



3 y 4 de octubre de 2024



Drones en la construcción y la agricultura

MICHEL BOLAÑOS GUERRERO, Doctor en Ingeniería
Docente T.C. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Nariño
michel@udenar.edu.co - <https://michel.udenar.edu.co/>

Tulcán (Carchi) Ecuador, octubre 4 de 2024

EVALUACIÓN DE DAÑOS

Inicia edad moderna europea



1492

Cristóbal Colón llega a América

Evaluación a edificaciones de carácter privado



1570-1574

Terremotos de Ferrara (Italia)
VIII Mw 5.8



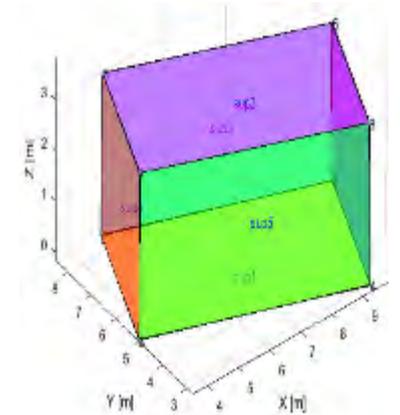
Inicia edad contemporánea



1789

Revolución Francesa

Presente



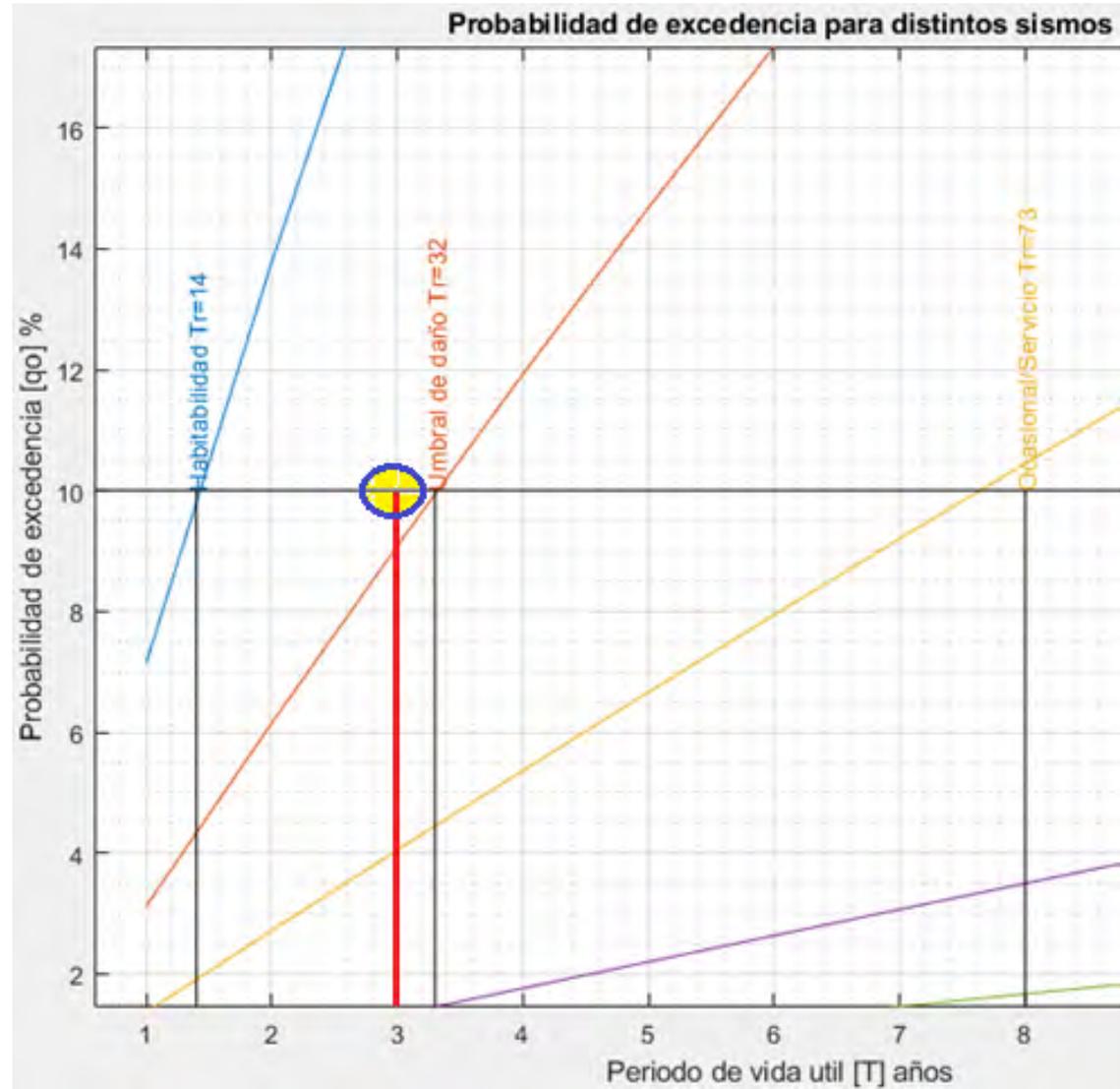
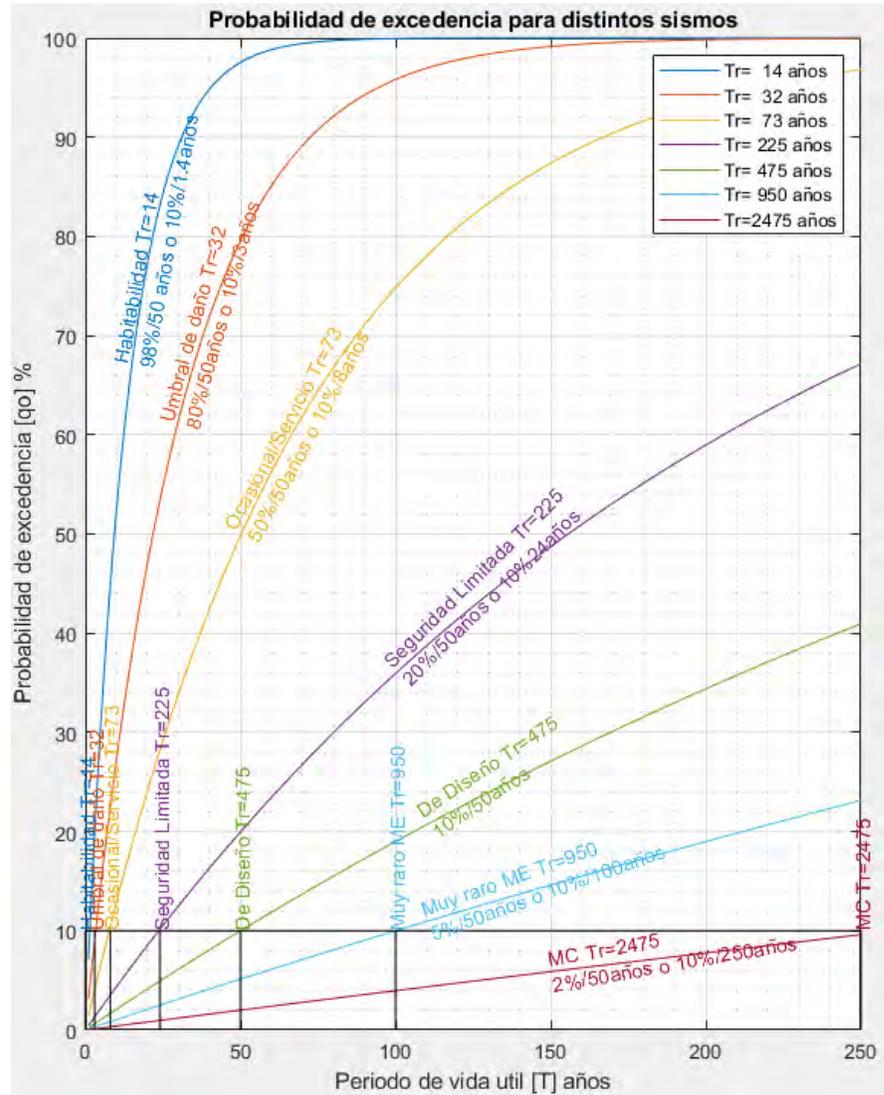
2024

Evaluación automatizada de daños



EVALUACIÓN DE DAÑOS

Amenaza sísmica:



EVALUACIÓN DE DAÑOS

ERD: Deformación por desplazamiento

Evaluation

Investigate the building for the conditions below and check

Observed Conditions:

Collapse, partial collapse, or building off foundation

Building or story leaning

Racking damage to walls, other structural damage

a) Colapso Total o Parcial

d) Inclinación del Edificio completo o una parte debido a Asentamiento Diferencial

< 1/60 rad

Entre 1/60 y 1/30 rad
(aparentemente inclinado)

> 1/30 rad (fácil de notar)

1 Existe Colapso

1. No 2. Parcial 3. Total

2 Desviación ó Inclinación de la Edificación o Entrepiso

1. No 2. Si 3. Sin Determinar

3 Falla o Asentamiento de la Cimentación

1. No 2. Si 3. Sin Determinar

EVALUACIÓN DE DAÑOS

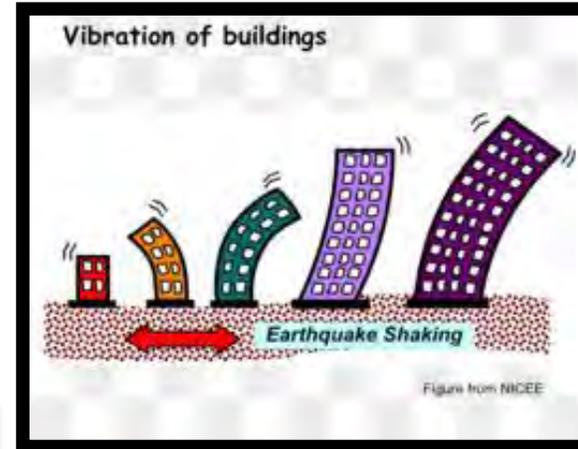


EVALUACIÓN DE DAÑOS

Otras técnicas de evaluación de daño:

- Modelamiento numérico, instrumentación e inmediatas

CAPÍTULO A.10 EVALUACIÓN E INTERVENCIÓN DE EDIFICACIONES CONSTRUIDAS ANTES DE LA VIGENCIA DE LA PRESENTE VERSIÓN DEL REGLAMENTO



EVALUACIÓN DE DAÑOS

Clasificación de las técnicas de evaluación de daños [34].

T. variable	T. en min. /horas	T. en días	T. en semanas		T. en meses	
			Teledetección	RVS posterior		
Estimación probabilística de daños		BREC	Interpretación visual		Ingeniería de edificios no instrumentados	
RVS predictiva	Terremoto	DEM para Edificaciones de atención de la emergencia	Interpretación automática:	Con imágenes previas y posteriores:		RDA para casas
Ingeniería predictiva de edificios no instrumentados				Con imágenes posteriores únicamente		DEM para casas
Ingeniería de edificios instrumentados				Con modelos de NP3D		

EVALUACIÓN DE DAÑOS

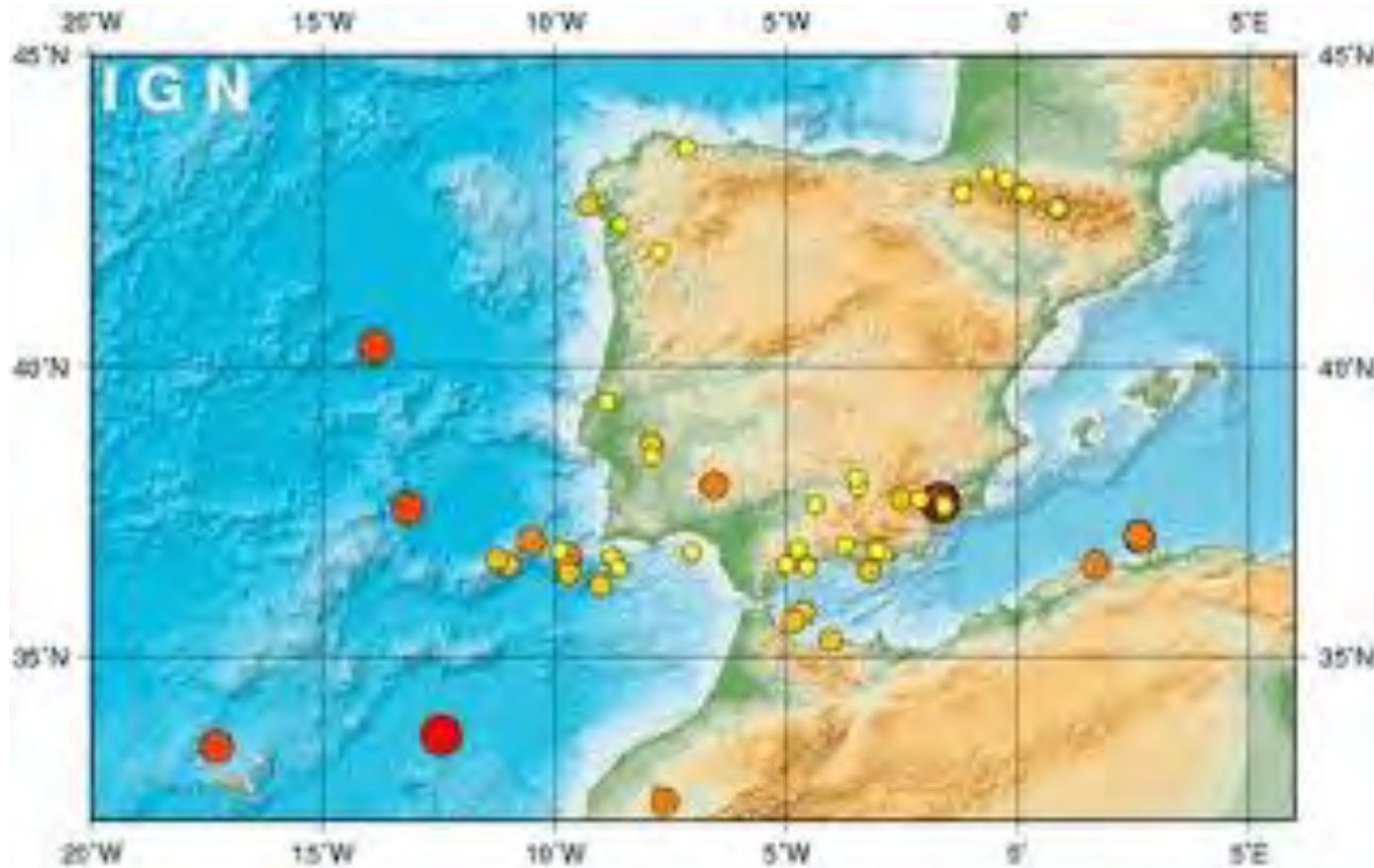


Pasto con 97 200 edificaciones

Escenario	Personas muertas	Personas heridas	Edificaciones de uso restringido e inseguras	escombros
Diurno	5 200	43 000	60%	2.33 millones de m3
Nocturno	3 900	33 000		

58 500 edificaciones a evaluar

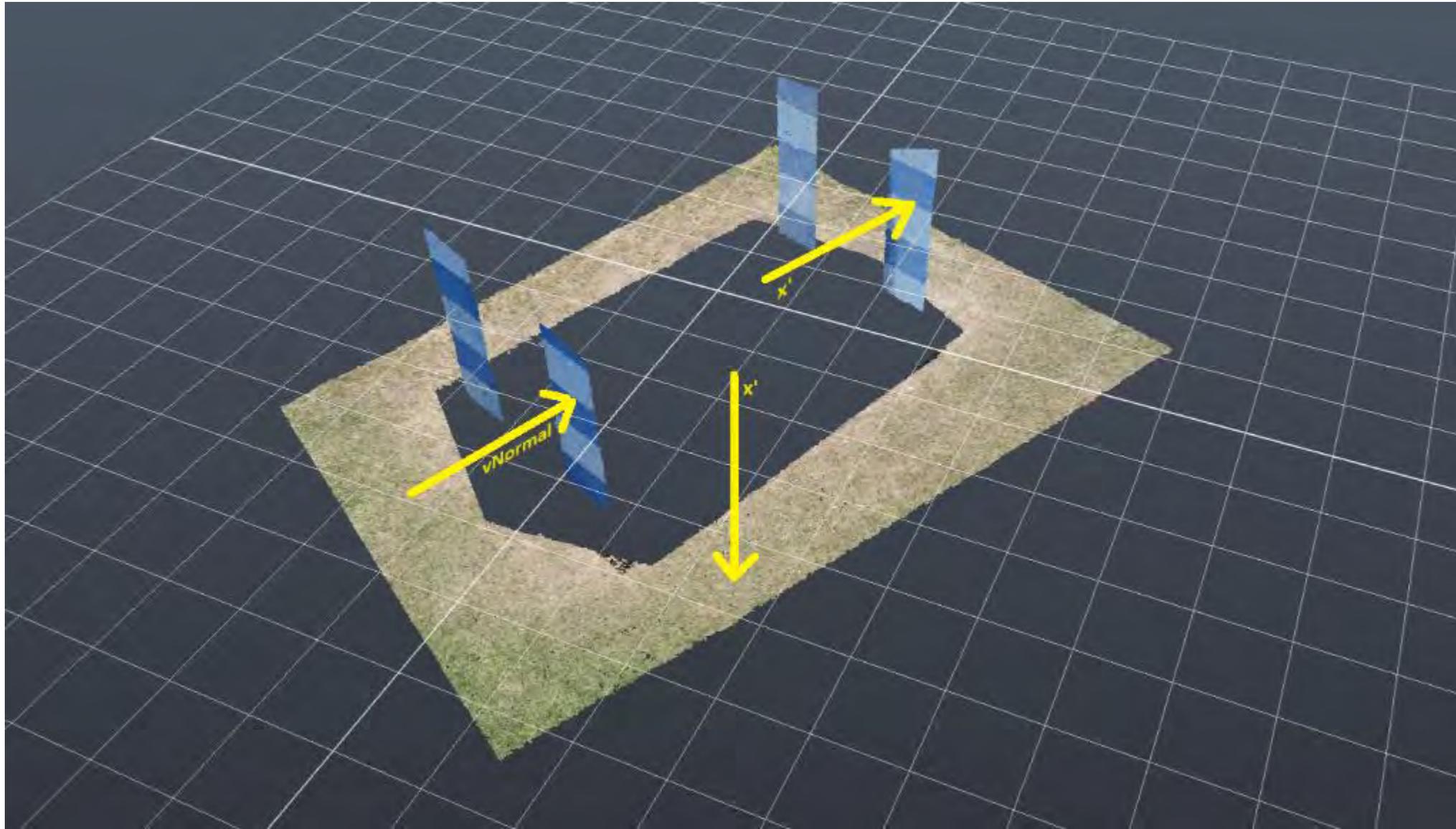
EVALUACIÓN DE DAÑOS



Según Pascual et al., 2012, en el terremoto de Lorca (Murcia), España, del 2011 con $M=5.1$, se utilizaron 200 técnicos voluntarios en comisiones de dos personas, para evaluar 7.862 edificaciones durante una semana, si se acepta como promedio 8 horas de trabajo diario, se habrían usando 43 minutos para el diligenciamiento de cada ERD.

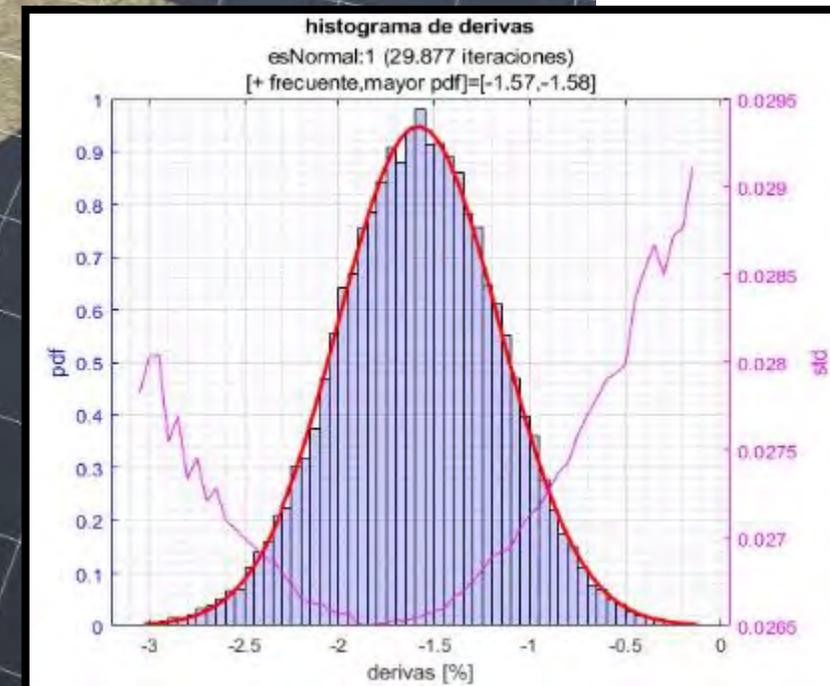
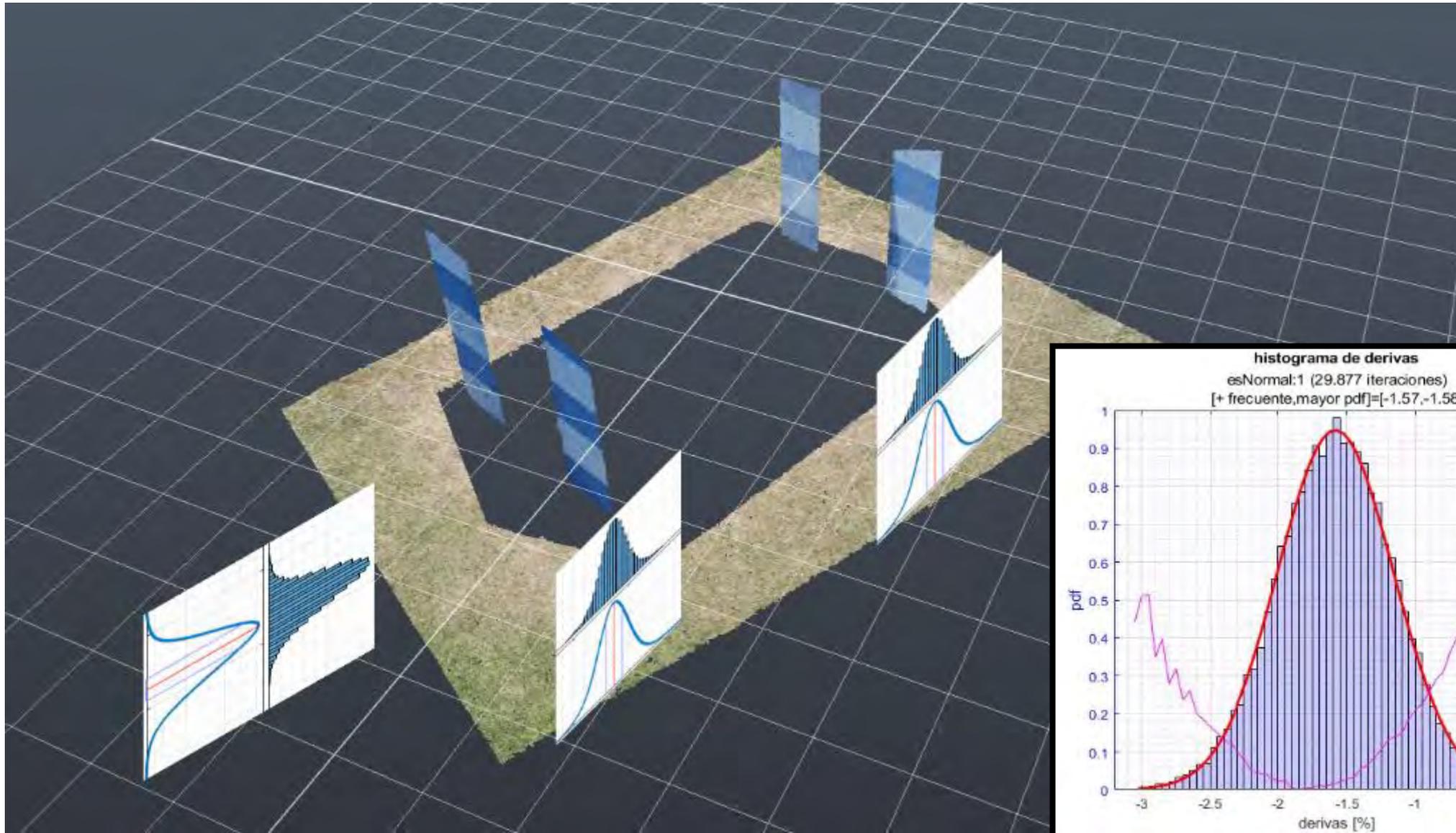
EVALUACIÓN DE DAÑOS

Comportamiento de las superficies planas en las NP3D:



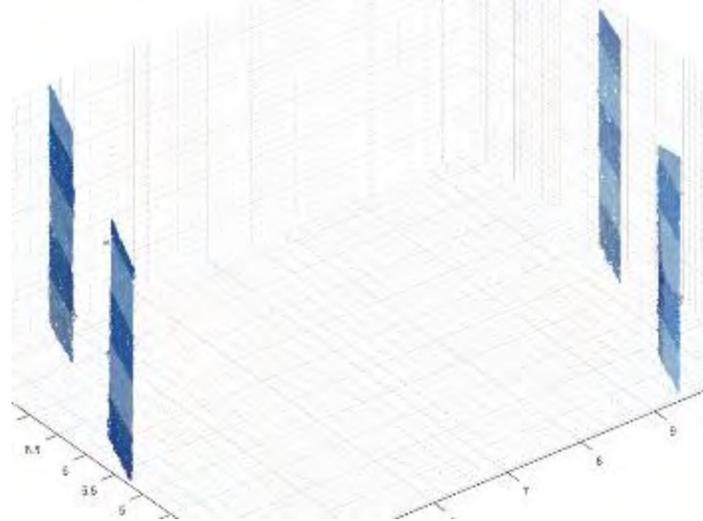
EVALUACIÓN DE DAÑOS

Comportamiento de las superficies planas en las NP3D:



EVALUACIÓN DE DAÑOS

Comportamiento de las superficies planas en las NP3D:

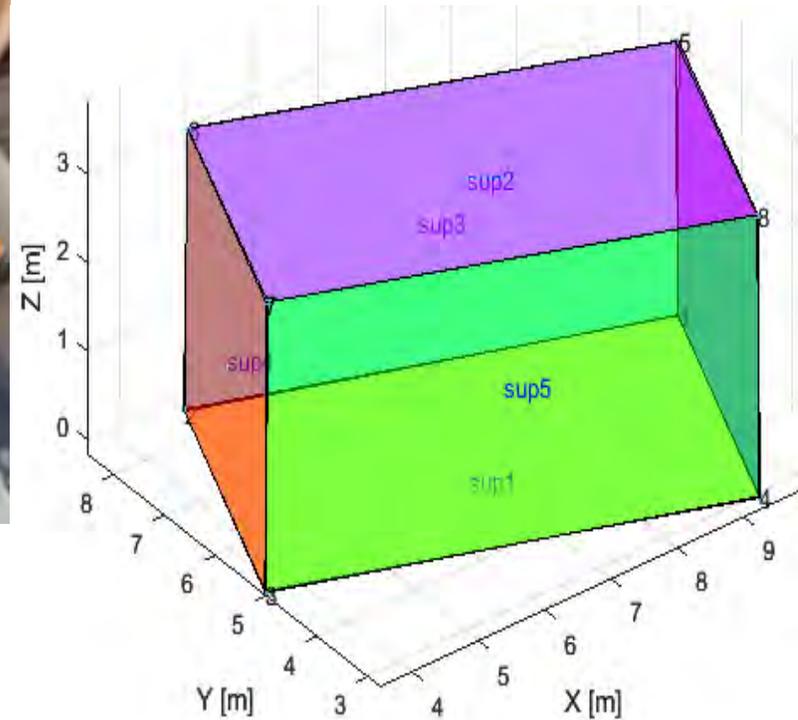


$$\frac{|(7.55 - 1.41)| - 6.14|}{Ed. \text{gsd} = 6.7\text{mm}} m = 2\text{mm}$$
$$= 0.3 \text{gsd}$$

$$\sigma = \left\{ \begin{array}{l} 1.46 \\ 1.04 \end{array} \right\} \text{gsd}$$

EVALUACIÓN DE DAÑOS

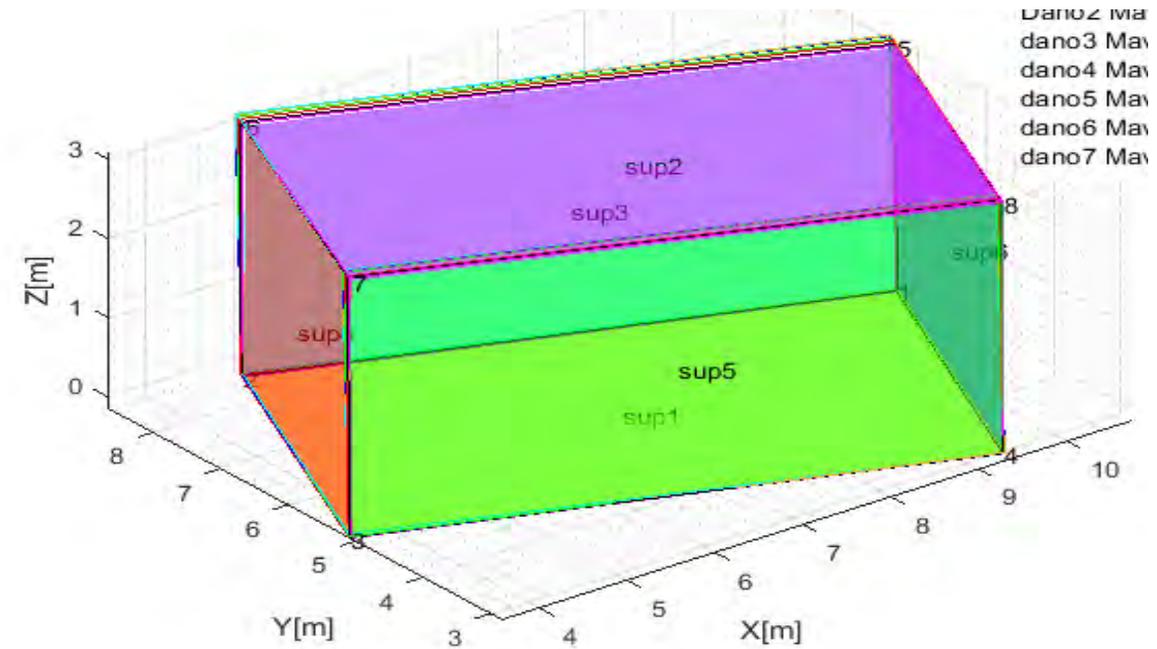
EGS por vectorización:



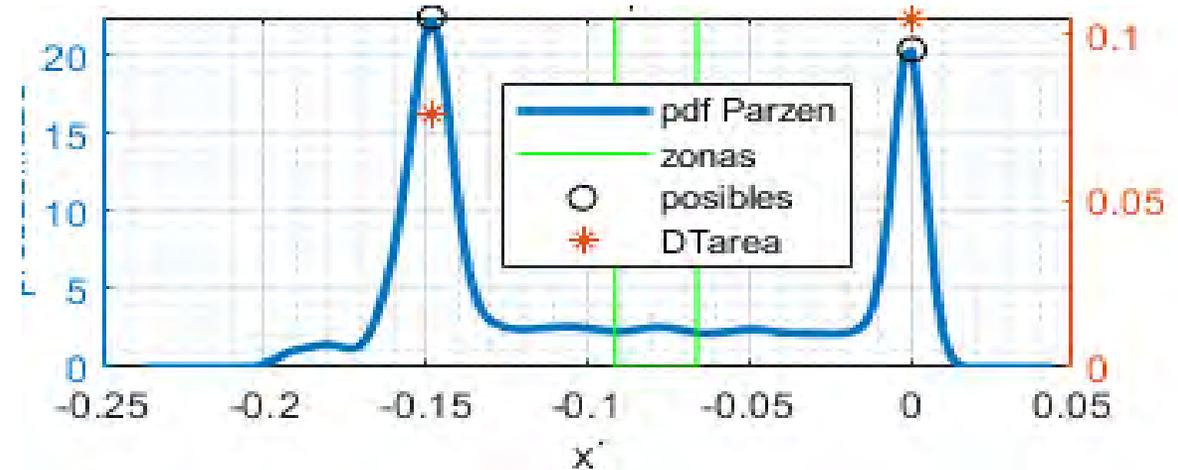
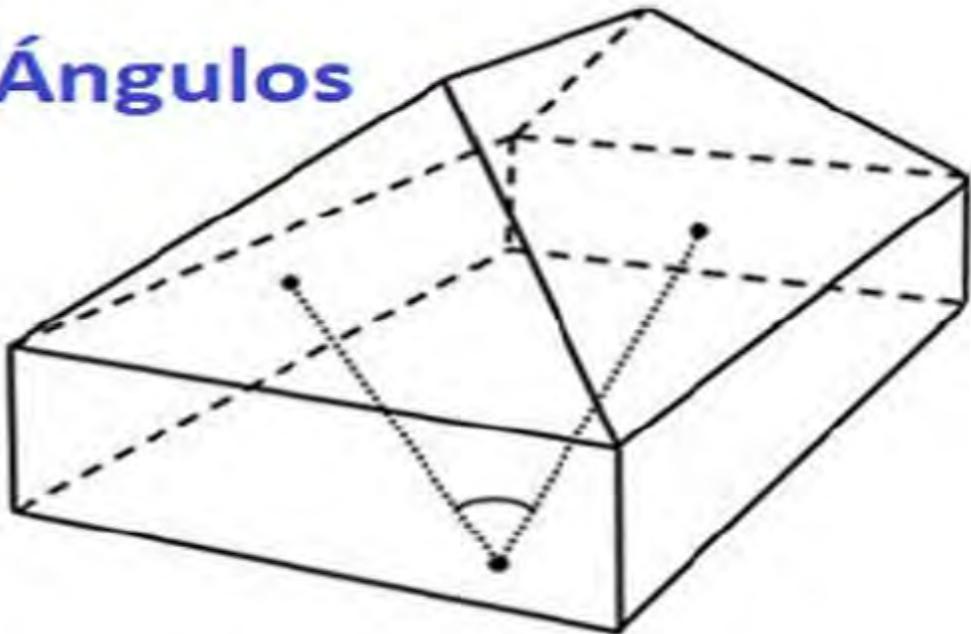
EVALUACIÓN DE DAÑOS

Mediciones:

- Derivas.
- Distancias.
- Funciones de Forma.



Ángulos



EVALUACIÓN DE DAÑOS

Aproximación:

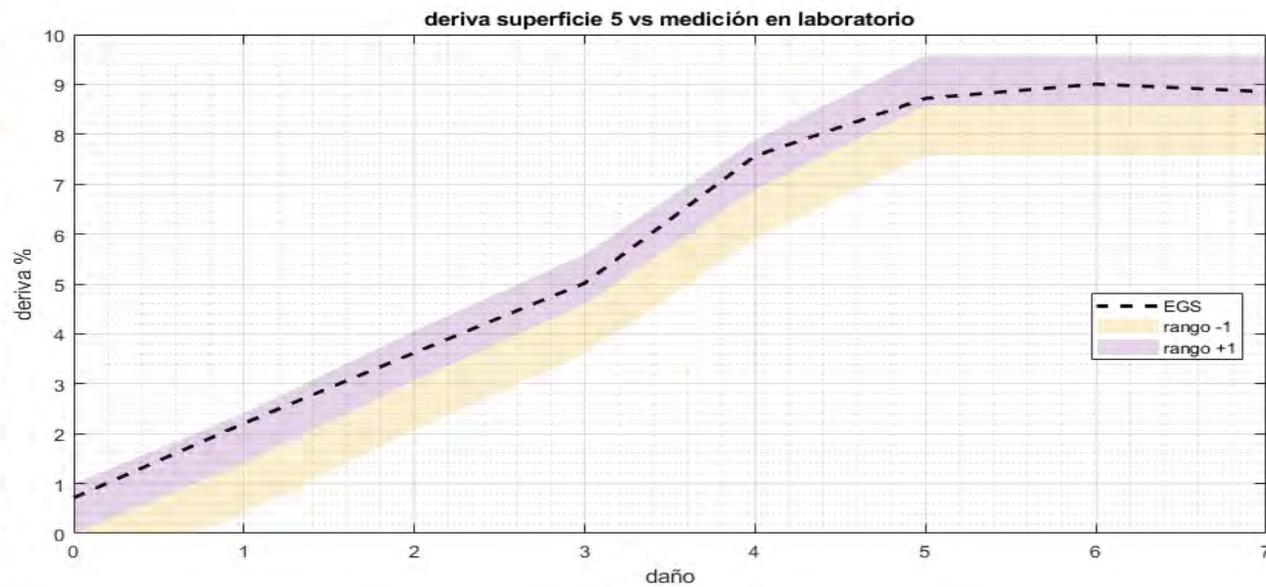
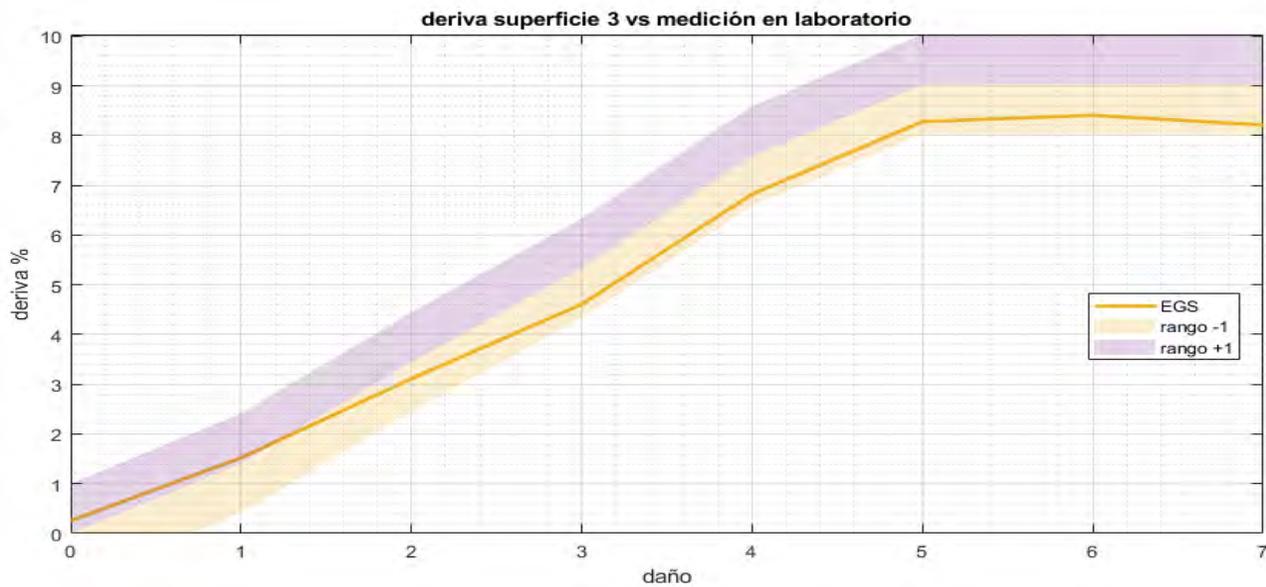
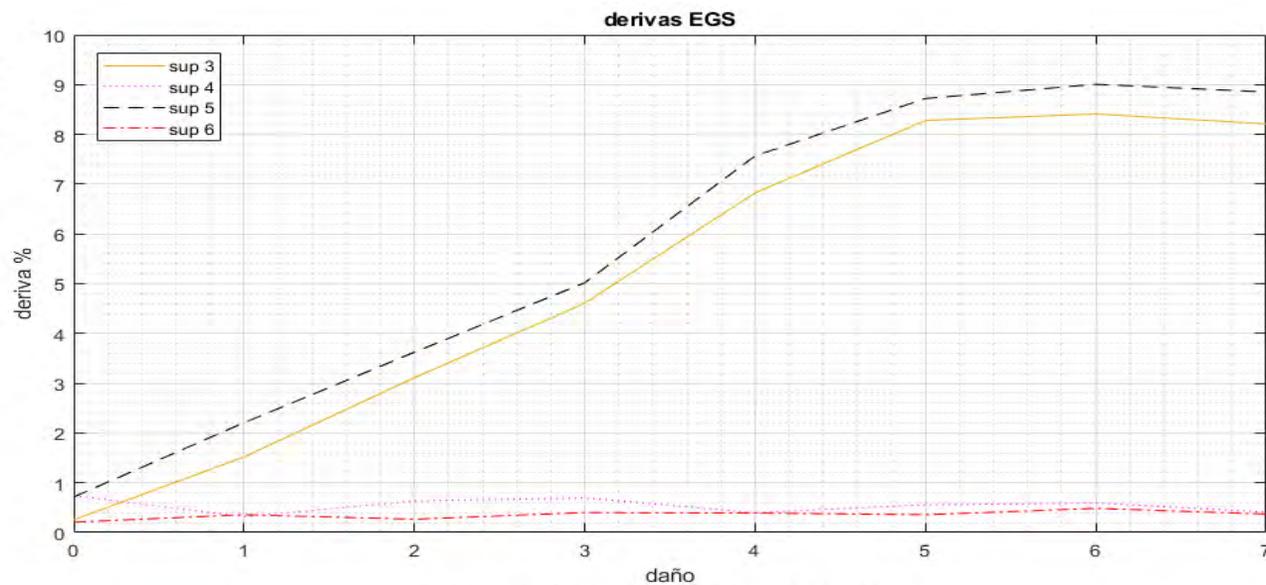
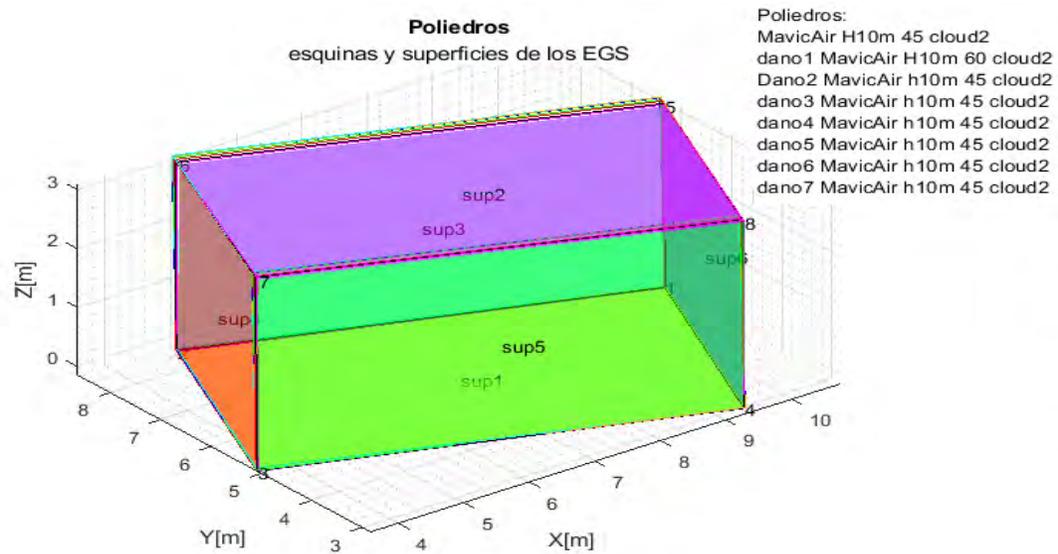


Superficies:	Superficie 3		Superficie 5	
Deformación:	Desplazamiento [cm]	Deriva [%]	Desplazamiento [cm]	Deriva [%]
Daño 0	0	0	0	0
Daño 1	4.7	1.41	4.5	1.41
Daño 2	10.4	3.45	10.5	3.06
Daño 3	16.0	5.33	16.1	4.60
Daño 4	23.5	7.59	23.2	6.89
Daño 5	28.9	9.03	27.9	8.58
Daño 6	28.9	9.03	27.9	8.58
Daño 7	28.9	9.03	27.9	8.58

Desplazamiento medido en extremos de la cubierta de cada muro

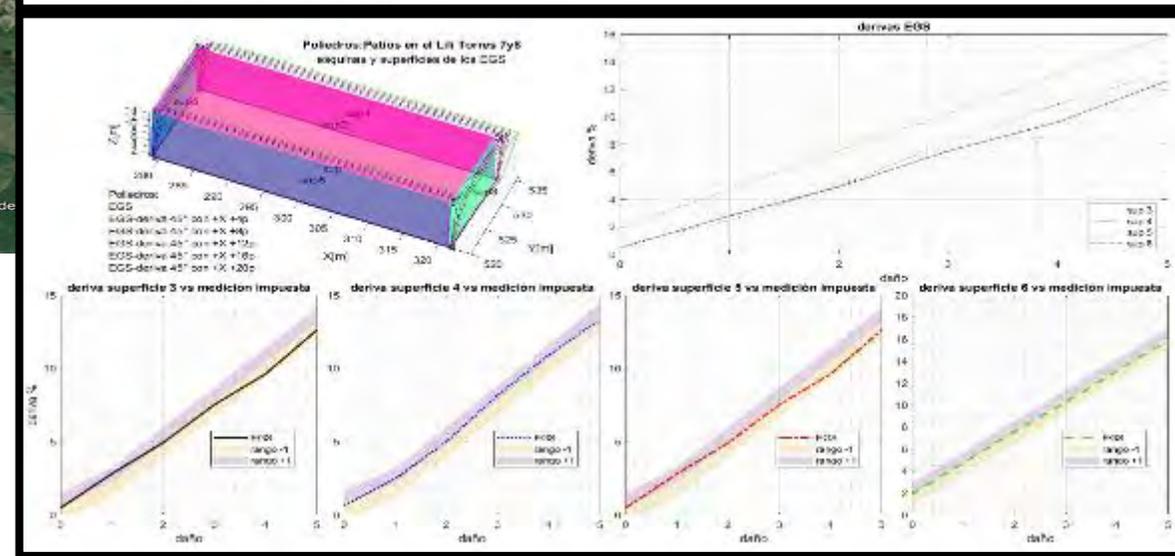
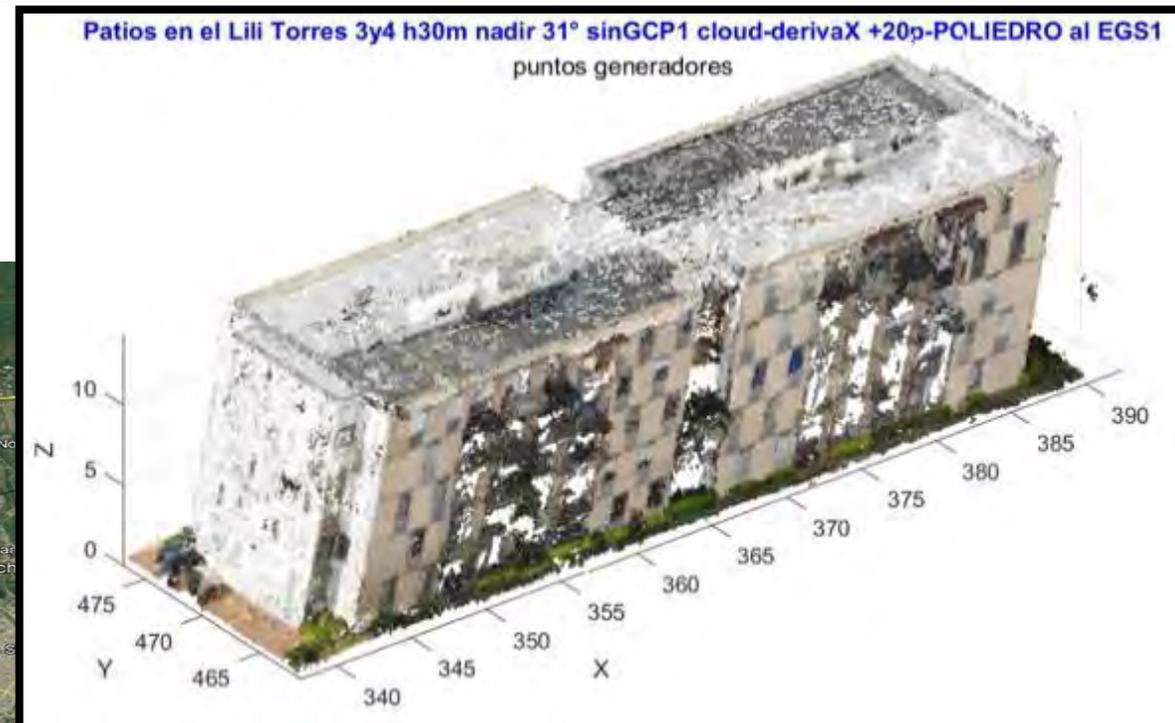
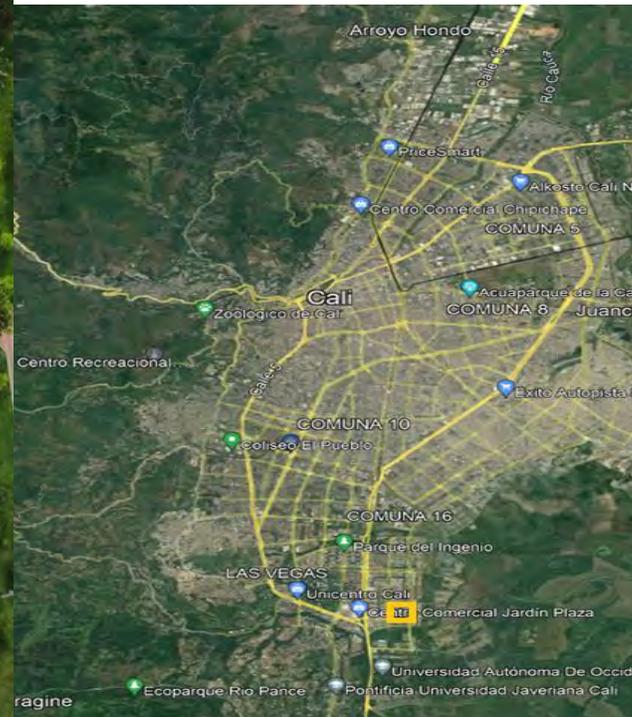
EVALUACIÓN DE DAÑOS

Aproximación:

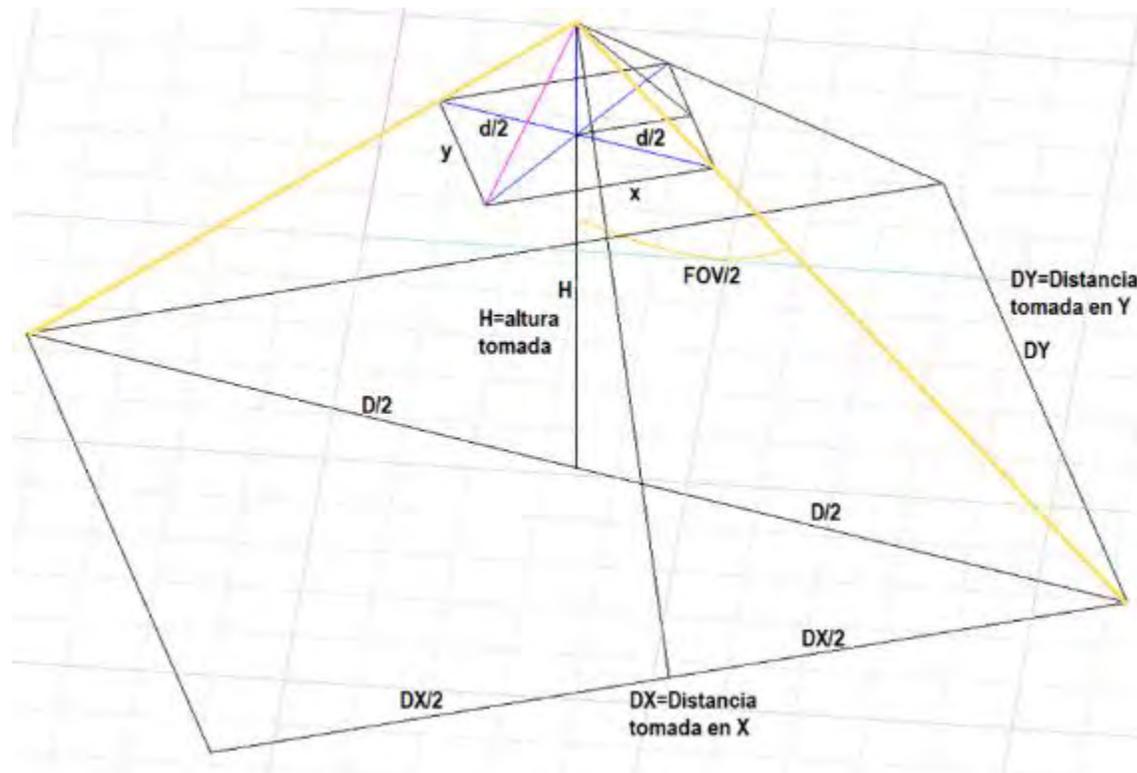
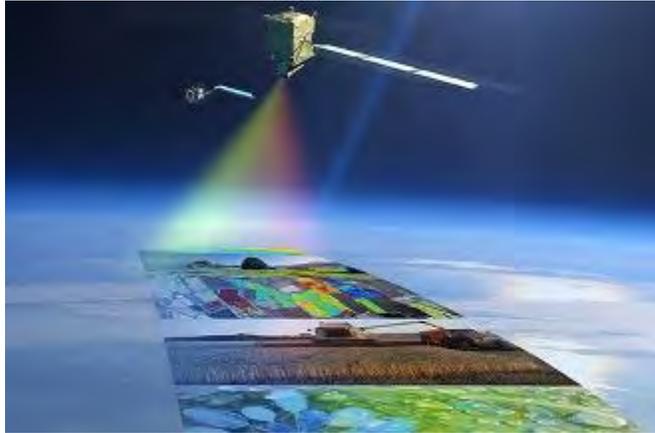


EVALUACIÓN DE DAÑOS

Aproximación:



RESOLUCIÓN ESPACIAL GSD



Traslapos:

trX: porcentaje de traslapeo en el sentido largo (x) de la imagen

trY: porcentaje de traslapeo en el sentido corto (y) de la imagen

distTrX: distancias de traslapeo en el sentido largo (x) de la imagen

distTrY: distancias de traslapeo en el sentido corto (y) de la imagen

despX: desplazamiento para traslapeo en el sentido largo(x) de la imagen

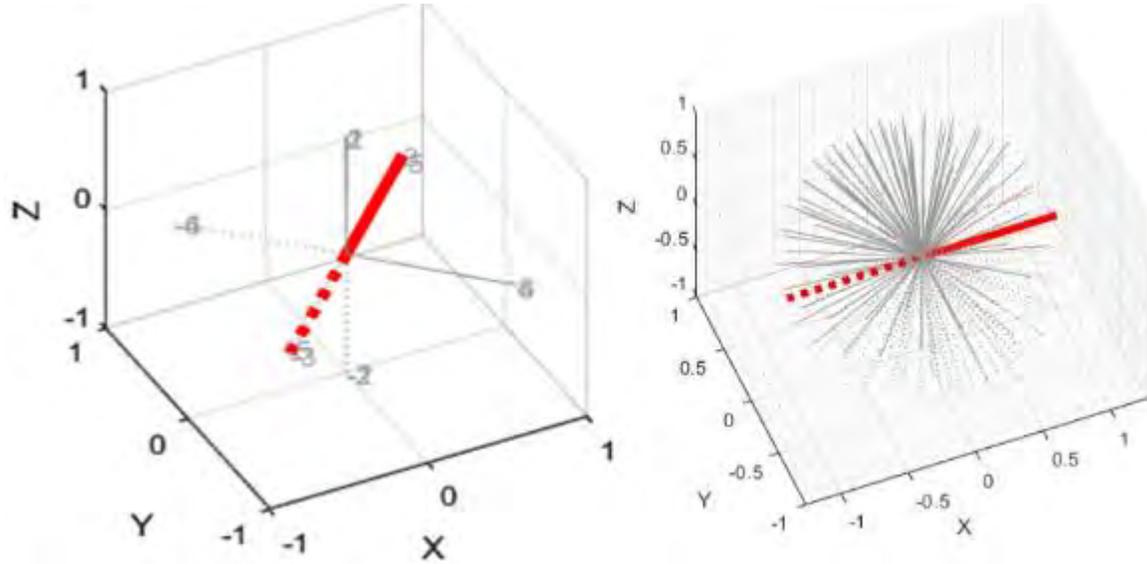
despY: desplazamiento para traslapeo en el sentido corto(y) de la imagen

$$\text{despX} = \frac{2 \cdot h \cdot x \cdot (1 - \text{trX}) \cdot \text{TAN}\left(\frac{\text{FOV}}{2}\right)}{\sqrt{(x^2 + y^2)}}$$

$$\text{despY} = \frac{2 \cdot h \cdot y \cdot (1 - \text{trY}) \cdot \text{TAN}\left(\frac{\text{FOV}}{2}\right)}{\sqrt{(x^2 + y^2)}}$$

PROCESAMIENTO

Rotaciones para identificar las superficies:

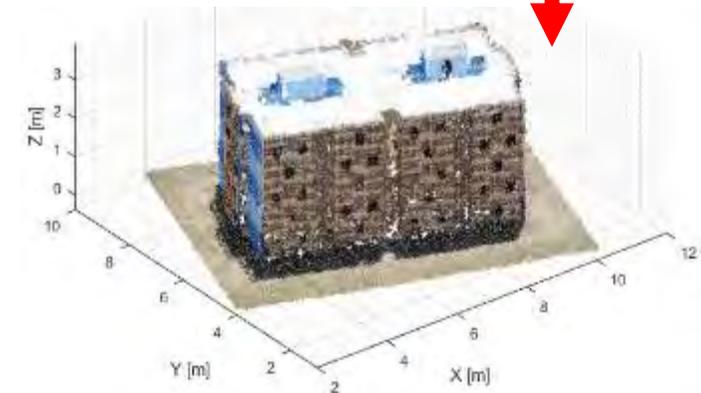


165' de puntos

3 datos XYZ de 8 Bytes:	192 bits	24 Bytes
3 datos RGB de 8 bits:	24 bits	3 Bytes
Total por punto	216 bits	27 Bytes
Puntos totales	11'	252 MB
Procesos paralelos	32	8 GB

Ángulo entre vNormal	Rotaciones en el plano	Rotaciones esféricas
45	4	16
5	36	1 296
2	90	8 100
1	180	32 400
0.6	300	90 000

11' de puntos = 283 MB



PROCESAMIENTO

Procesamiento nube de puntos:



Comparativo de tiempos Pix4D plantilla Pix4D Cloud				
Processor→ Project↓	Intel Xeon Platinum 8124M	AMD Ryzen 9 5950	Intel Core i7-6700	Used time with better processor %
Patios h50m nadir	2:37:31	2:25:01	9:25:32	25.6%
Patios h75m con 75°	2:46:08	2:40:41	16:01:32	1.3%
Patios h75m nadir	1:40:52	1:22:23	6:37:50	0.4%
Patios h100m nadir	0:54:13	0:45:32	13:26:32	0.1%

Comparativo de tiempos Pix4D plantilla Maquetas Full				
Processor→ Project↓	Intel Xeon Platinum 8124M	AMD Ryzen 9 5950	Intel Core i7-6700	Used time with better processor %
Patios h50m nadir	13:36:49	13:54:19	03d:6:44:37	17.3%
Patios h75m con 75°	14:23:01	14:25:35	03d:8:20:22	17.9%
Patios h75m nadir	6:14:30	5:53:10	01d:0:35:36	23.9%
Patios h100m nadir	3:17:31	2:57:33	11:52:12	24.9%