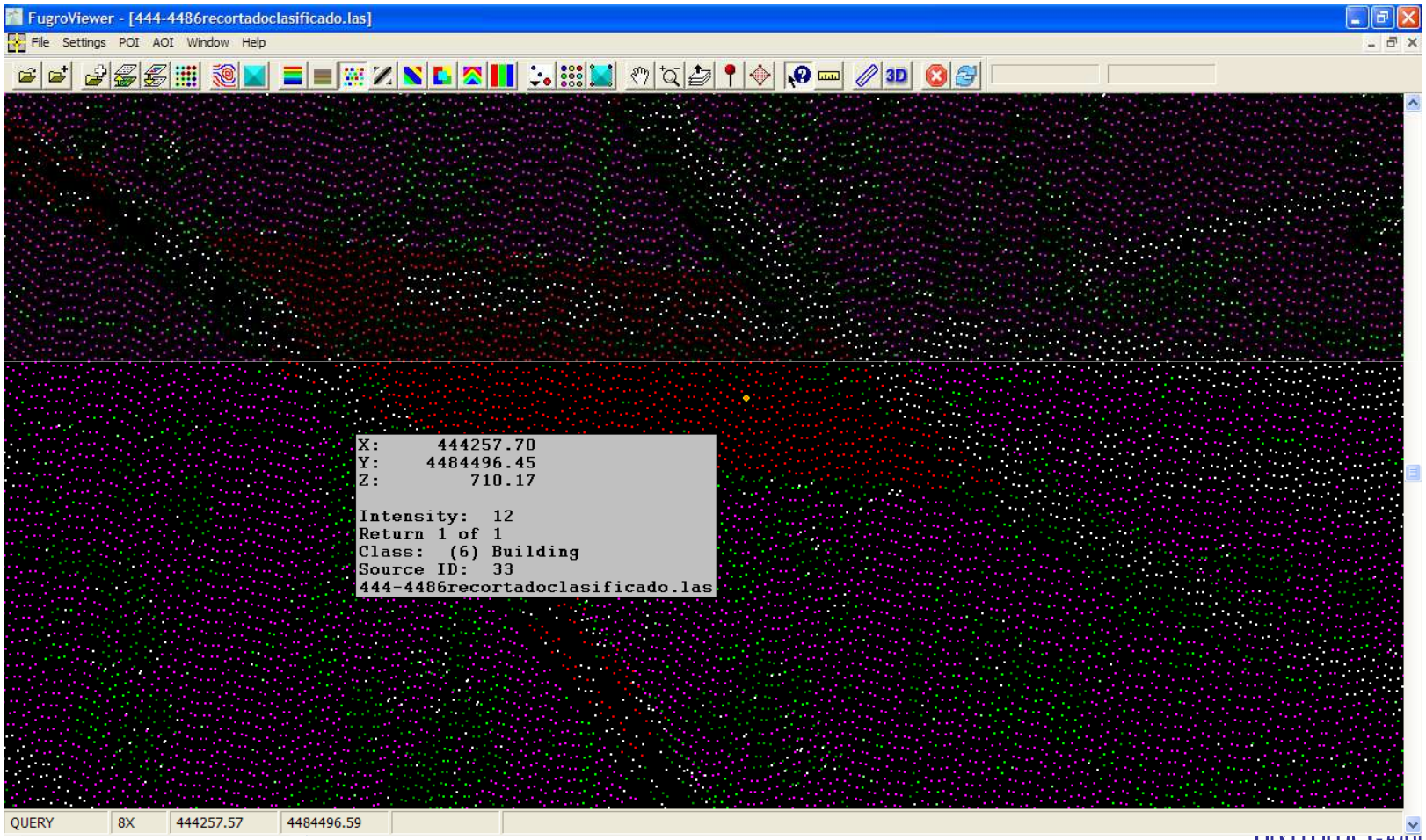
# ❖ Fugroviewer

Manejo de datos LIDAR con Fugroviewer. Nube de puntos coloreada por clasificación



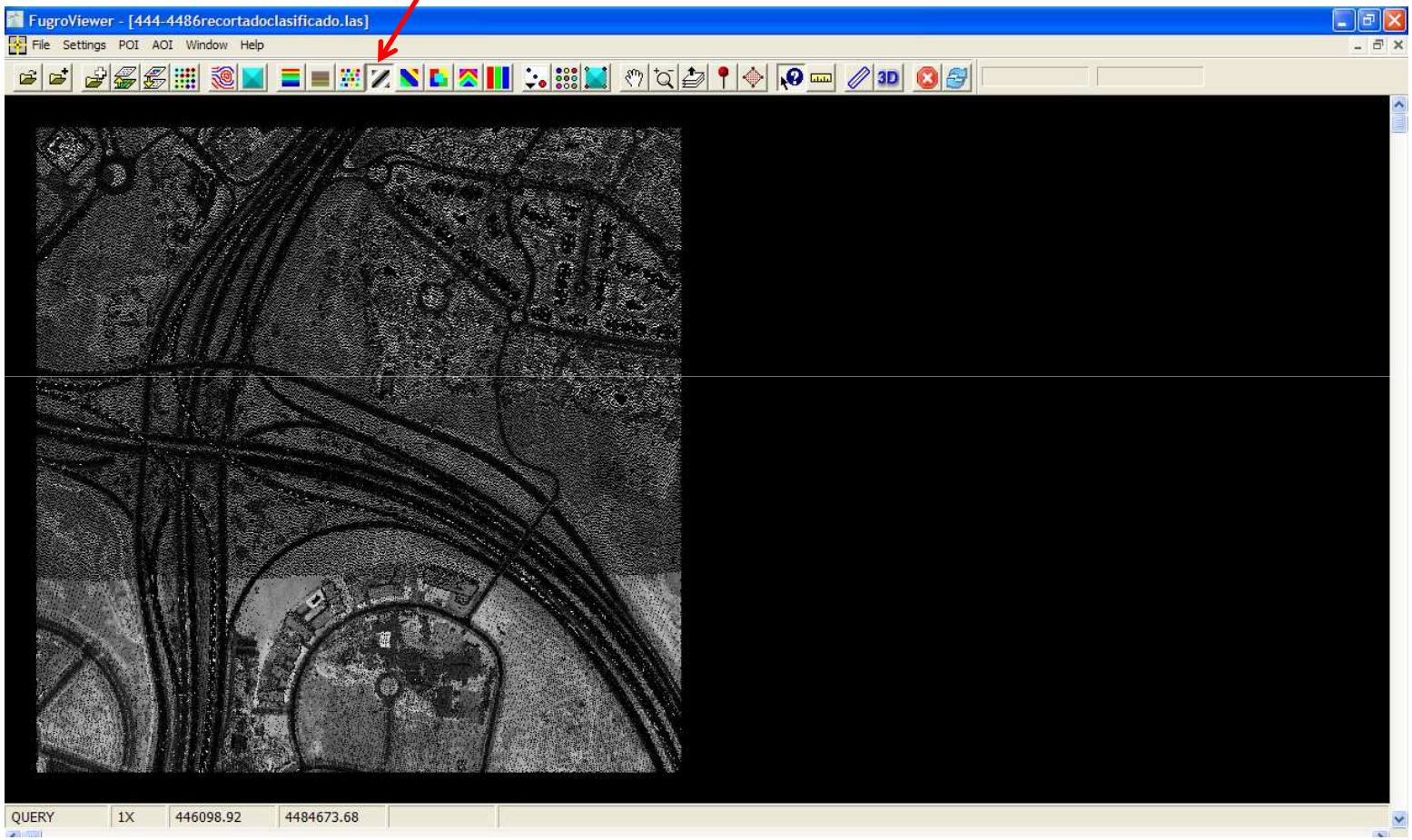
# ❖ Fugroviewer

Manejo de datos LIDAR con Fugroviewer. Detalle de la nube de puntos, e información de uno de ellos



# ❖ Fugroviewer

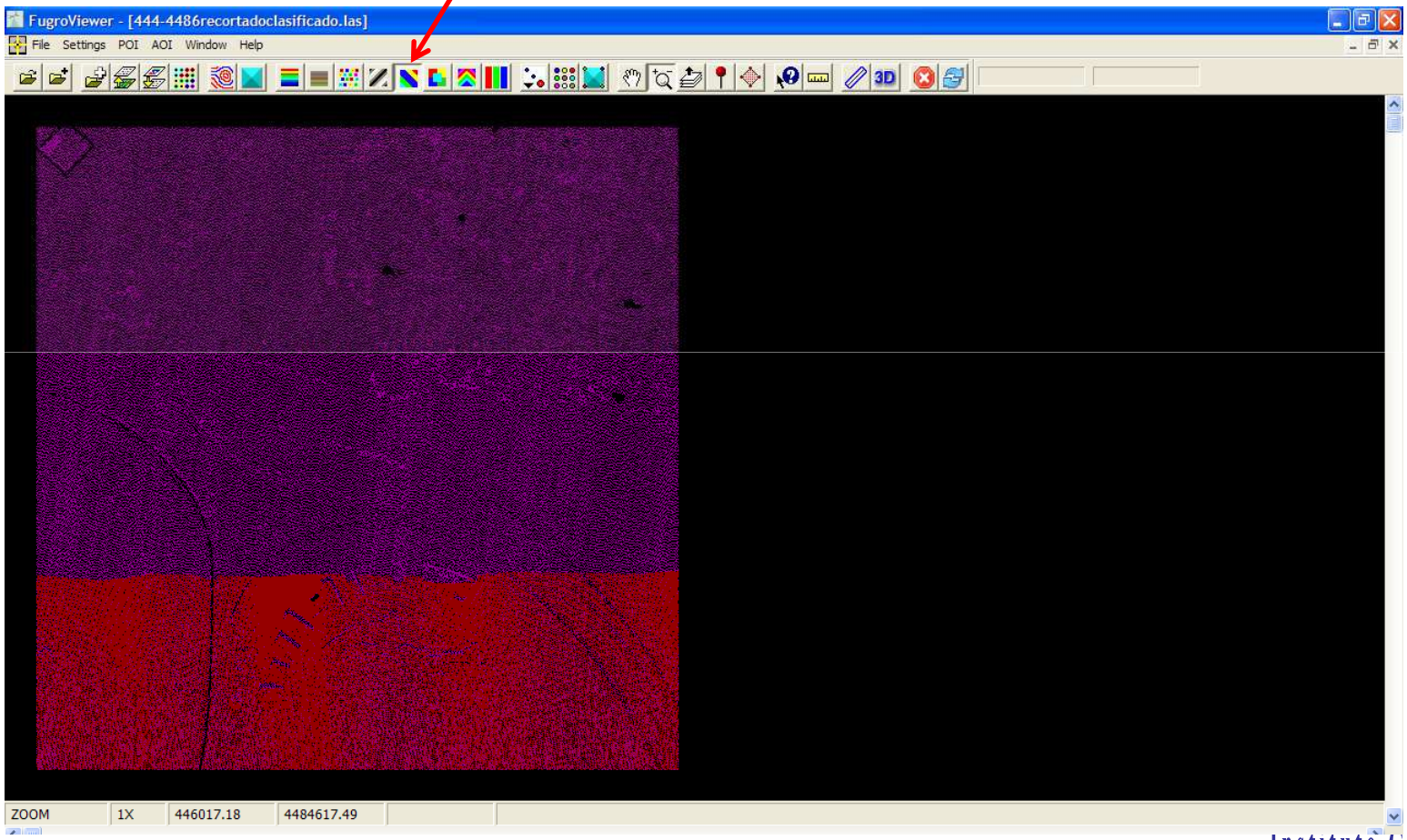
Manejo de datos LIDAR con Fugroviewer. Visualización de puntos por nivel de intensidad




Instituto Geográfico Nacional

# ❖ Fugroviewer

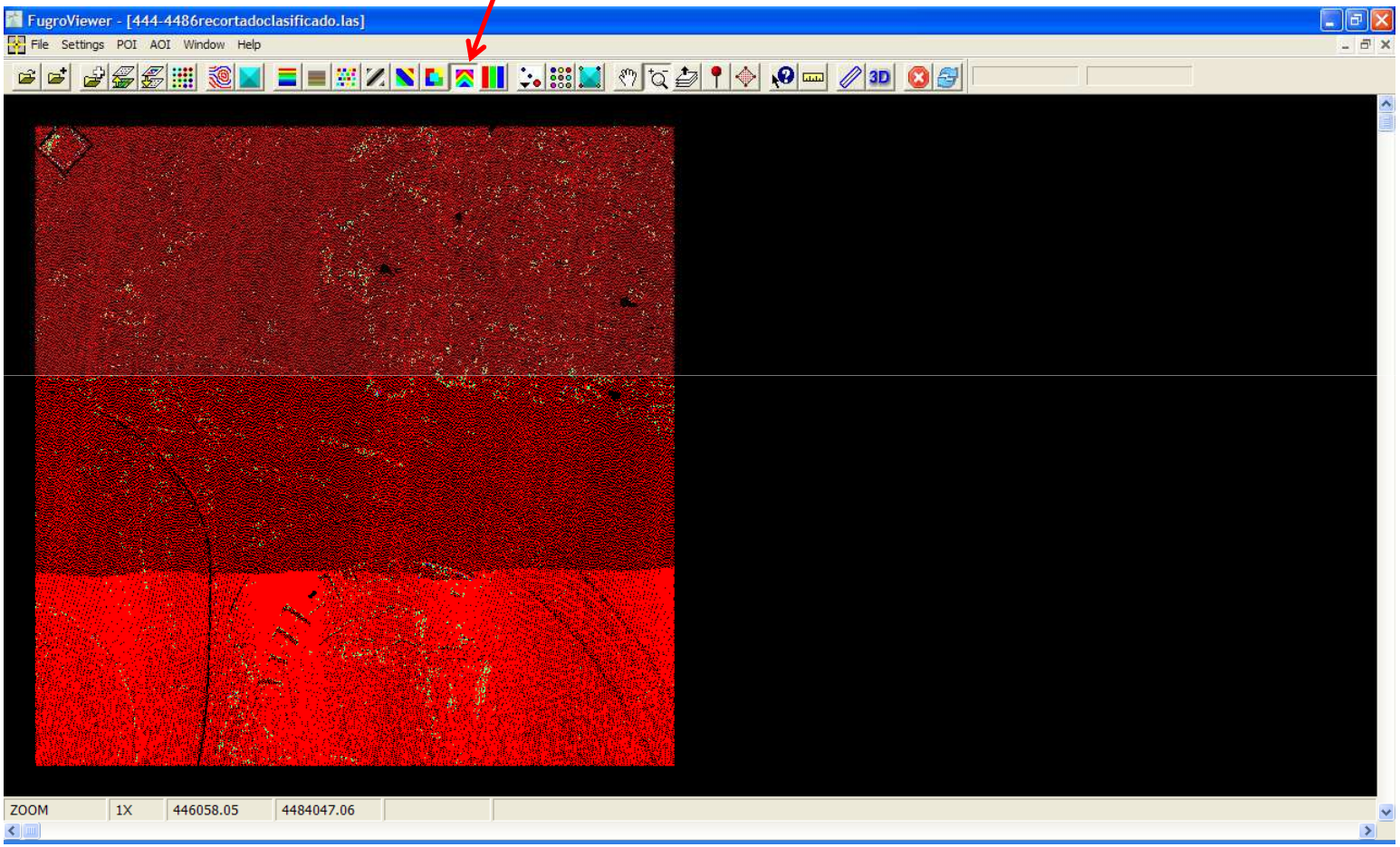
Manejo de datos LIDAR con Fugroviewer. Visualización de puntos por pasada




Instituto Geográfico Nacional

# ❖ Fugroviewer

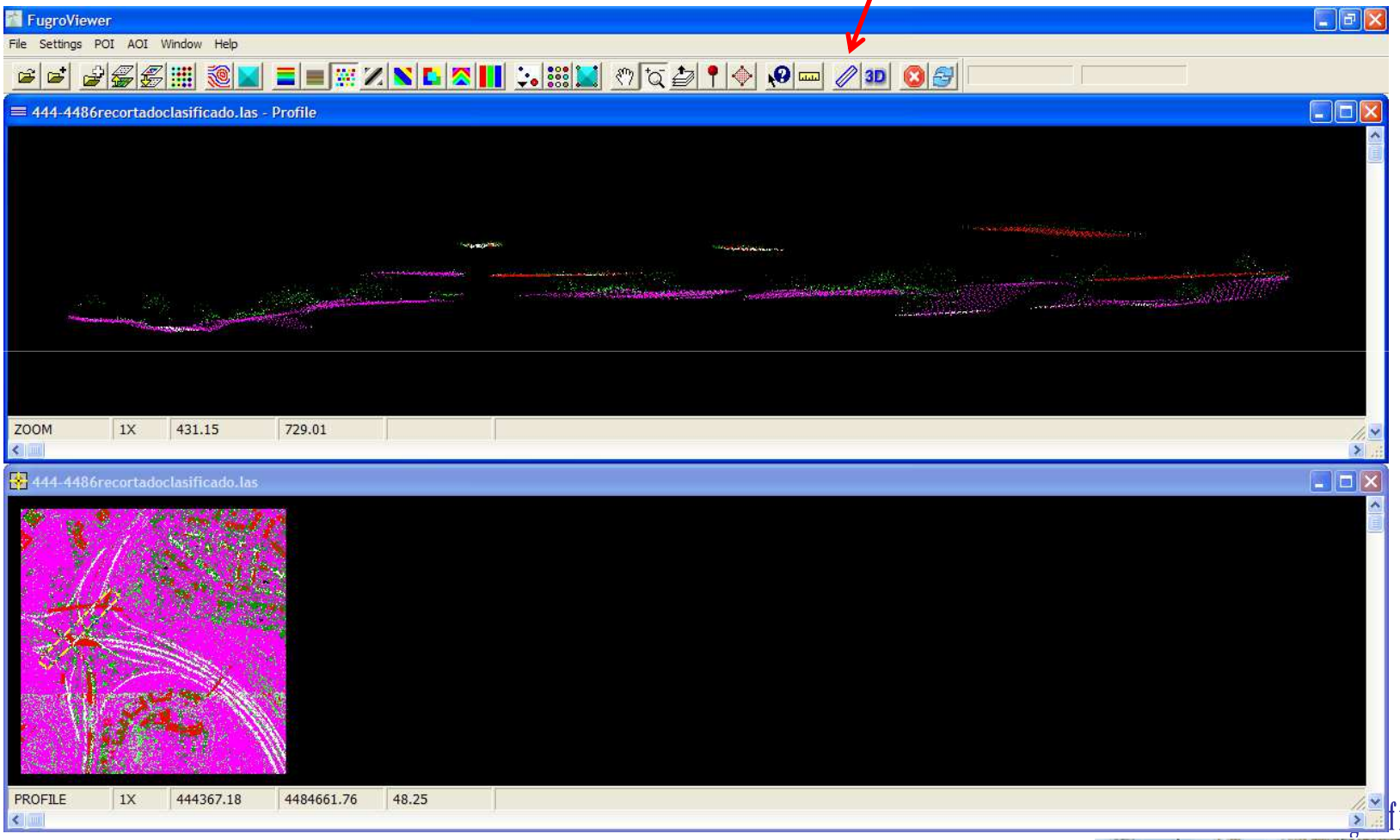
Manejo de datos LIDAR con Fugroviewer. Visualización de puntos por número de retorno




Instituto Geográfico Nacional

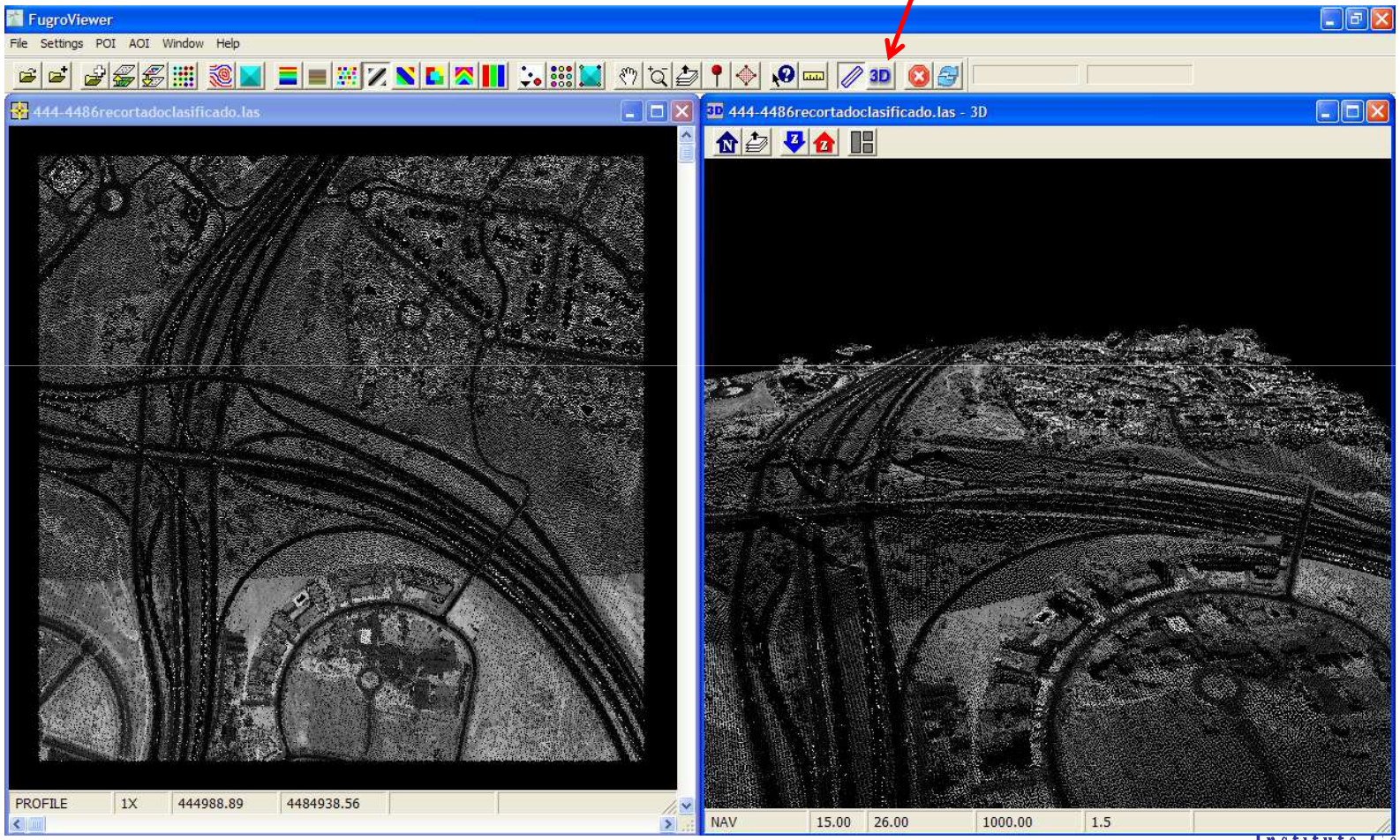
# ❖ Fugroviewer

Manejo de datos LIDAR con Fugroviewer. Perfiles longitudinales



# ❖ Fugroviewer

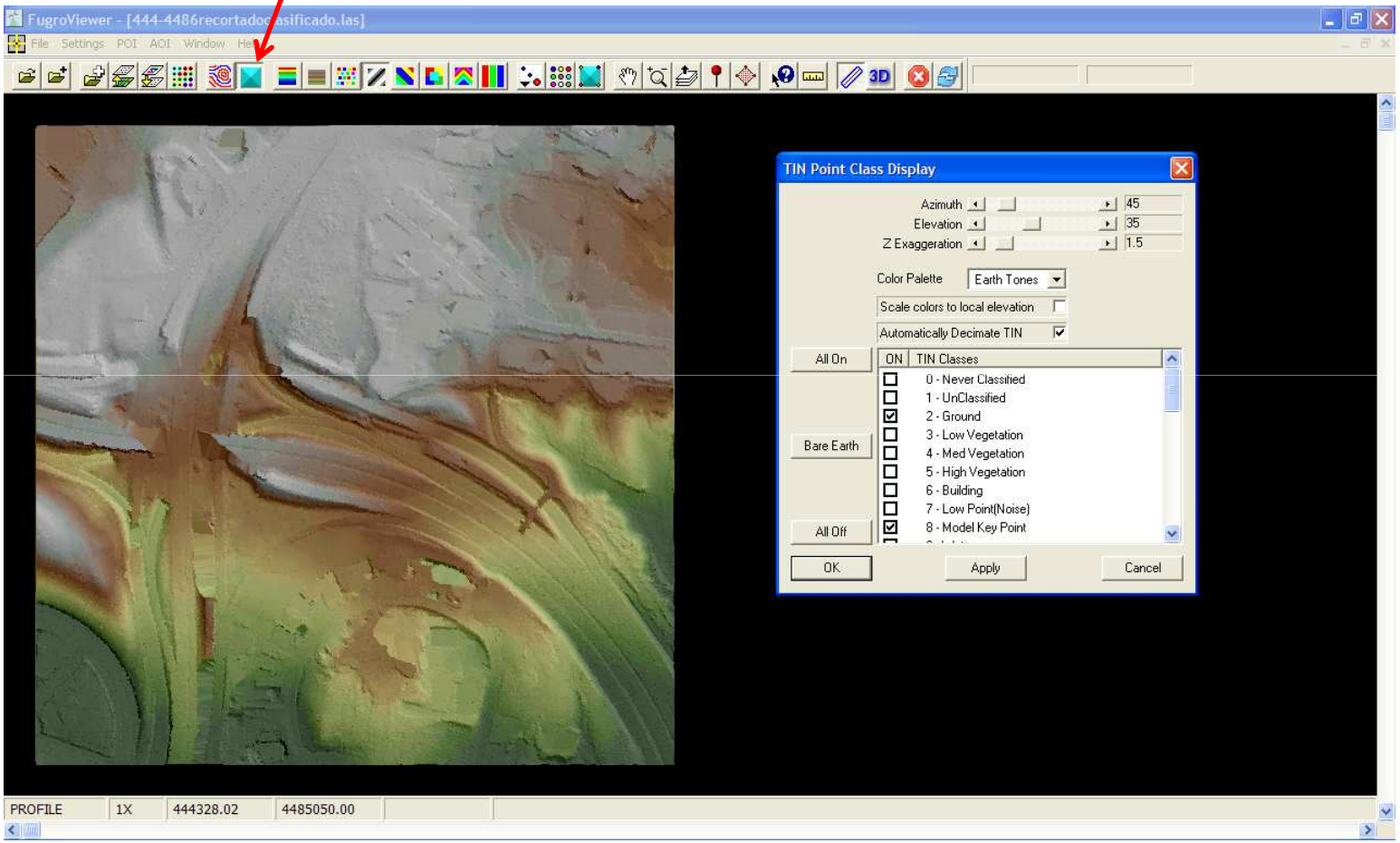
Manejo de datos LIDAR con Fugroviewer. Vistas en 3D




Instituto Geográfico Nacional

# ❖ Fugroviewer

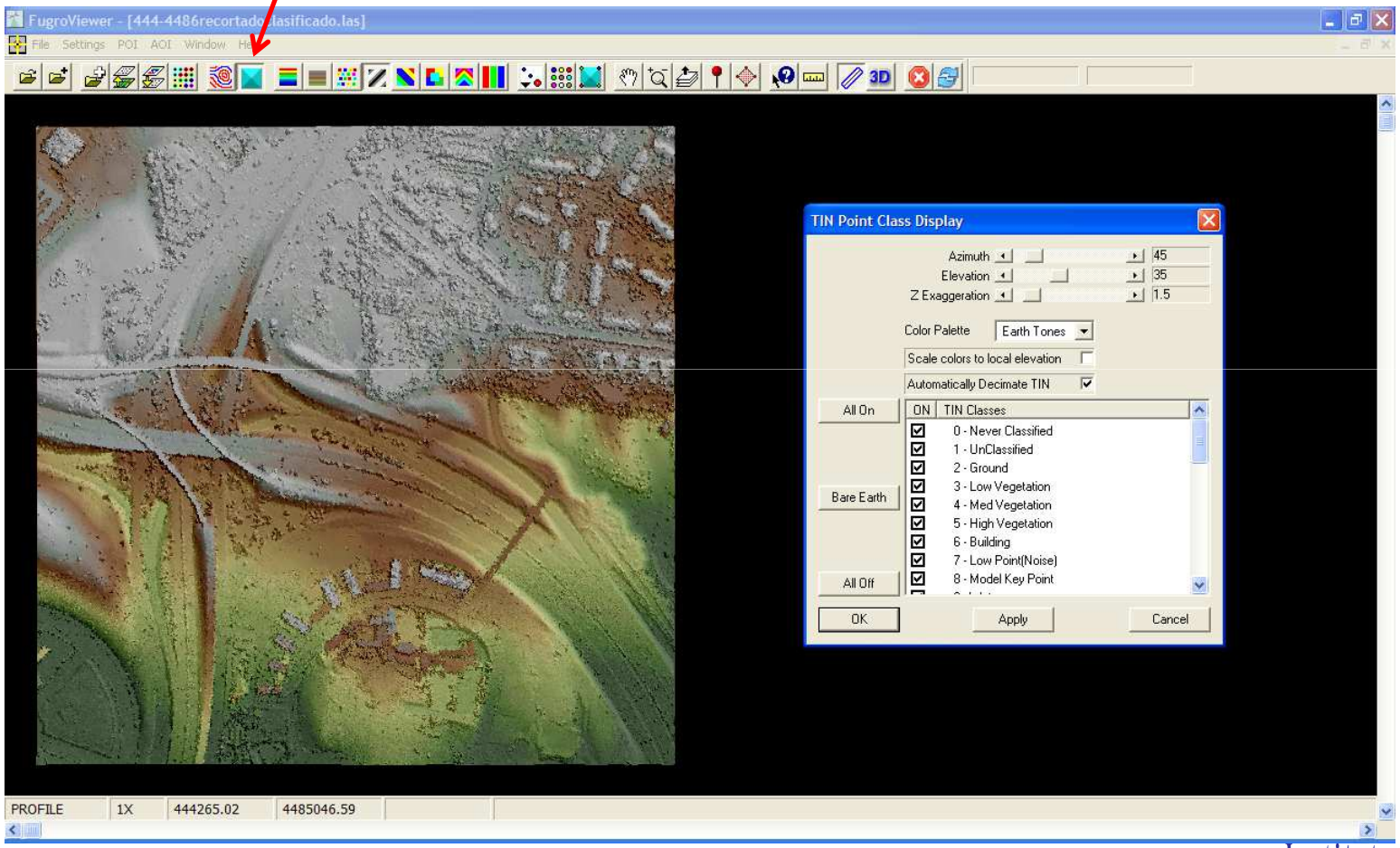
Manejo de datos LIDAR con Fugroviewer. Modelos Digitales del Terreno




Instituto Geográfico Nacional

# ❖ Fugroviewer

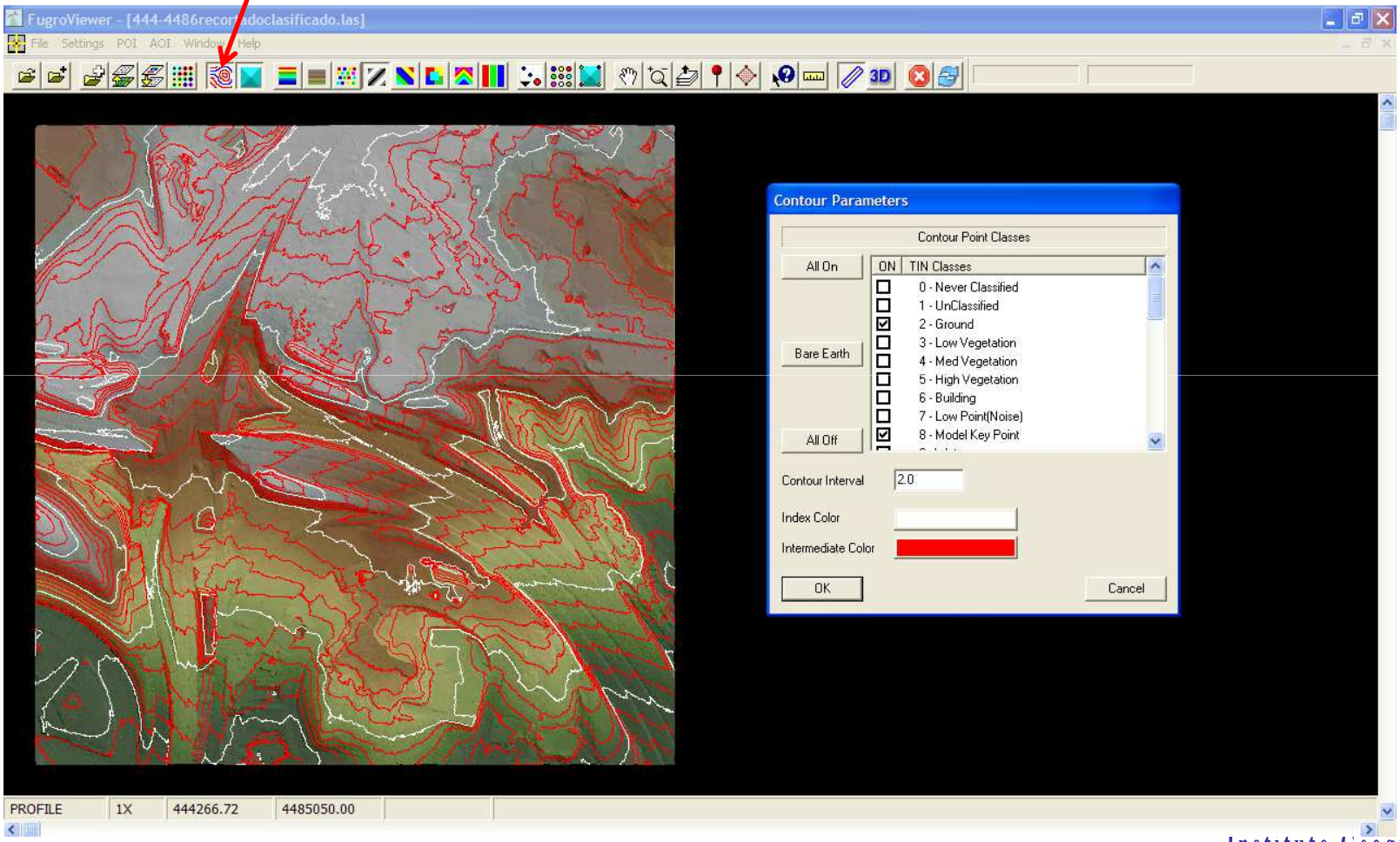
Manejo de datos LIDAR con Fugroviewer. Modelos Digitales de Superficie




Instituto Geográfico Nacional

# ❖ Fugroviewer

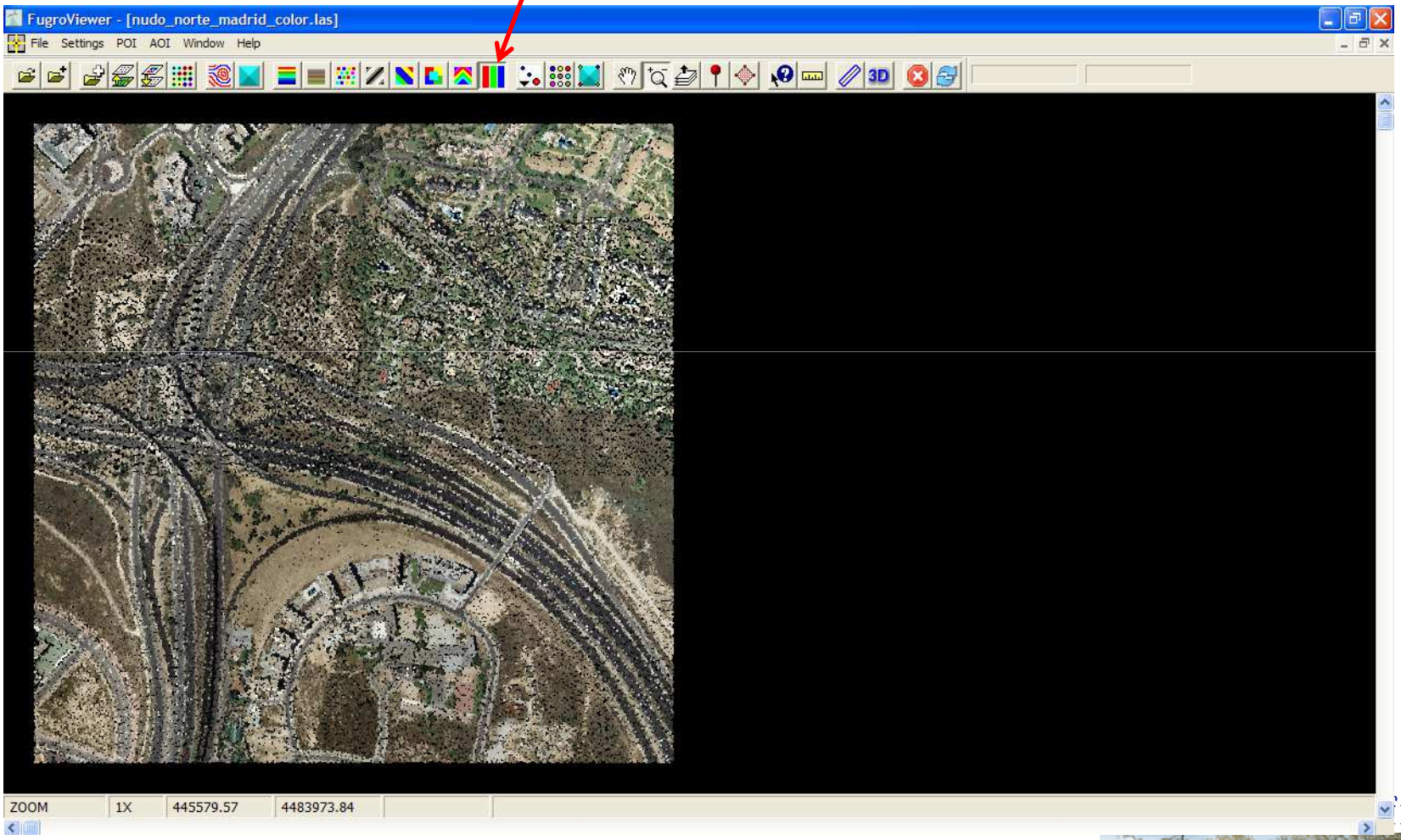
Manejo de datos LIDAR con Fugroviewer. Generación de curvas de nivel




Instituto Geográfico Nacional

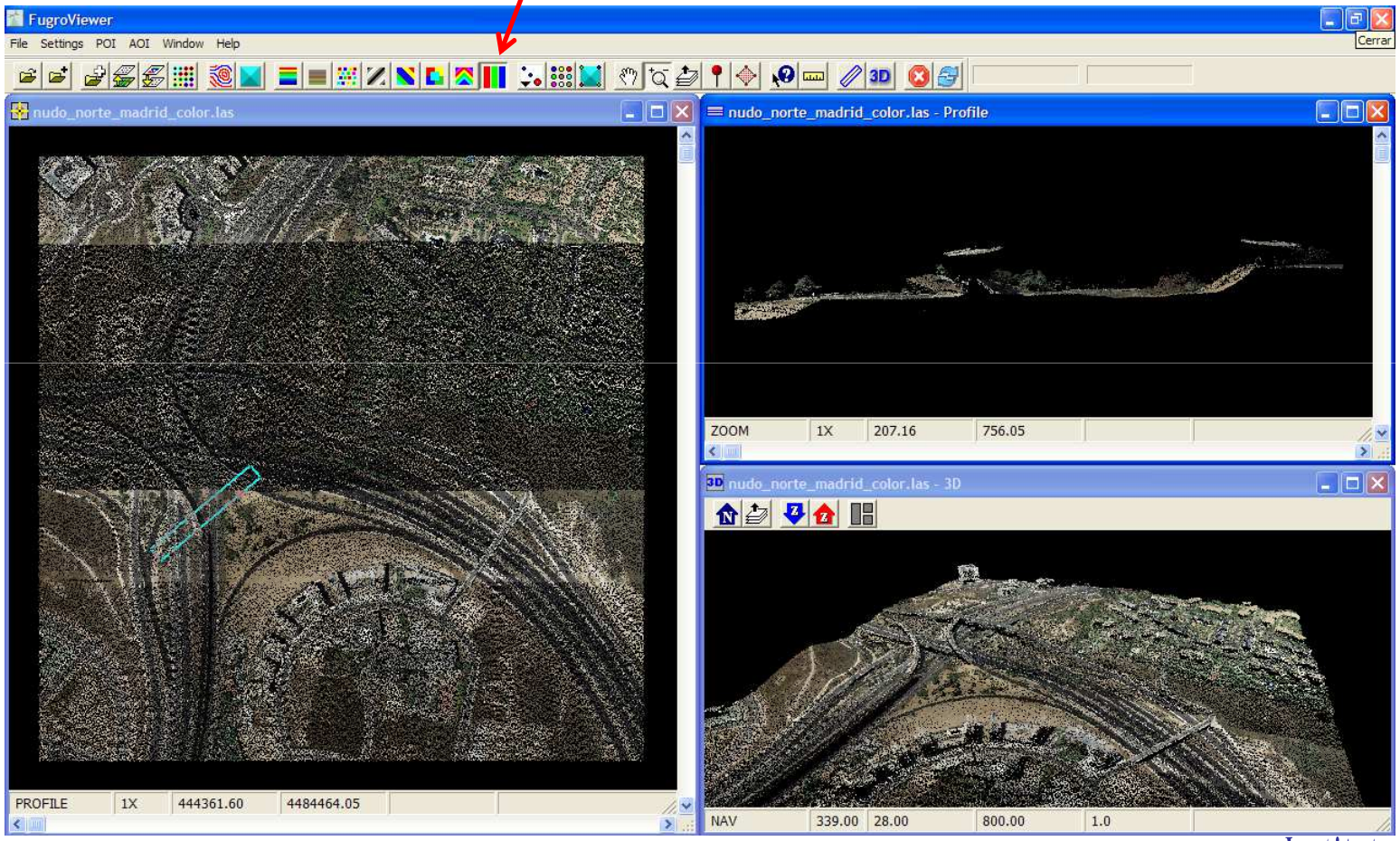
# ❖ Fugroviewer

Manejo de datos LIDAR con Fugroviewer. Visualización mediante color de ortofoto



# ❖ Fugroviewer

Manejo de datos LIDAR con Fugroviewer. Visualización mediante color de ortofoto




Instituto Geográfico Nacional