

# Generación de Modelos Digitales de Elevación con el uso de Imágenes de Satélite de Muy Alta Resolución (IMAR)

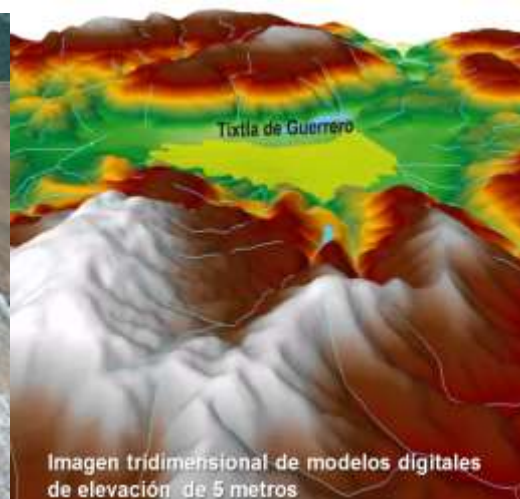


## Principales Características

Resolución	5m x 5m (3m x 3m y 50 cm x 50 cm)
Valores de Z	Enteros positivos y negativos en metros.
Fuente	Imágenes de satélite de muy alta resolución de 50 cm por pixel y LIDAR
Metodología	Fotogrametría de Correlación cruzada y clasificación y filtrado de datos LIDAR
Datos de Referencia Geodésica	Horizontal ITRF2008, Época 2010.0 y en vertical el Nivel Medio del Mar.



**Grupo de Datos del Relieve Continental y Submarino**



# Generación de Modelos Digitales de Elevación con el uso de Imágenes de Satélite Muy Alta Resolución (IMAR)

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

## Relieve Continental y Submarino

CARTA HIPSOGRÁFICA Y BATIMÉTRICA

Escala 1:6 000 000

0 60 120 300  
Kilómetros



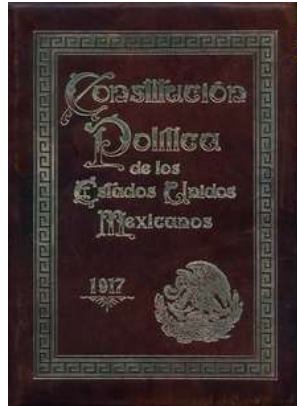
INSTITUTO NACIONAL  
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

El territorio nacional comprende:

- I. El de las partes integrantes de la Federación;
- II. El de las islas, incluyendo los arrecifes y cayos en los mares adyacentes;
- III. El de las islas de Guadalupe y las de Revillagigedo situadas en el Océano Pacífico;
- IV. La plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas, cayos y arrecifes;

**CPEUM Artículo 47 reformado DOF  
18-01-1934, 20-01-1960**

# Generación de Modelos Digitales de Elevación con el uso de Imágenes de Satélite de Muy Alta Resolución (IMAR)



El Estado contará con un **SNIEG...** estará a cargo de un **organismo con autonomía técnica**

(Art. 26 CPEUM, 2016)

El **SNIGMA**, en su **componente geográfico** generará como mínimo...

(Art. 26 LSNIEG, 2008)



INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

# Marco Regulatorio

## Generación de Modelos Digitales de Elevación con el uso de Imágenes de Satélite Muy Alta Resolución (IMAR)



### Normatividad Técnica (Geográfica)



### Grupo de Datos del Relieve Continental y Submarino

Generación de Modelos Digitales de Elevación con fines geográficos



02 Dic. 2014

Sistema Geodésico Nacional



23 Dic. 2010

Estándares de Exactitud Posicional



23 Dic. 2010

Elaboración de Metadatos Geográficos



24 Dic. 2010

Generación, Captación e Integración de Datos Catastrales y Registrales con fines estadísticos y geográficos



16 Ene. 2012

Uso del Catálogo de Términos Genéricos de las Formas del Relieve Submarino



28 Dic. 2012

Autorización de levantamientos aéreos y exploraciones geográficas en el territorio nacional



05 Jun. 2013

Levantamientos Aerofotográficos con Cámara Digital con fines de generación de Información Geográfica



Junio 2016

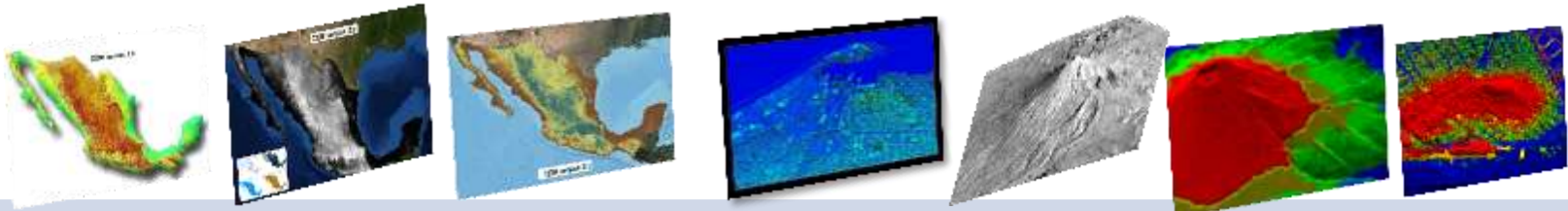
Marco Conceptual SNIEG - IDE

(SNIEG, 2016)



INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

# Generación de Modelos Digitales de Elevación en el Marco del SNIEG



## Principales Características

Tipos	MDT	MDT	MDT	MDT y MDS			
Resolución	50x50	30x30	15x15	5m x 5m	5m x 5m	3m x 3m	50 cm x 50 cm
Valores de Z	Enteros positivos y negativos en metros.						
Fuente	Cartas Topográficas 1:50 000	Cartas Topográficas 1:50 000	Continuos de la red hidrográfica, cuerpos de agua y curvas de nivel a escala 1:50 000. A la par, se crearon los correspondientes a los bancos de nivel y vértices geodésicos.	Datos LIDAR	Imágenes de satélite de muy alta resolución de 50 cm por pixel y LIDAR	Imágenes de satélite de muy alta resolución de 50 cm por pixel y LIDAR	Imágenes de satélite de muy alta resolución de 50 cm por pixel.
Metodología	Digitalización Curvas de Nivel Topográfica 1:50 000	Uso de un modelo de interpolación robusto dieron paso a la segunda versión del CEM (2.0).	Utilización de IMAR, Curvas de nivel de diversos productos cartográficos con más detalle (carta topográfica 1:20 000)	Clasificación y filtrado de datos LIDAR (Densidad de 0.03 p/m2 a 6000 AVST 0 AGL)	Fotogrametría de Correlación cruzada de datos IMAR		
Datos de Referencia Geodésica	Datum NAD27	El Datum corresponde a ITRF92 época 1988.0, elipsoide GRS80, coordenadas geográficas.	El Datum corresponde a ITRF92 época 1988.0, elipsoide GRS80, coordenadas geográficas.	Horizontal ITRF2008, Época 2010.0 y en vertical (NAVD88) Nivel Medio del Mar.			
Cobertura geográfica	Territorio continental de los Estados Unidos Mexicanos.			Cobertura Parcial	Zona Potencialmente Afectable del Popocatepetl	Zonas a petición de Convenios de colaboración	
Medio de distribución	Principalmente por internet mediante el portal del INEGI. Considera diversas opciones.						
Formato de distribución	BIL (Banda entrelazada por línea). Raster, para las descargas total del territorio y por entidad federativa. Formato TIFF (Tagged Image File Format ) para las descargas por selección de área y carta respectivamente.			BIL (Banda entrelazada por línea). Forma Raster, para las descargas total del territorio y por entidad federativa. Formato de Texto XYZ, para las descargas por selección de Formatos 1:10 000 respectivamente.			



# Tecnologías para captación de datos de altimetría



## RADAR

- Captación en zonas del país en donde existe nubosidad permanente y vegetación densa.
- Cobertura territorial aproximada de 135,355 Km<sup>2</sup>
- Sistema que emplea ondas electromagnéticas para medir distancias y altitudes.



## LIDAR

- Datos LIDAR en zonas en donde el terreno tenga una pendiente menor de 2 grados.
- Cobertura territorial 658,390 Km<sup>2</sup>
- Aplicación de procesos de clasificación y filtrado de puntos de altimetría.

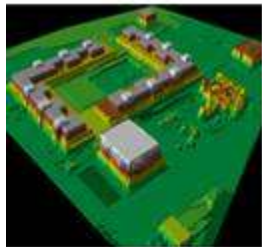


## SENSORES SATELITALES

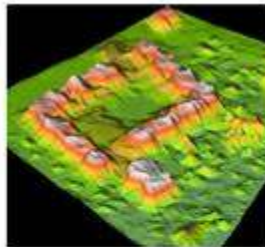
- Captación de Imágenes de Satélite en zonas donde el terreno tenga una pendiente mayor a 2 grados
- Cobertura territorial aproximada de 1'165,503 Km<sup>2</sup>
- Imágenes en modo estéreo para la aplicación de procesos fotogramétricos.



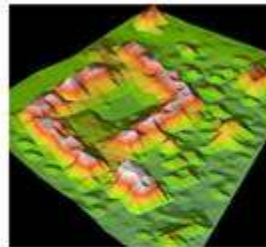
# Importancia del Nivel de la resolución (GSD) de los datos de altimetría



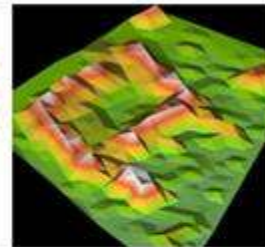
50 cm



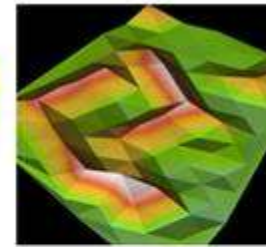
5 m



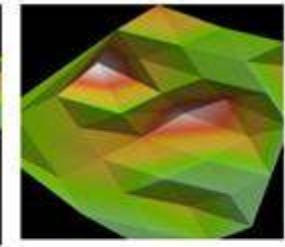
10 m



15 m



30 m



50 m

+ Resolución

- Resolución



INSTITUTO NACIONAL  
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA



# Tipos de Resoluciones de Imágenes Pancromática, Multiespectral y Fusionada

En sistemas cartográficos se relaciona exclusivamente resolución y precisión geométrica, en los sistemas de sensores remotos para generar MDE, es necesario considerar las cinco resoluciones que permiten medir la capacidad de discriminar información referente a distintos parámetros en los procesos de rectificación y análisis de las imágenes.

## Espacial



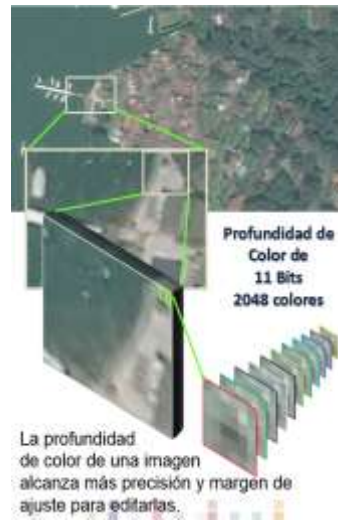
Pancromático y  
Multiespectral  
GSD: 50 y 41 cm

## Espectral



5 bandas:  
Azul 450–520 nm  
Verde 520–600 nm  
Rojo 625–695 nm  
Infrarrojo cercano (NIR)  
760 – 900 nm  
Pancromática 450 900 nm

## Radiométrica



La profundidad de color de una imagen alcanza más precisión y margen de ajuste para editarlas.

Sensibilidad  
Niveles digitales  
11 Bits.

## Temporal



Recorte Imagen  
del INEGI  
2012 y 2016  
revisita de menos  
de tres días

## Angular



NADIR  
FOV > 1.28°

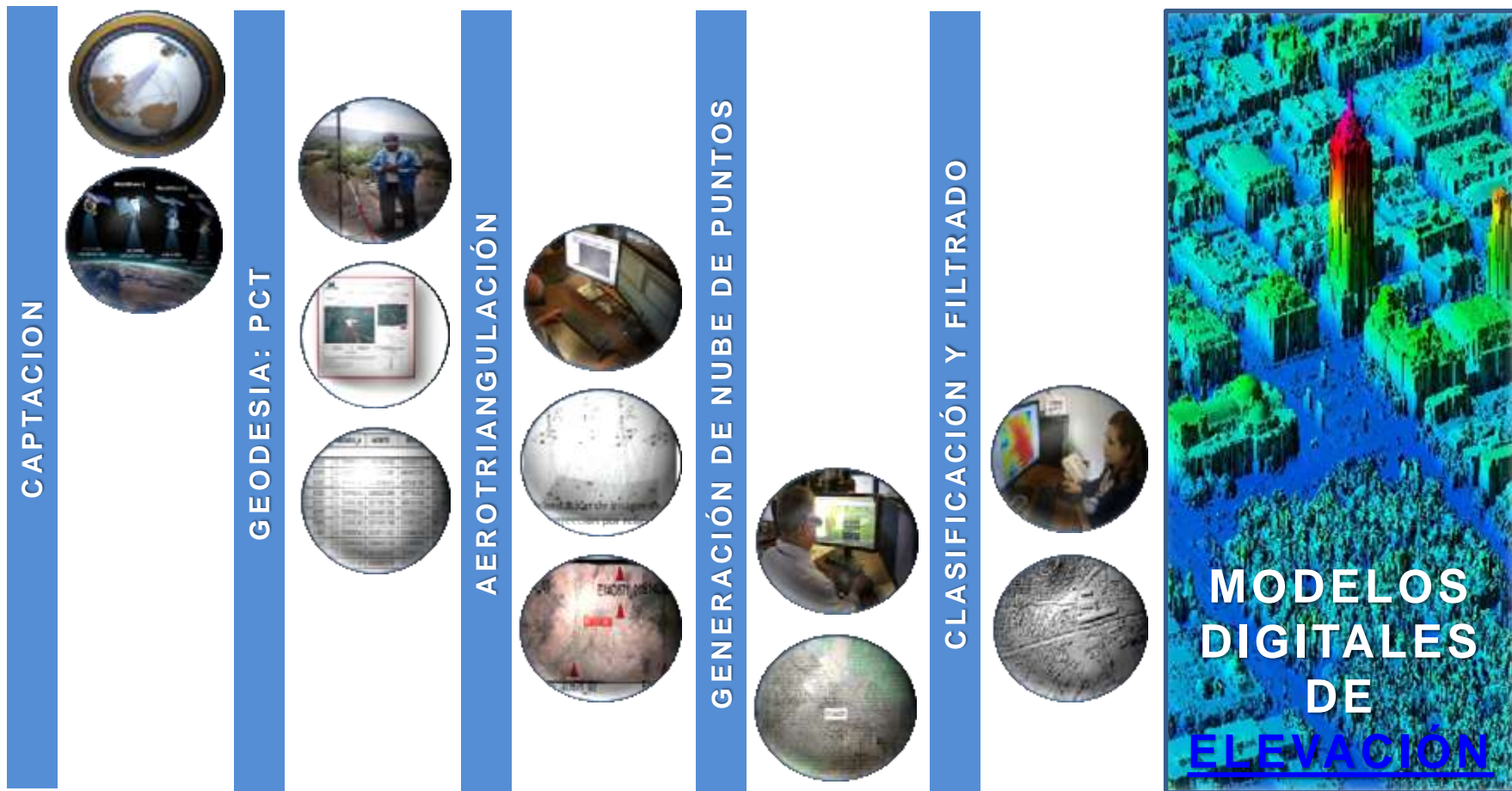


INSTITUTO NACIONAL  
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA



# Etapas de la Metodología IMAR para MDE

Imágenes de satélite de Muy Alta Resolución, insumos para generar los MDE a distintas resoluciones (5 metros para el PNMDE).



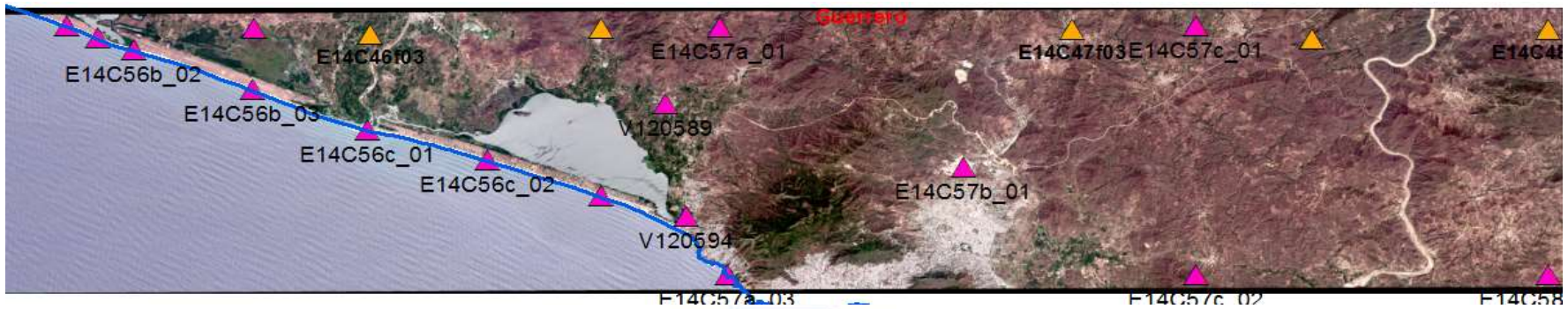
# EVISMAR: Metodología para MDE con IMAR



	Hasta ahora	En adelante se agregan			2017-2018
	GeoEye-1	WorldView-1	WorldView-2	WorldView-3	WorldView-4
Resolución	0.41 m (PAN) 1.65 m (MSI)	0.5 m (PAN)	0.46 m (PAN) 1.86 m (MSI)	0.31 m (PAN) 1.24 m (MSI) 0.7 m (SWIR) 0.67 m (MIR)	0.31 m (PAN) 1.24 m (MSI)
Área de barrido	16.3 km <sup>2</sup>	17.7 km <sup>2</sup>	16.4 km <sup>2</sup>	16.2 km <sup>2</sup>	16.2 km <sup>2</sup>
Bandas espectrales	PAN + 4MSI	PAN	PAN + 4MSI	PAN + 6MSI + 2 SWIR + 2 MIR	PAN + 4MSI
Existencia en países de interés	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

## Estación Virtual, :

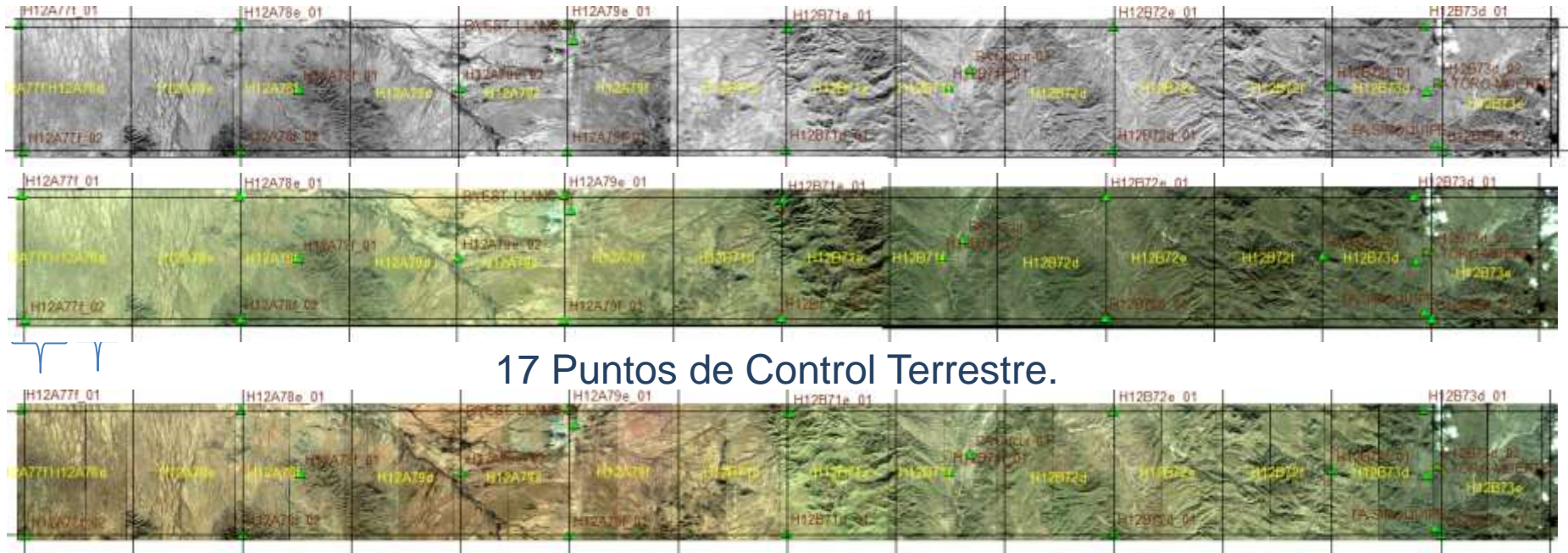
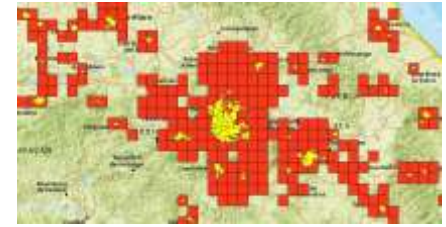
- No cuenta con una antena física
- Planear la captación, escoger y ajustar las áreas de colecta
- Procesamiento básico y medio.
- La imágenes se transfieren a oficinas centrales para su distribución a la estructura regional.



INSTITUTO NACIONAL  
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA



# Revisión de Imágenes cobertura 1:20'000: Metodología para MDE con IMAR



17 Puntos de Control Terrestre.

componentes de las franjas de imágenes fusionadas con resolución de 0.50m (que forman la visión estereoscópica)

**Multiespectral**  
Columns: 43 412 pixeles  
Rows: 7 760  
pixeles  
GSD: 2 m

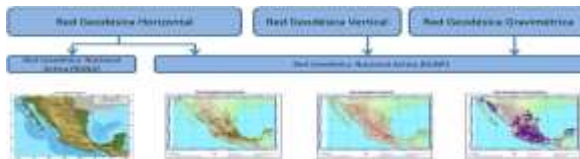
**Pancromática**  
Columns: 636 692 pixeles  
Rows: 30 919 pixeles  
GSD: 0.5m

**Fusionadas**  
Columns: 636 692 pixeles  
Rows: 30 919  
pixeles  
GSD: 0.5m  
Por imagen que cubre ½  
formato 20K

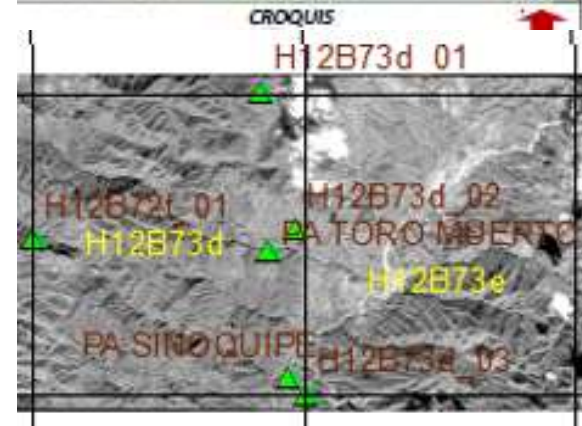


INSTITUTO NACIONAL  
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

# Puntos de Control Terrestre: Metodología para MDE con IMAR

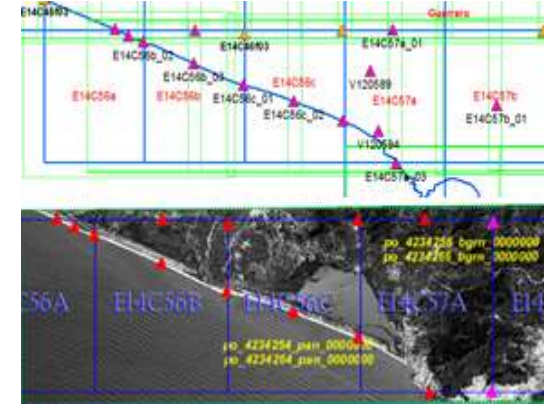


AL_PRO	MEDIDA	NORTE	ESTE	AL_ORI	LATITD	LONGITD	AL_ELP	D_ST_LAT	D_ST_LONG	D_ST_ALT	CEP	EPH
1.550	EL TERRENO	300440.402	435308.752	809.116	262340.8924	1103940.58800	171.670	0.002	0.002	0.020	0.817	0.864
1.570	EL TERRENO	301222.981	440440.520	875.967	265202.8703	1103717.02115	941.730	0.002	0.002	0.074	0.815	0.847
4.120	EL TERRENO	301034.514	407640.368	810.862	300104.6076	1102802.15465	176.060	0.002	0.006	0.300	0.810	0.835
1.520	EL TERRENO	300223.888	407168.020	801.489	262327.8027	1102802.03971	100.300	0.002	0.002	0.300	0.819	0.838
1.570	EL TERRENO	301167.294	408114.190	732.964	264638.2117	1106031.12863	100.340	0.002	0.002	0.072	0.815	0.828
1.570	EL TERRENO	300491.230	390260.240	336.715	262202.8270	1106032.31154	303.020	0.002	0.009	0.011	0.814	0.822
1.520	EL TERRENO	301561.308	531290.521	803.888	264634.3803	1104940.12196	301.670	0.002	0.009	0.011	0.815	0.821
1.480	EL TERRENO	301011.021	432468.112	882.205	263910.8262	1103940.37586	054.200	0.002	0.001	0.041	0.821	0.862
1.550	EL TERRENO	300495.794	421765.410	368.872	262325.5483	1104970.06479	327.520	0.002	0.002	0.010	0.820	0.866
1.480	EL TERRENO	301194.027	533668.304	1540.073	264015.21817	1106031.78602	1122.381	0.004	0.009	0.041	0.810	0.827
1.240	EL TERRENO	300090.700	430870.020	800.081	264015.6036	1105940.27013	030.140	0.002	0.006	0.010	0.817	0.821



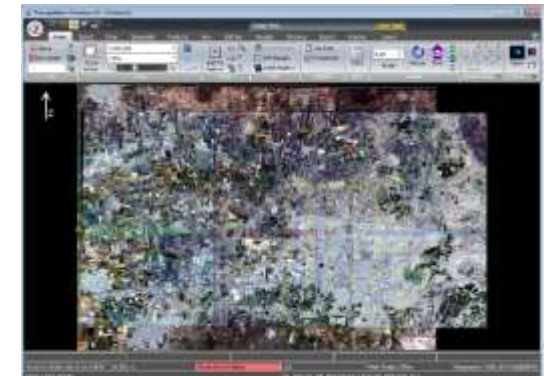
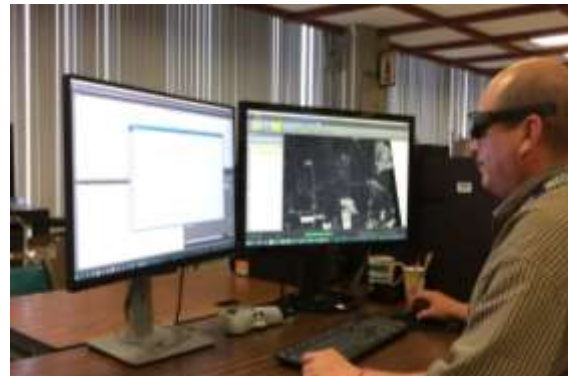
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

# Aerotriangulación: Metodología para MDE con IMAR



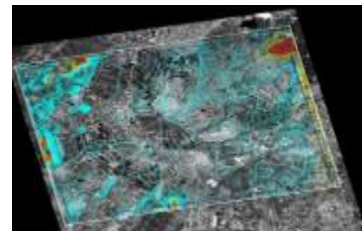
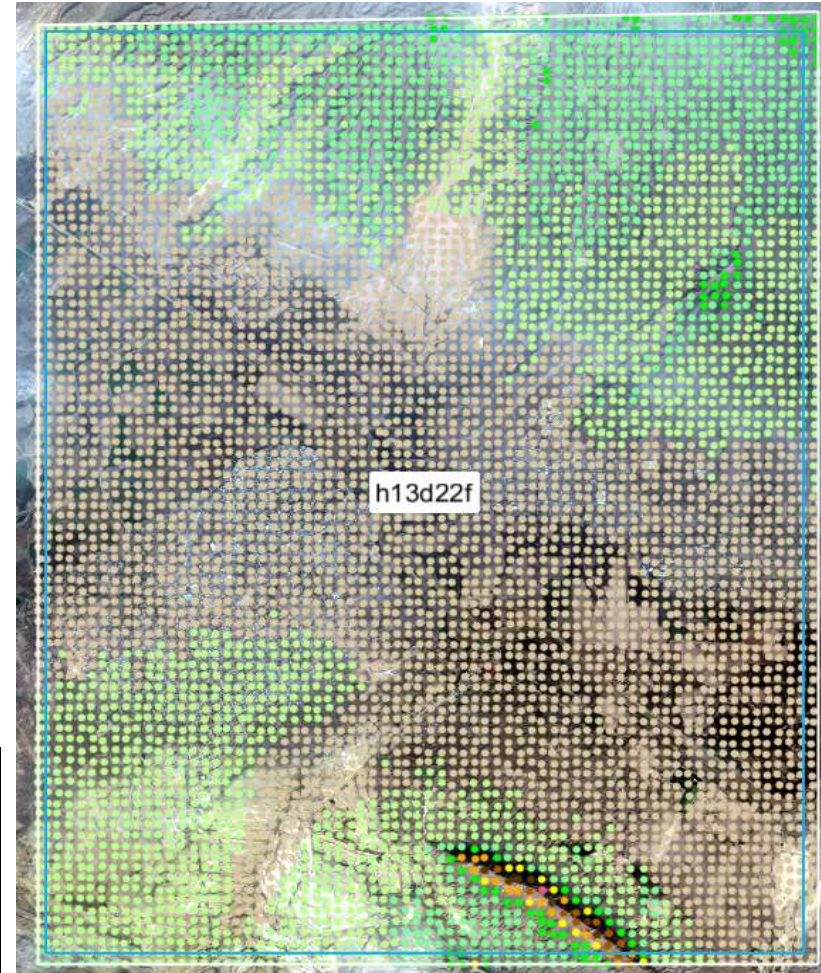
Con las cedulas de campo se precisa la ubicación de los PCT en las imágenes y se realiza el proceso de Aerotriangulación, se verifican sus estándares de calidad y se envían al área de Nube puntos

Ident.	Descripción	Coordenadas	Elev.	NGL1	NGL2	NGL3	Descripción
162_025	X12 Control	38 21 18.88241300 11.981312	2,340.147 m				
162_026	X12 Control	38 20 18.1878681000 10.962888	1,788.625 m				
162_028	X12 Control	38 18 43.86281000 11.118833	1,780.260 m				
162_029	X12 Control	38 17 46.88081000 10.118833	1,788.189 m				
162_030	X12 Control	38 17 57.88081000 11.118833	1,884.27 m				
162_031	X12 Control	38 20 37.128081000 11.919478	2,875.843 m				
162_032	X12 Control	38 22 18.14081000 10.118833	1,779.900 m				
162_034	X12 Control	38 22 27.55081000 11.118833	1,787.925 m				
162_036	X12 Control	38 23 18.75081000 10.118833	1,888.21 m				
162_038	X12 Control	38 18 18.74081000 10.118833	1,708.000 m				



INSTITUTO NACIONAL  
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

# Generación de Nube de Puntos: Metodología para MDE con IMAR



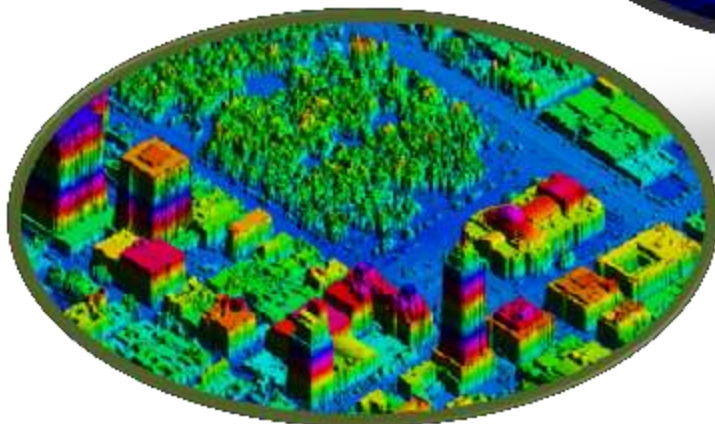
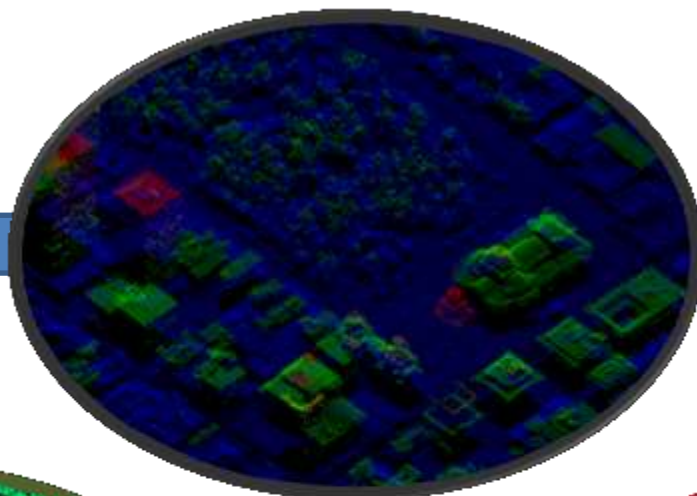
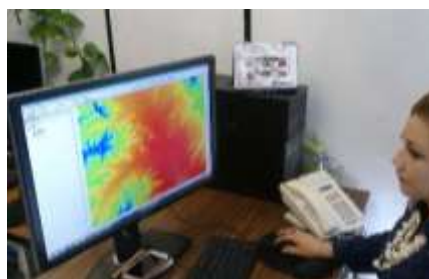
Puntos Fotogramétricos generados en formato en Tin Y GRID



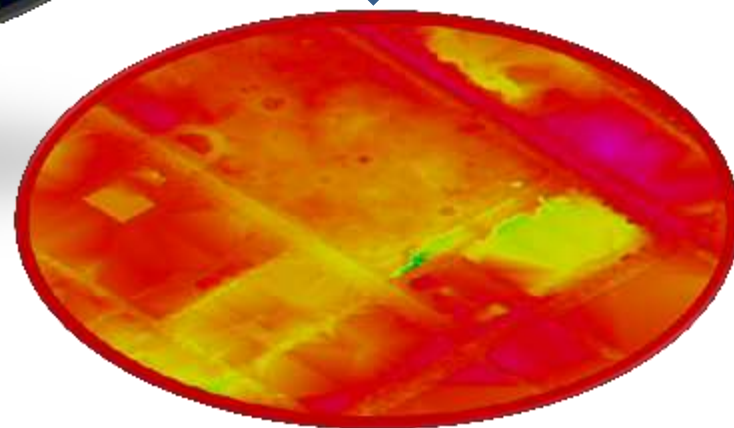
INSTITUTO NACIONAL  
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

# Procesamiento de Nube de Puntos para generar MDE

Se aplican procesos de clasificación y filtrado automáticos e interactivos a la nube de puntos para generar modelos digitales de elevación de tipo superficie y del terreno.



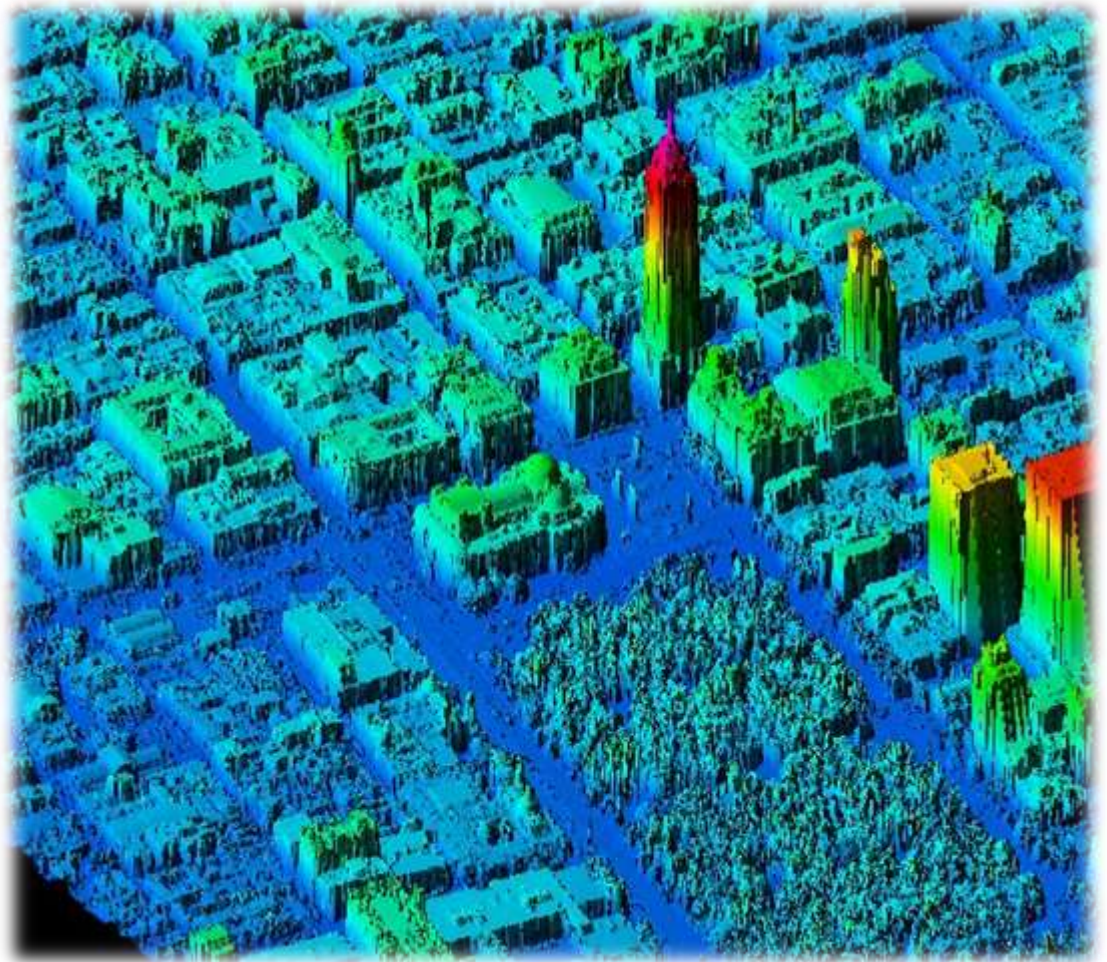
MODELO DIGITAL DE SUPERFICIE



MODELO DIGITAL DE TERRENO



# Análisis de edificaciones urbanas en cuanto a forma y dimensiones



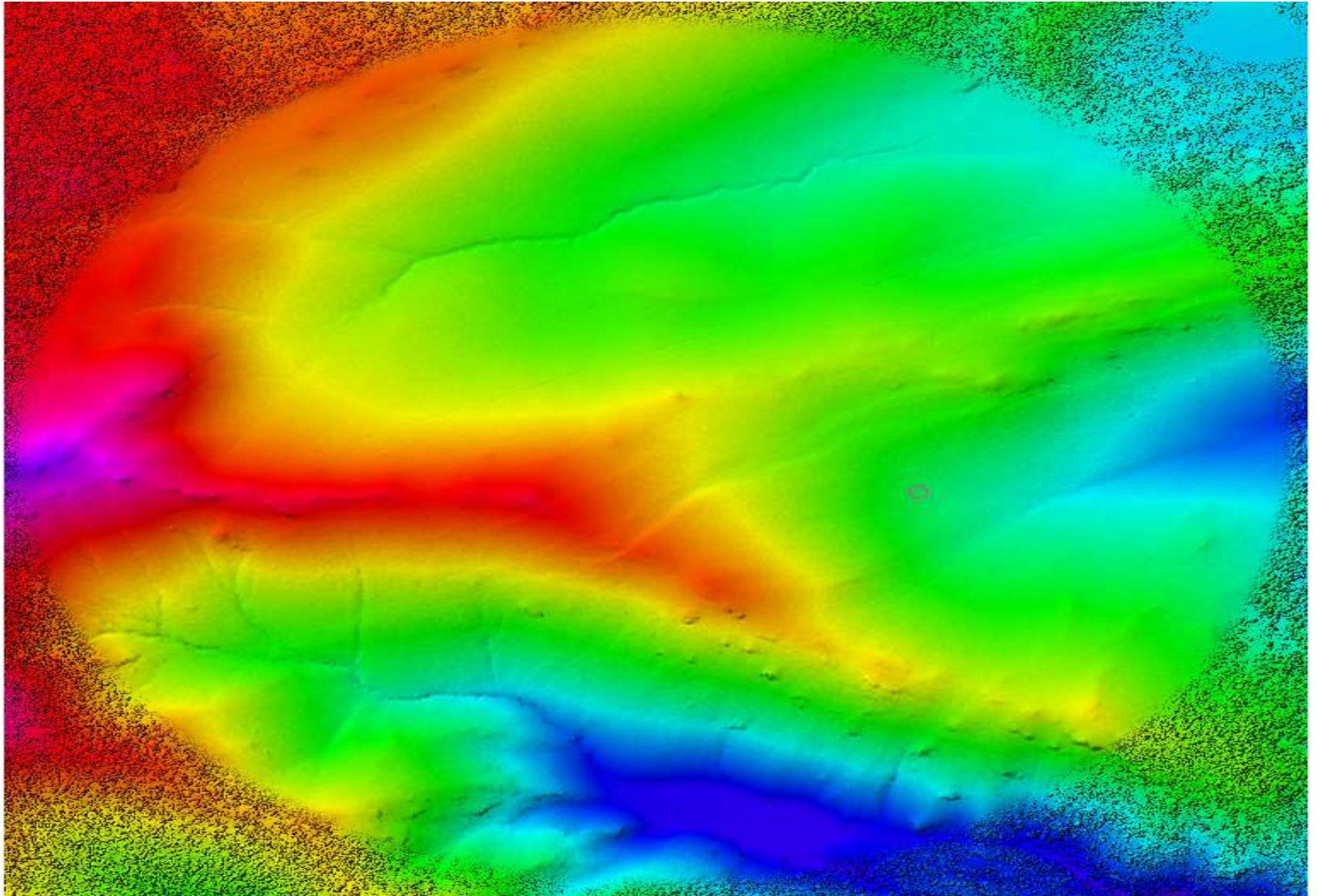
Ciudad de México: Modelo Digital de Superficie



INSTITUTO NACIONAL  
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA



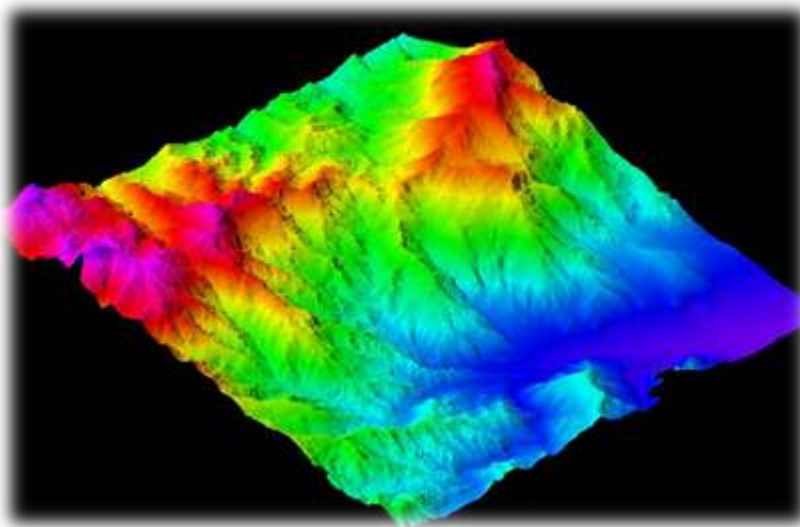
# Proceso de clasificación para remover la vegetación y dejar solo los datos del terreno



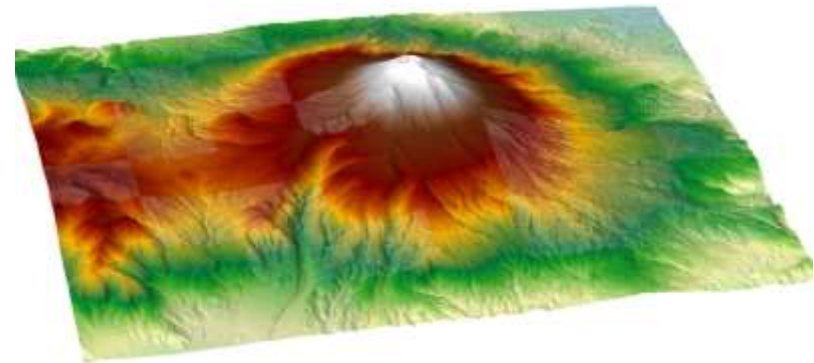
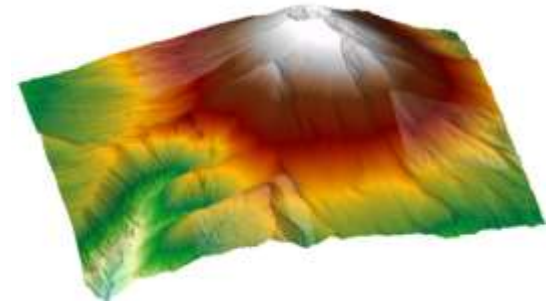
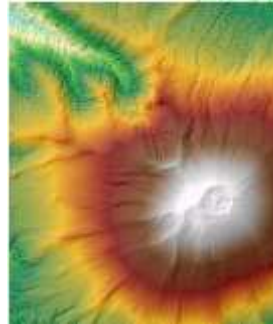
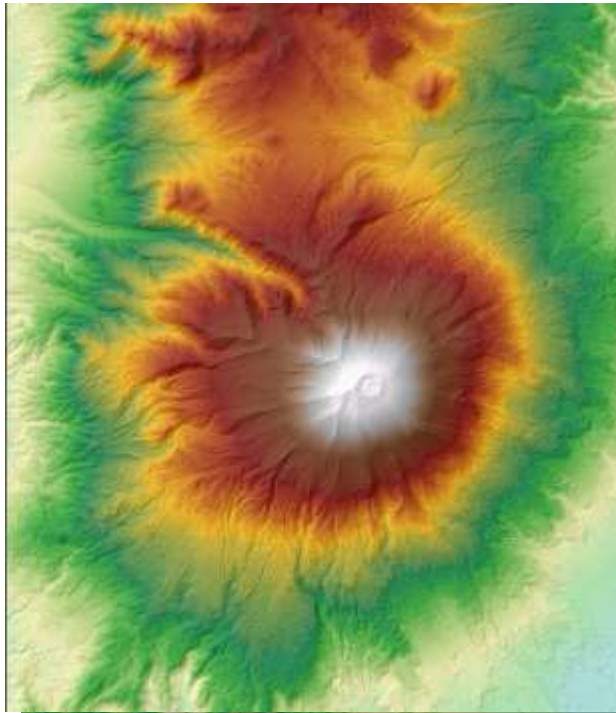
# Supervisión y Aseguramiento de la Calidad



Se utilizan diferentes métodos de visualización como el Relieve Sombreado que permite una mayor identificación de detalles lo cual ayuda a una mejor detección de anomalías en el modelo para asegurar su calidad



# Modelos Digitales de Elevación 3 m de Resolución de la Zona Potencialmente afectable por el Volcán Popocatepetl



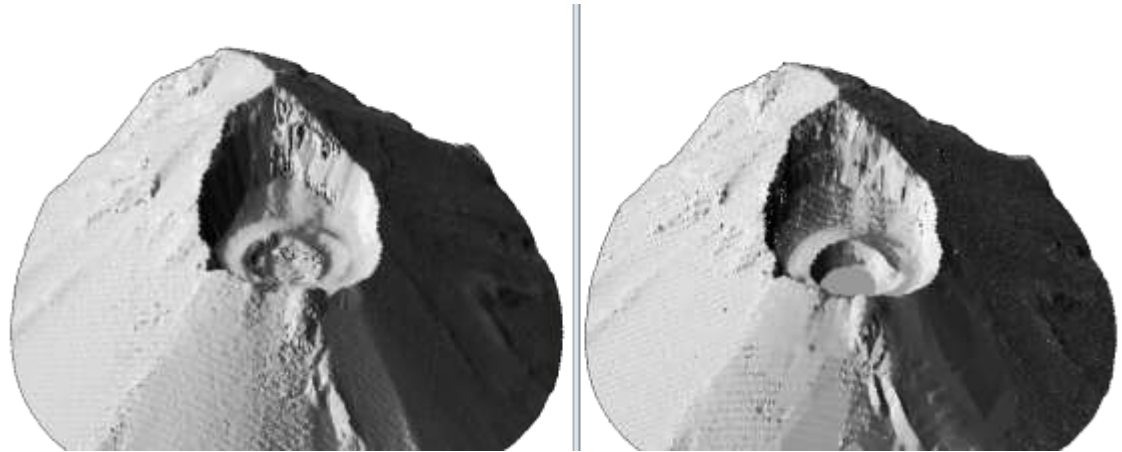
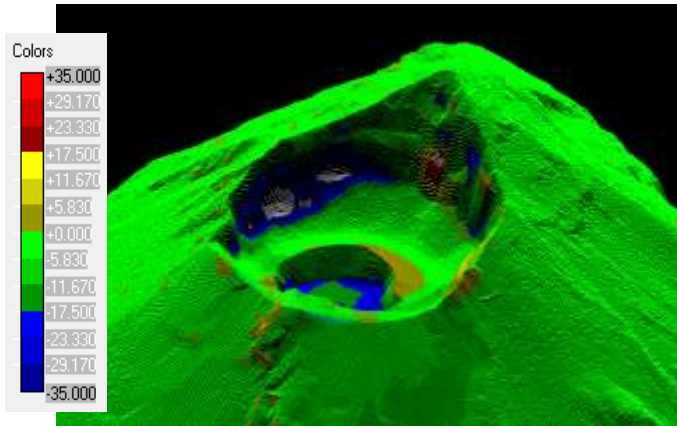
La normatividad del INEGI, permite la interoperabilidad de la información de los datos del relieve continental e insular, en diferentes resoluciones y procesados con diversas fuentes y métodos, para suministrar a la Sociedad y al Estado Información Geográfica de calidad, pertinente, veraz y oportuna, a efecto de coadyuvar al desarrollo de México.



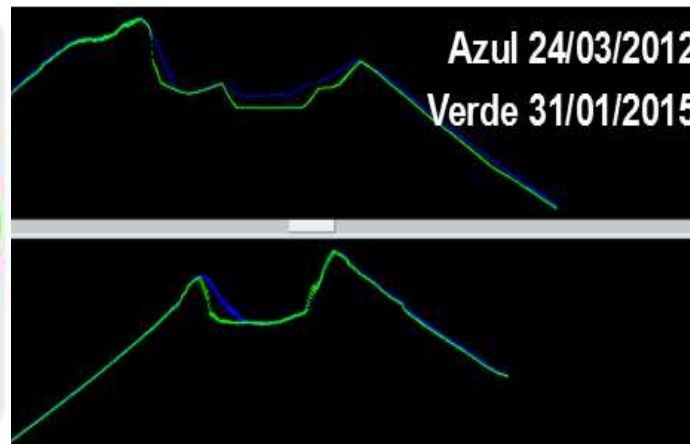
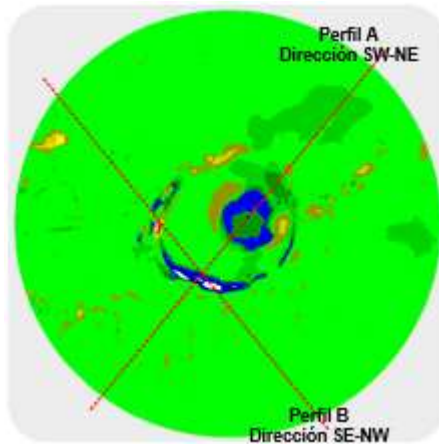
INSTITUTO NACIONAL  
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA



# MDE sombreado 3 m: Cambios morfológicos en el cráter del Volcán Popocatepetl. (Erupciones 2012-2015)



## MDE teórico: Comparabilidad de Datos del Relieve

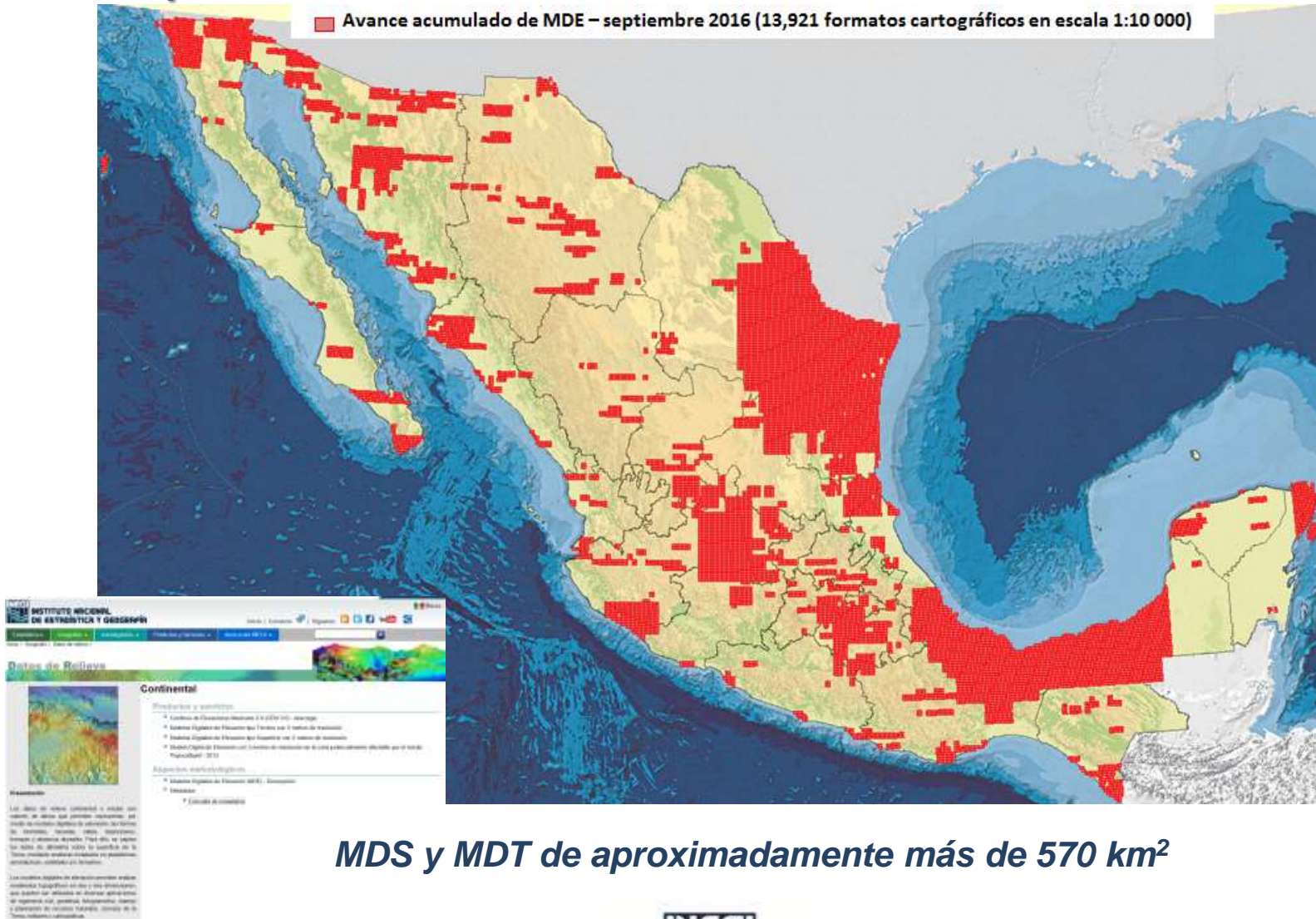


Los modelos permitirán detallar de manera virtual los cambios morfológicos



INSTITUTO NACIONAL  
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

# Disponibilidad de MDE del Relieve Continental e Insular



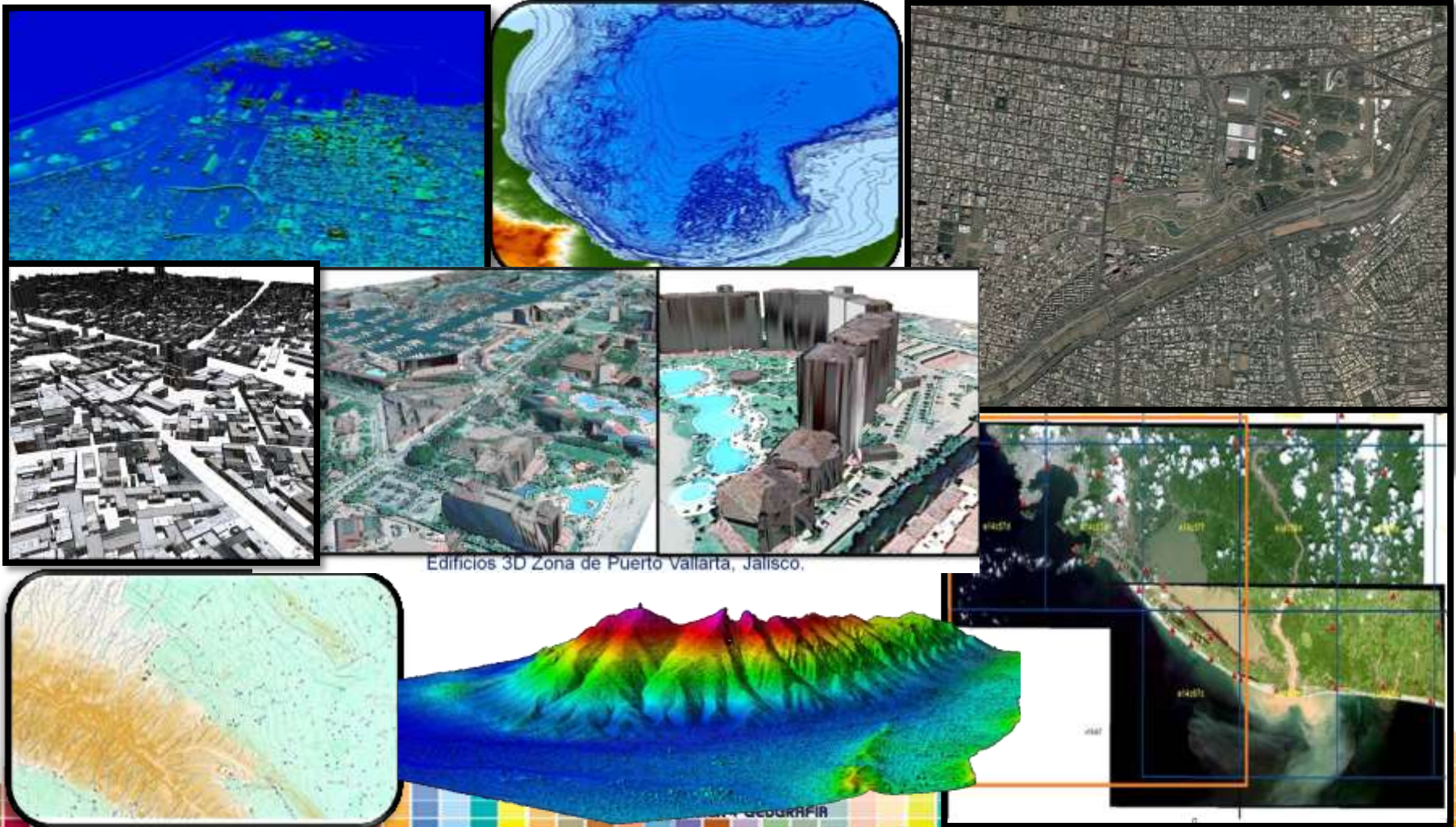
*MDS y MDT de aproximadamente más de 570 km<sup>2</sup>*



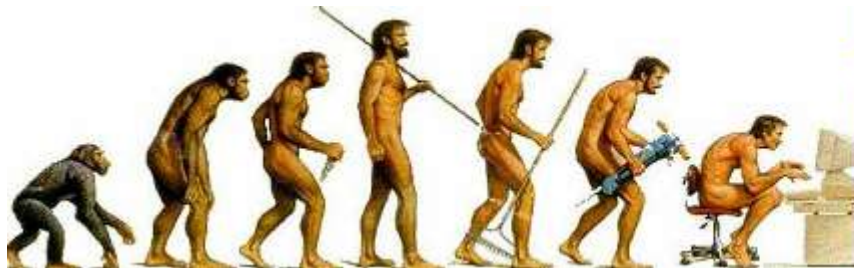
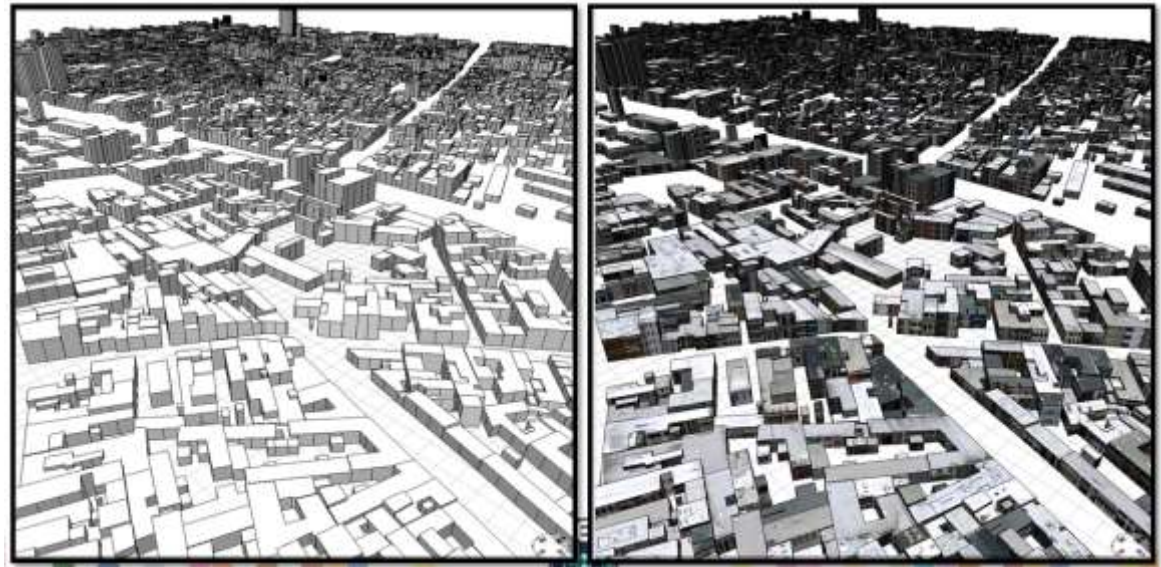
**INSTITUTO NACIONAL  
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA**

# Innovaciones tecnológicas para generar la infraestructura de datos espaciales

Producción de información geoespacial digital a la vanguardia para contribuir oportunamente en la disposición de los productos y servicios en la vertiente de datos del relieve continental y submarino para el Subsistema Nacional de Información Geográfica y del Medio Ambiente.



La DGGMA investiga y Analiza conforme a las mejores practicas Internacionales la normatividad y los proceso de la generación Cartografía catastral en 3D y 4D, para definir las metodologías y requerimientos de los futuros usuarios...





## Visión del INEGI 2021



Áreas de Fotogrametría y MDE 2016  
DMT/DGAIGB/DGGMA

*Ser una institución de vanguardia que:*

- satisface al usuario de información estadística y geográfica,*
- contribuye al desarrollo nacional,*
- asume el liderazgo del SNIEG,*
- aprovecha el talento de su gente.*



INSTITUTO NACIONAL  
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA





## Conociendo México

01 800 111 46 34

[www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)

[atencion.usuarios@inegi.org.mx](mailto:atencion.usuarios@inegi.org.mx)



@inegi\_informa



INEGI Informa



**INSTITUTO NACIONAL  
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA**

