

# Fotogrametría para la Gestión de Riesgos de Desastres

**Alexandre Almeida Del Savio**

Ingeniero Civil  
Magíster y Doctor en Ingeniería Civil  
Director de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad de Lima



- El Niño Costero
- Emergencias y Daños
- Huaycos
- Inundaciones
- Sistema Integrado de Prevención de Desastres
  - Monitoreo de Ríos
  - Monitoreo de Huaycos
- Investigación
- Fotogrametría
- Formación Académica

# El Niño Costero - 2017



## Viviendas:

13.072 viviendas colapsadas  
14.014 viviendas inhabitables  
153.329 viviendas afectadas



## Puentes: 514

195 puentes colapsados  
319 puentes afectados



## Carreteras: 6.478 km

(20% de las carreteras nacionales dañadas)  
2.192 km de carreteras están destruidos  
4.286 km de carreteras registran algún daño

# Emergencias y Daños

En el Perú al año se reportan alrededor de **11000 casos de emergencias y daños** causados por desastres, muchos de los cuales tienen como consecuencias pérdidas mortales.



Fuente: 1. RPP Noticias (2017) | 2. La República (2017).

# Emergencias y Daños



BOLETÍN ESTADÍSTICO VIRTUAL DE LA  
GESTIÓN REACTIVA

DIRECCION DE POLITICAS, PLANES Y EVALUACIÓN  
SUB DIRECCIÓN DE APLICACIONES ESTADÍSTICAS  
Nº 07 | AÑO 4 | JUL 2017

## I. EMERGENCIAS Y DAÑOS OCURRIDOS A NIVEL NACIONAL, PRIMER SEMESTRE 2017

### 1.3 EMERGENCIAS OCURRIDAS A NIVEL NACIONAL POR DEPARTAMENTO, SEGÚN FENOMENO

DPTO \ FENOMENO	TOTAL	AMAZONAS	ANCASH	APURIMAC	AREQUIPA	AYACUCHO	CAJAMARCA	CALLAO	CUSCO	HUANCAVELICA	HUANUCO	ICA	JUNIN	LA LIBERTAD	LAMBAYEQUE	LORETO	MORDELOS	MOQUEGUA	PASCO	PIURA	PUNO	SAN MARTIN	TACNA	TUMBES	UCAYALI		
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>5,507</b>	<b>68</b>	<b>792</b>	<b>380</b>	<b>204</b>	<b>179</b>	<b>443</b>	<b>28</b>	<b>137</b>	<b>458</b>	<b>56</b>	<b>133</b>	<b>64</b>	<b>359</b>	<b>81</b>	<b>980</b>	<b>61</b>	<b>24</b>	<b>35</b>	<b>259</b>	<b>350</b>	<b>104</b>	<b>61</b>	<b>46</b>	<b>139</b>	<b>66</b>	
ACTIVIDAD VOLCÁNICA	1				1																						
ALUD	18		1		6									4		7											
BAJAS TEMPERATURAS	314		5	75	28	3	2		61	12	3		13	3		13		2	5	41	7	25			16		
CONTAMINACIÓN	6		1											2											3		
DERRAME DE SUST. PELIG.	1																										1
DERRUMBE	178		34	9	2	3	24	1	2	5	1	4	4	22		62				2		3					
DESGLIZAMIENTO	277	17	30	5	2	12	40		11	17	4		5	26		96	2			2	1	1			1	1	4
EPIDEMIAS	2											1														1	
EROSIÓN	25											3		1		6	6	1	4		1				1	2	
EXPLOSIÓN	3															2						1					
HUAYCO	480		43	2	14	5	8		5	17		24	7	19	1	317				3	4		1	10			
INCENDIO FORESTAL	7								3							2						1				1	
INCENDIO URB. E INDUST.	340	13	8	15	4	7	4	21	7	11		14	7	2	3	93	5	7	2	13	19	9	31	7	9	29	
INUNDACIÓN	311	1	7	12	13	3	10		4	5	9	31	8	21	1	83	39	8		5	10	4	12		5	20	
LLUVIA INTENSA	3,246	28	622	200	128	141	342		39	365	33	55	17	250	75	286	7	3	20	177	303	22		12	117	4	
MAREJADA	1											1															
PLAGAS	3								1	1											1						

Fuente: INDECI.

Es el desplazamiento violento de una gran masa de agua con mezcla de lodo y bloques de roca de grandes dimensiones, que se moviliza a gran velocidad a través de quebradas o valles. Se forman en las partes altas de las micro cuencas saturando el suelo: Los huaycos se producen en época de lluvia.<sup>1</sup>



# Inundaciones

Es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de esta, por desbordamiento de ríos, torrentes o ramblas, por lluvias torrenciales, deshielo, por subida de las mareas por encima del nivel habitual, por maremotos, huracanes, entre otros.



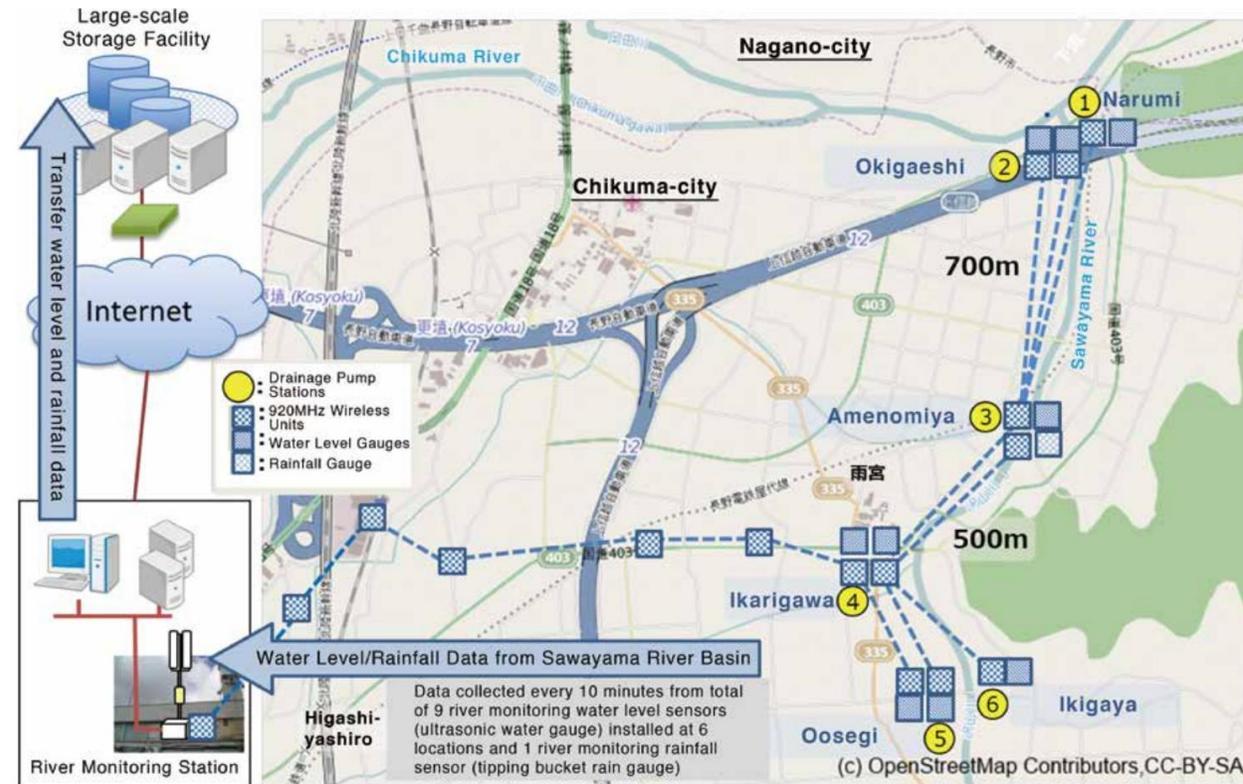
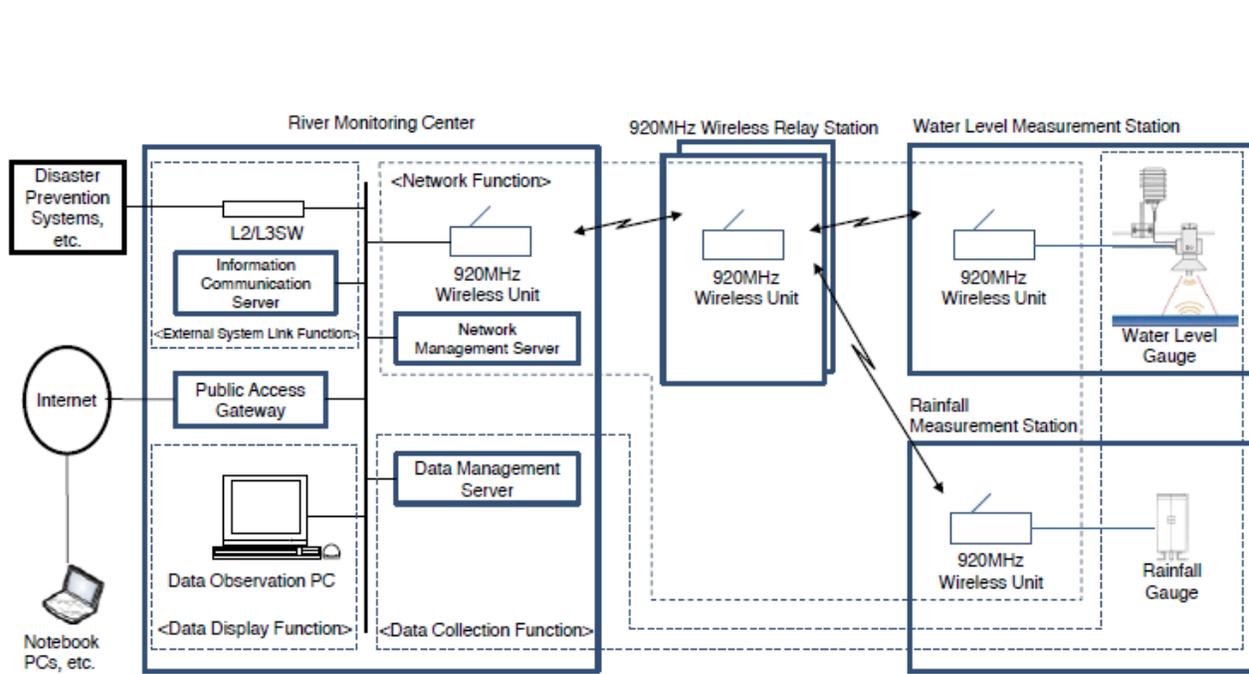
Fuente: 1. Perú 21: Río Chillón: Así quedó la Panamericana Norte tras la inundación (16/03/2017) | 2. El País: Perú espera la llegada de más lluvias y riadas (21/03/2017).

# Monitoreo de Ríos



# Sistema Integrado de Prevención de Desastres

## Monitorio de Ríos



# Monitoreo de Huaycos



# Propuesta: Proyecto de Investigación

Nueva metodología para la evaluación del riesgo de desastres por flujos detríticos (huaycos) de aplicabilidad nacional: Estudio de caso - Distrito de Ilabaya - Tacna.

Enero 2018 a Julio 2019



PERÚ

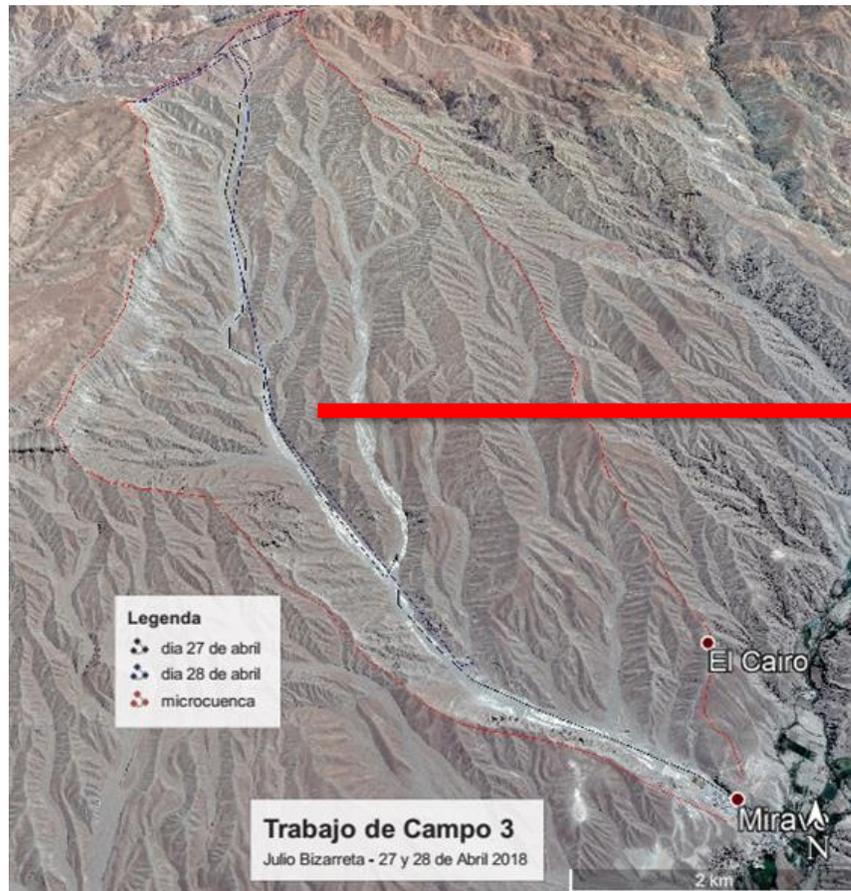
Ministerio de la Producción





## Mirave-Ilabaya: Prevención de Desastres Naturales

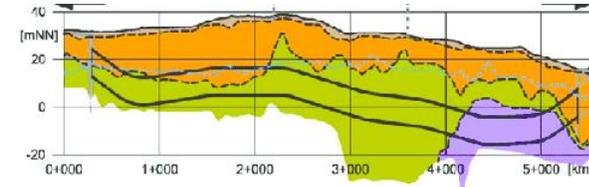
11,000 km<sup>2</sup>



## Tacna: Prevención de Desastres Naturales



Vista desde la cabecera de la cuenca hacia aguas abajo. Se aprecia los taludes naturales y la composición de estos.



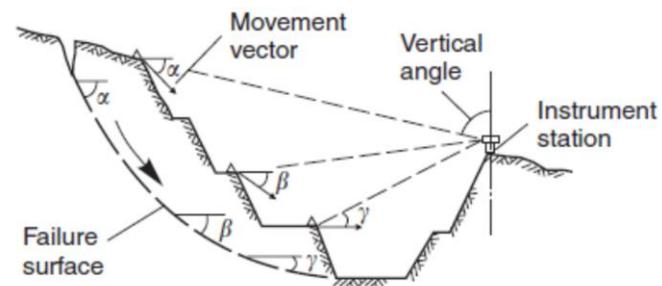
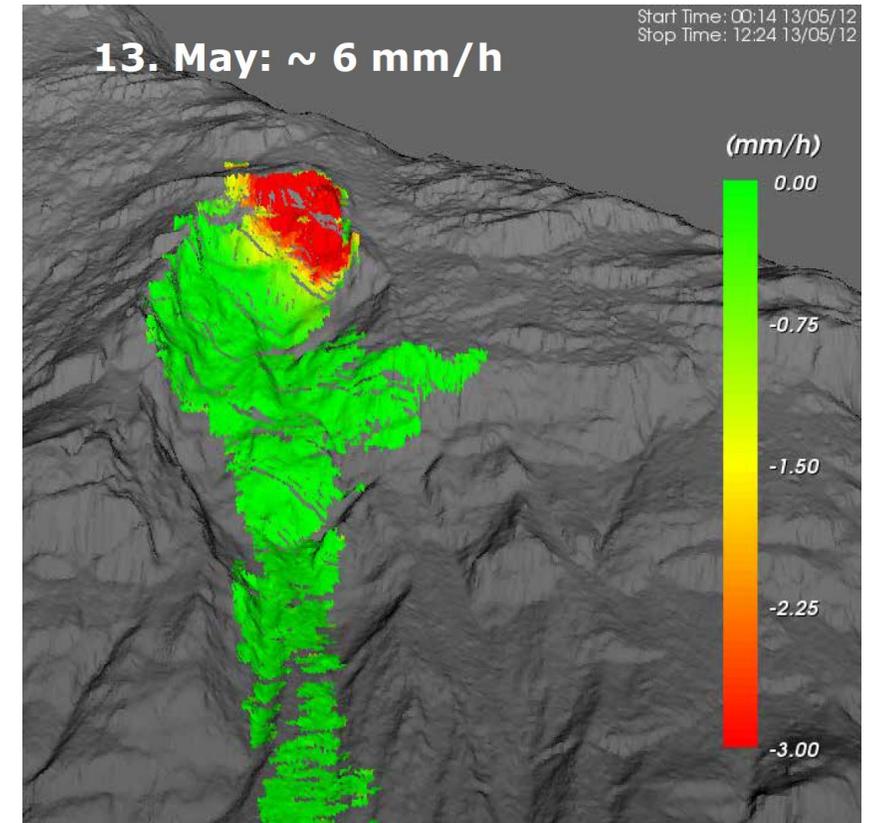
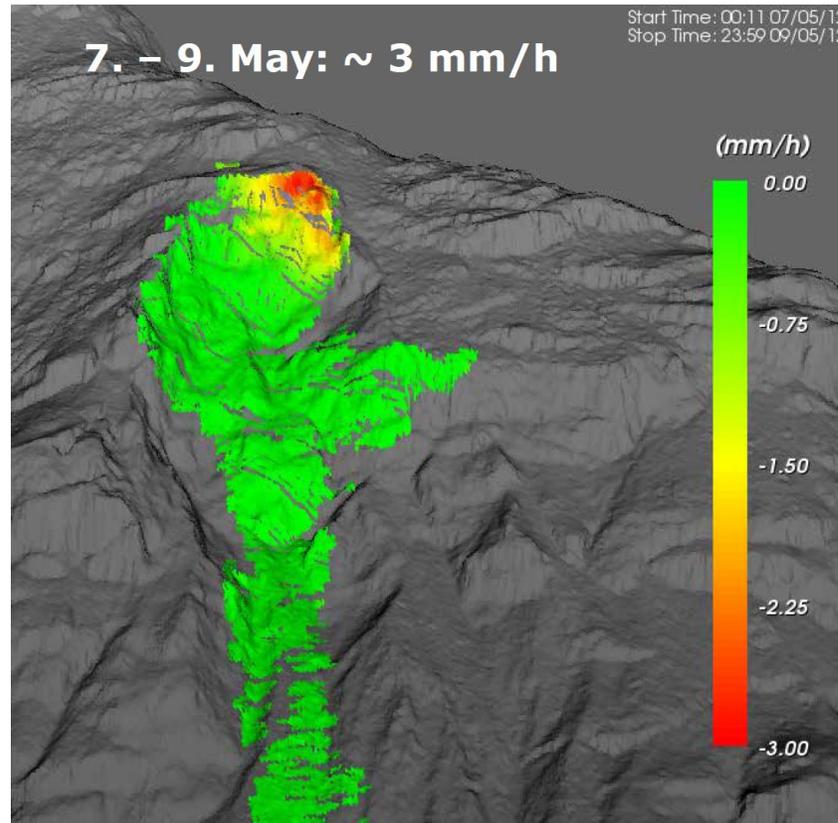
+



Vista hacia aguas arriba. Erosión de la carretera producida por flujos detríticos.

# Proyecto de Investigación

Monitoreo de caída de roca, deslizamientos, huaycos, etc.



Fuente: Geotest – Rock Instabilities – Ciudad de Preonzo en Suiza.

# Proyecto de Investigación

## Aplicación: Fotogrametría Aérea

Utilizar la fotogrametría basada en Drones para el monitoreo del movimiento de la tierra y de esa manera a través de las ortofotos obtenidas calcular el ratio de movimiento.

Concurso de Proyectos  
de Investigación **2017**

**INSTITUTO DE  
INVESTIGACIÓN**  
UNIVERSIDAD DE LIMA

**IDIC**  
INSTITUTO DE  
INVESTIGACIÓN  
CIENTÍFICA

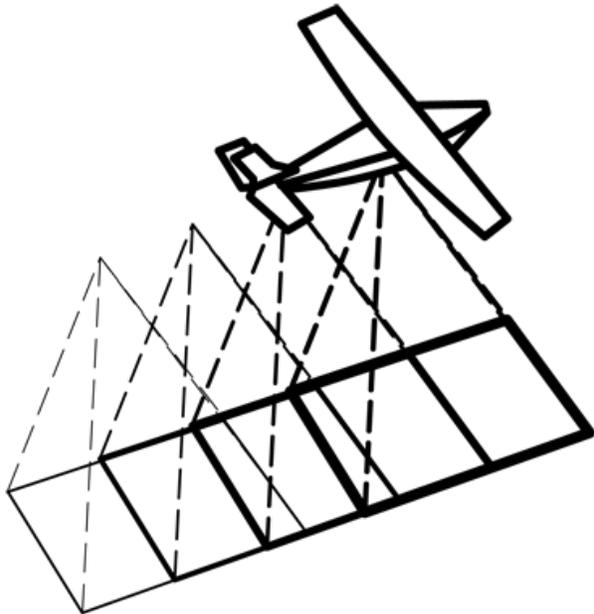
Implementación del uso de drones  
en mapeo topográfico.

Abril 2018 a Marzo 2019



# Fotogrametría

- Es la técnica cuyo objeto es estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera, utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías de ese objeto.
- Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS): "es el arte, ciencia y tecnología para la obtención de medidas fiables de objetos físicos y su entorno, a través de grabación, medida e interpretación de imágenes y patrones de energía electromagnética radiante y otros fenómenos”.

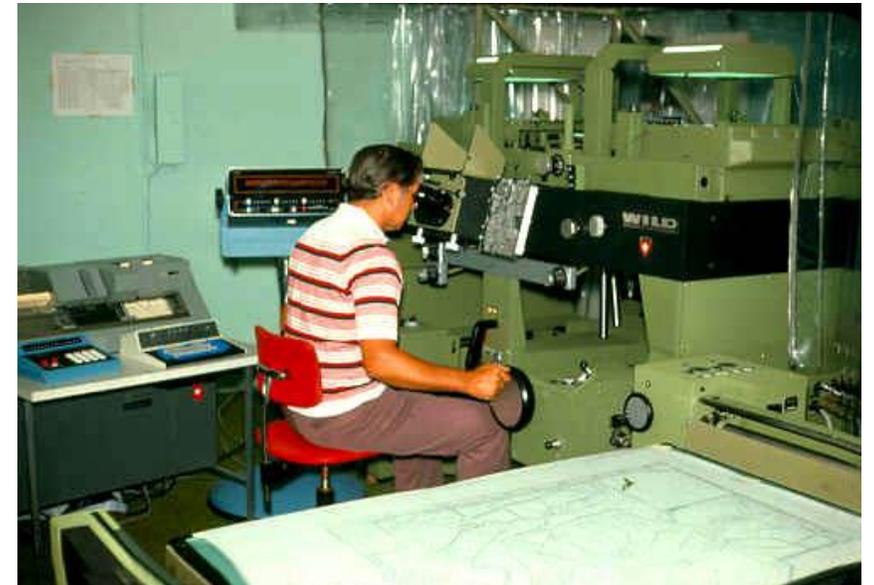


# Fotogrametría: Tipos

**Fotogrametría Analógica (1900-1960):** el procesamiento de la información se realiza mediante dispositivos físicos que emulan la geometría implícita en un documento fotográfico.

**Fotogrametría Analítica (1960-final de siglo XX):** a partir de medidas realizadas sobre fotografías de un objeto y la aplicación modelos matemáticos.

**Fotogrametría Digital (a partir del siglo XXI):** se sustituye la imagen analógica por la imagen digital y se empiezan a utilizar programas informáticos.



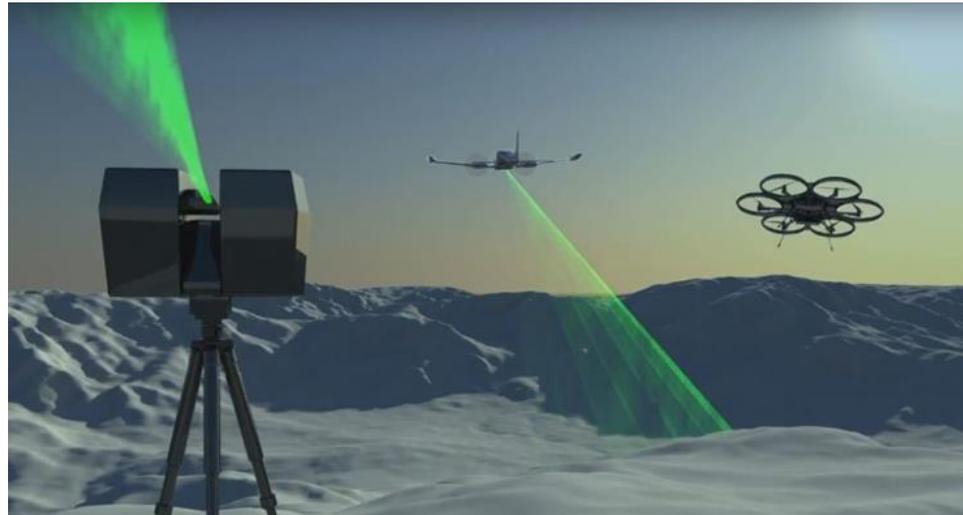
Fuente: b-29s-over-korea.com (2015).

# Fotogrametría: Tipos

**Fotogrametría Aérea:** Las estaciones se encuentran en el Aire, se aplica para la elaboración de planos y/o mapas para el desarrollo de proyectos de Ingeniería.



**Fotogrametría Terrestre:** En este caso las estaciones se encuentran a nivel del suelo.



# Fotogrametría Aérea: Drones

## 1940 – Queen Bee



Fuente: drones.uv.es (2015)

Bombardero utilizado por la marina americana.

Era lanzado desde una plataforma con un curso establecido cargado con municiones.

Tenía una autonomía de vuelo aproximada de 1 hora

## 1970 - Ryan Model 147



Fuente: eldrone.es (2016)

Bombardero utilizado en la guerra de Vietnam. Era lanzado desde una plataforma controlado remotamente cargado con municiones. Tenía un rango de vuelo de 1930km y 17000m de altura.

## 2000 - MQ-1 Predator



Fuente: airforce-technology.com (2018)

Drone de monitoreo y ataque que puede ser controlado desde grandes distancias, utilizado por las fuerzas militares americanas en zonas hostiles.

# Fotogrametría Aérea: Drones

2010 - Parrot AR. Drone



2013 - DJI Phantom



2017 - Bug Drone



2017 - DJI Matrice



Drones para el uso Civil.  
Fotografía profesional y estudios científicos.

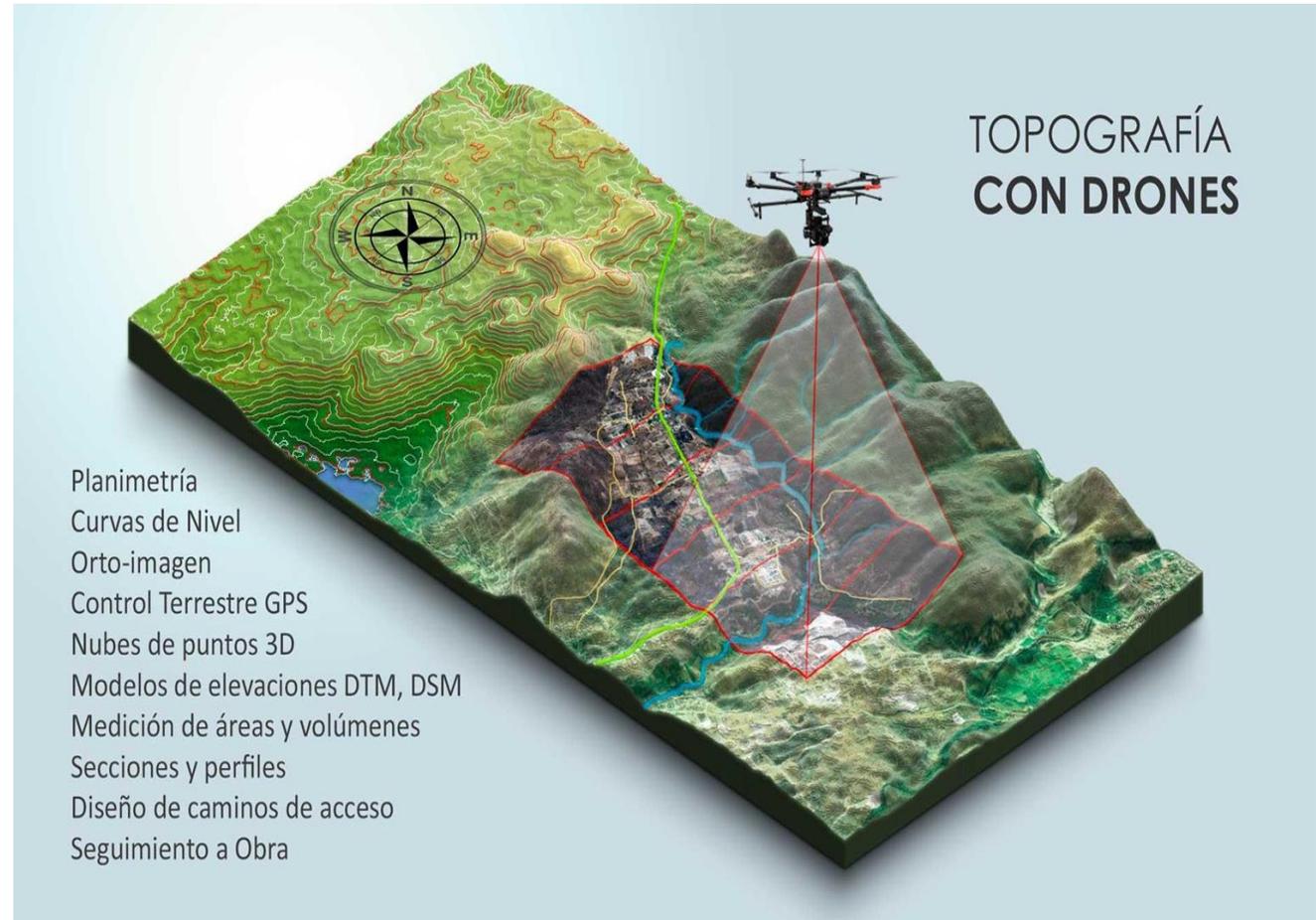
# Proyecto de Investigación: Drones

## Implementación del uso de drones en mapeo topográfico.

Abril 2018 a Marzo 2019



- ✓ Uso de la nueva tecnología.
- ✓ Recorta tiempo de mapeo a comparación del método tradicional.
- ✓ Es más eficiente y preciso.
- ✓ Reduce riesgos de accidentes.



# Proyecto de Investigación: Equipos



## Drones y Cámaras



DJI Matrice 210 RTK

Cámara: Zenmuse X5S, 20.8 megapíxeles  
4K 60fps



DJI Phantom 4 Pro

Cámara: 20 megapíxeles  
4K 60fps

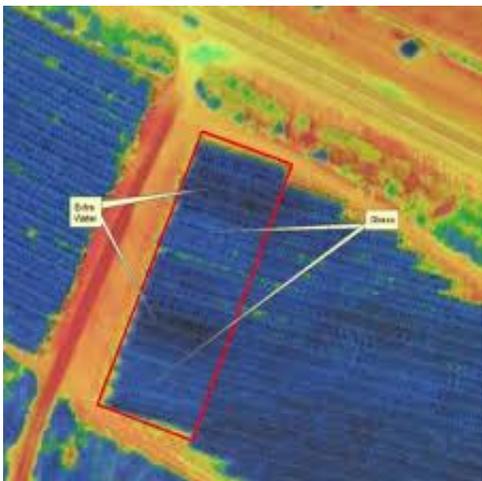


DJI Matrice 600 Pro

# Proyecto de Investigación: Equipos



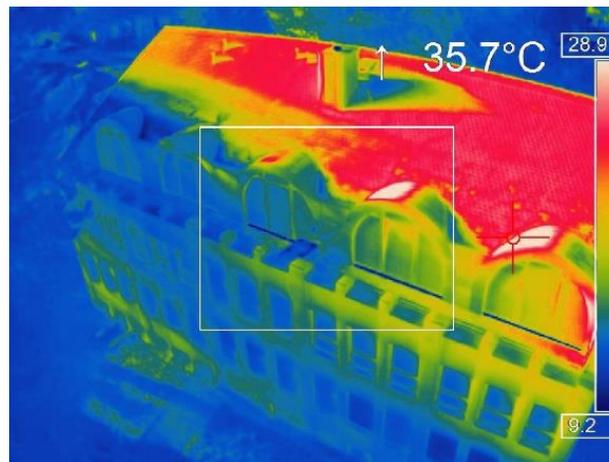
Cámara multispectral:  
TETRACAM ADC/micro



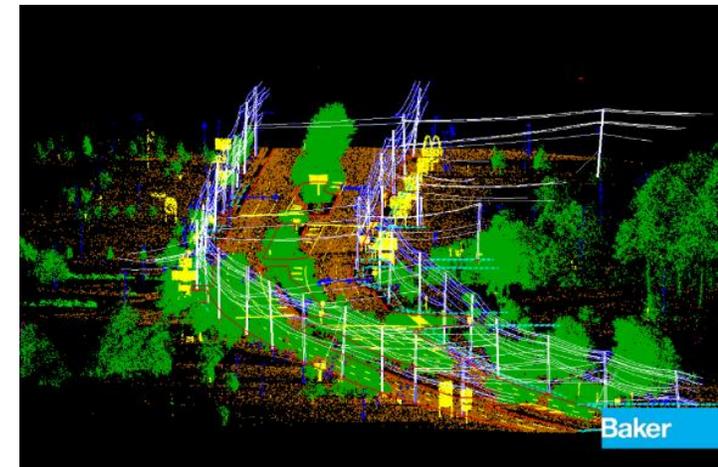
## Cámaras



Cámara térmica:  
DJI ZENMUSE XT



Equipo Lidar 3D Ligero



# Proyecto de Investigación: Equipos

## Equipos Tradicionales de Topografía



Estación total



Mira



Nivel



Prisma



GPS



# Proyecto de Investigación: Equipos



## Impresoras 3D

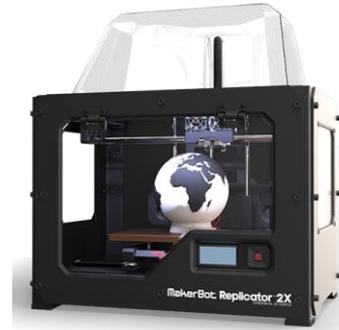


STRATASYS CONNEX3 260

Material: Resina

Impresión a colores (combinación de 3 cartuchos)

Piezas con gran detalle



MAKERBOT REPLICATOR 2X

Material: ABS (sensible a la temperatura)



MAKERBOT REPLICATOR Z18

Material: PLA (biodegradable)

Piezas con altura máxima de 45cm



MAKERBOTS: REPLICATOR + | REPLICATOR 2

Material: PLA (biodegradable)

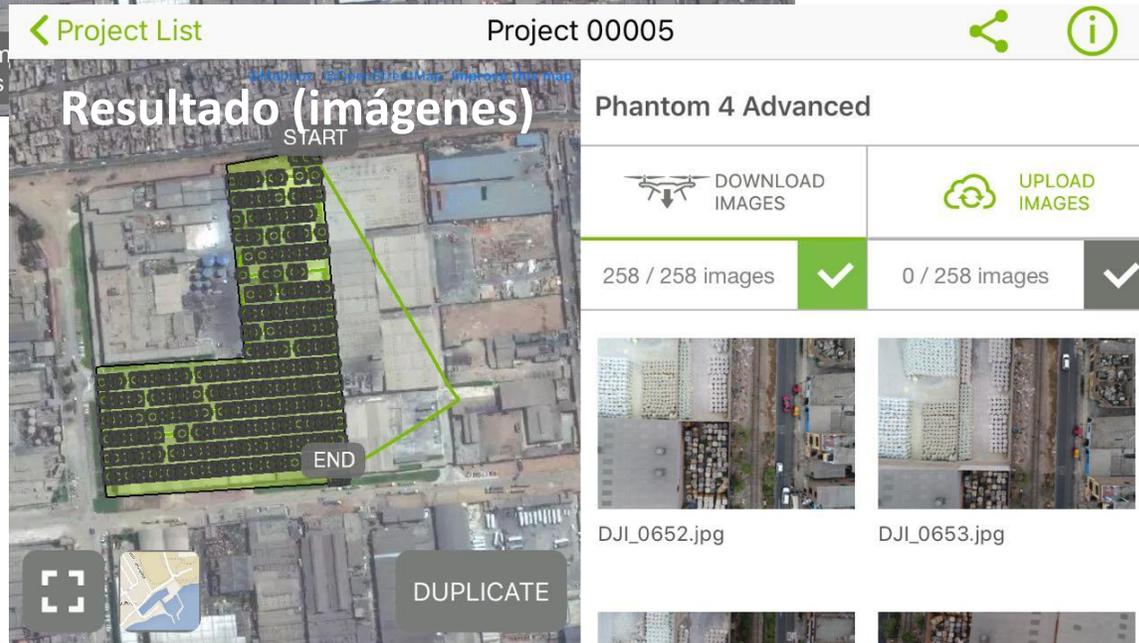


XYZ PRINTING NOVEL 1.0

Material: Fotopolímero Resina

Piezas transparentes con gran detalle

# Proyecto de Investigación: Aplicación

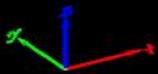
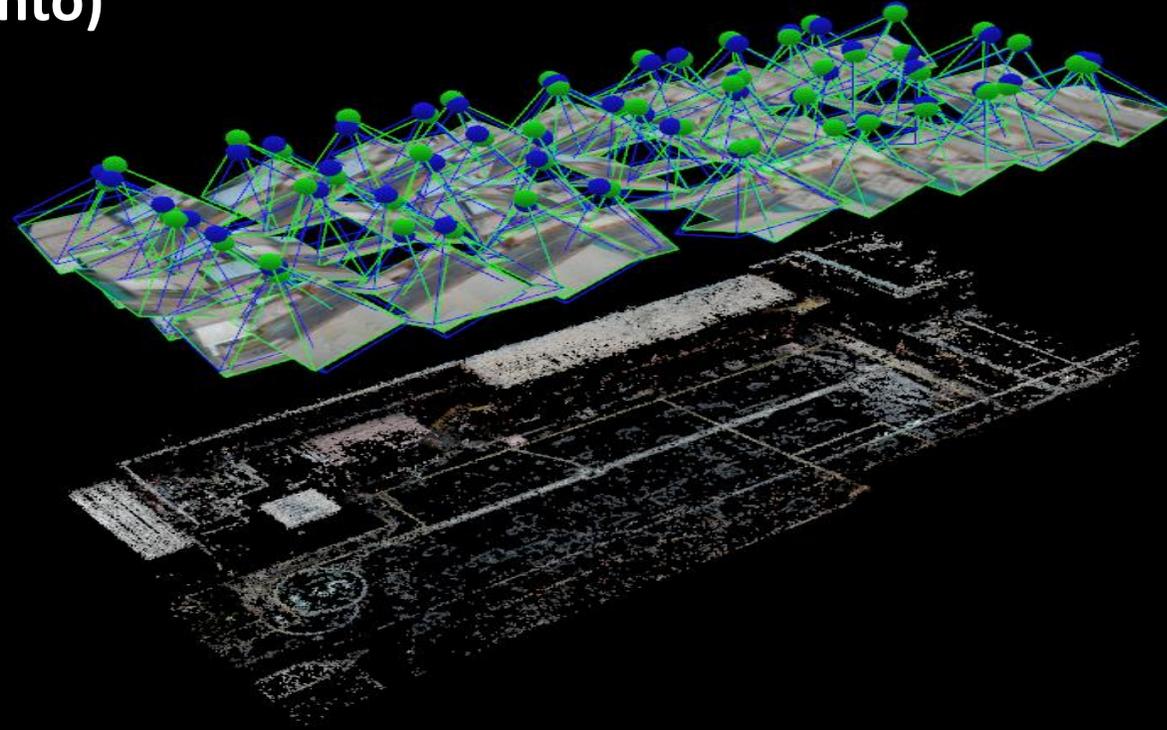


Vuelo de drone y  
captura de imágenes  
con Pix4D



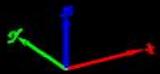
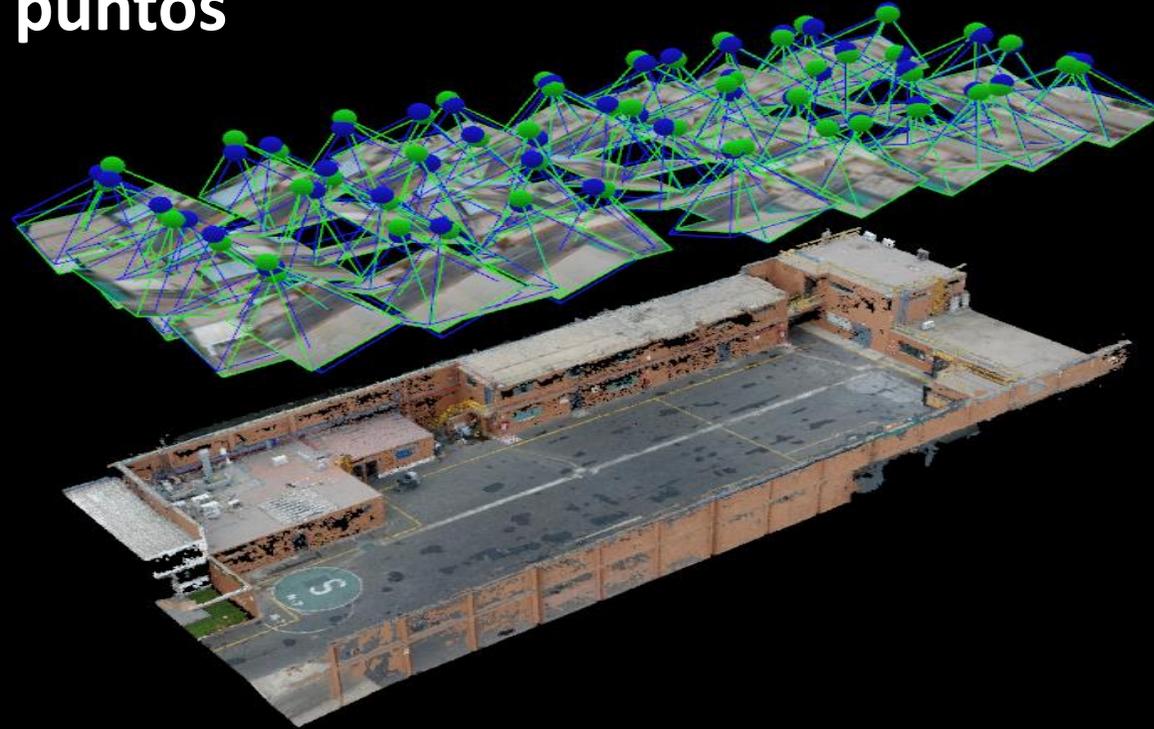
# Proyecto de Investigación: Aplicación

**Nube de puntos  
(procesamiento)**



# Proyecto de Investigación: Aplicación

**Volumen a partir de  
la Nube de puntos  
(generación)**



# Proyecto de Investigación: Aplicación

**Volumen Final  
(presentación)**



# Proyecto de Investigación: Aplicación

**Puntos en el Modelo (ubicación-información)**

The screenshot displays the Pix4D Discovery Preview interface for Project 00009. The central 3D view shows a point cloud model of a building with a grid of tie points (green and blue spheres) and orange lines representing camera rays. The left sidebar lists 50 image files (DJI\_0174.jpg to DJI\_0222.jpg). The right sidebar contains the Properties panel for the selected image (DJI\_0187.jpg), showing camera model (FC6310\_8.8\_5472x3648), number of marked MTPs and GCPs (0), number of automatic tie points (18642), and computed position (274576.62, 8668150.35). Below the Properties panel is the Images panel, which displays a grid of image thumbnails with tie points and ATP values (e.g., DJI\_0217.jpg ATP: 151706).

**Properties**

**Selection**

DJI\_0187.jpg (Camera)

Camera Model: FC6310\_8.8\_5472x3648

Number of Marked MTPs and GCPs: 0

Number of Automatic Tie Points: 18642

Computed Position [m]: 274576.62, 8668150.35

**Initial Position and Orientation**

Initial Position [m]: 274577.33, 8668150.47

Initial Orientation (Omega, Phi, Kappa) [degree]: -1.90, 19.91, 95.57

Initial Accuracy (Horizontal, Vertical) [m]: 5.00, 10.00

**Images**

Image Size Zoom Level

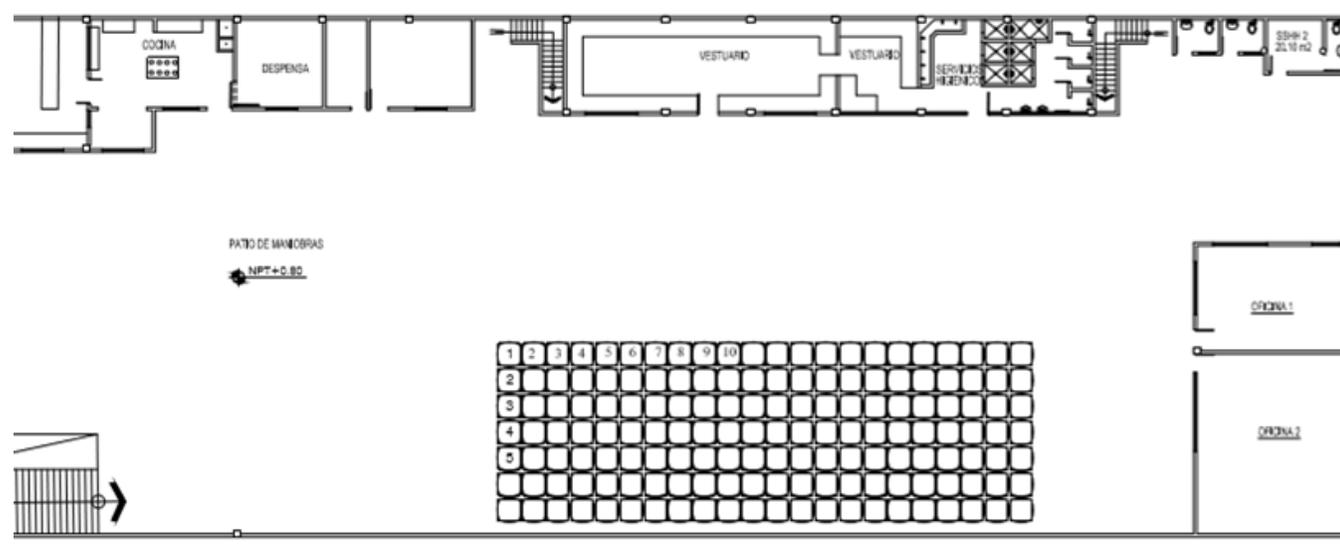
DJI\_0217.jpg ATP: 151706 DJI\_0218.jpg ATP: 151706

DJI\_0222.jpg ATP: 151706 DJI\_0223.jpg ATP: 151706

DJI\_0188.jpg ATP: 151706 DJI\_0173.jpg ATP: 151706

# Proyecto de Investigación: Aplicación

Plano



Ortofoto



# Proyecto de Investigación: Aplicación BIM

## Construcción de Modelo Virtuales (BIM)

➤ Forma de trabajo colaborativo entre todas las disciplinas que intervienen en el desarrollo de los proyectos.

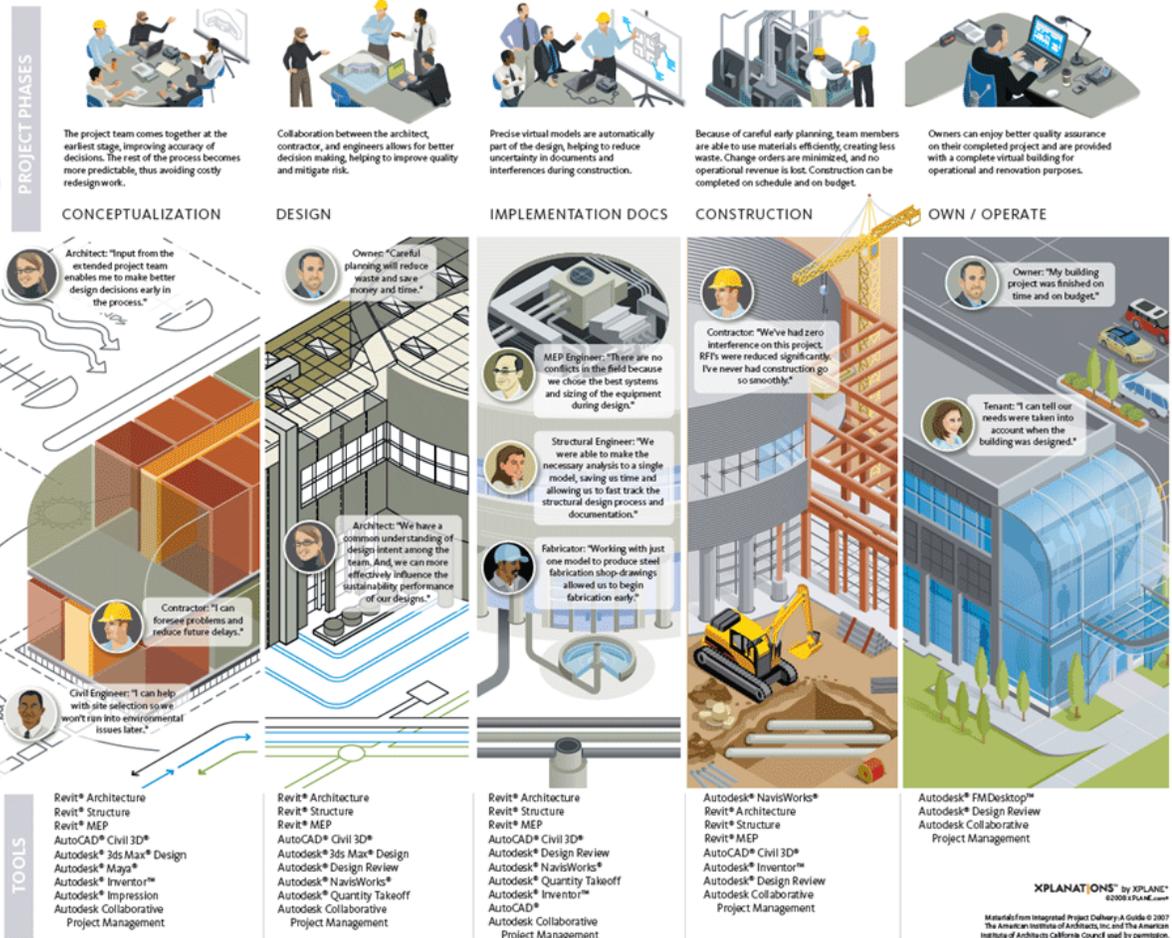
➤ Modelo 3D cargado de información que permite gestionar los datos.

### Integrated Project Delivery with BIM

Integrated project delivery (IPD) is the emerging standard for early collaboration and effective decision making in the building industry today. Incorporating a building information modeling (BIM) toolset into any aspect of the IPD process enables project teams to use information in an integrated environment, increasing efficiency and enabling new ways of working that inspire more creative and sustainable designs.

#### Keys to Integrated Project Delivery

- Involve all team members in design meetings, including contractors.
- Institute building information modeling.
- Facilitate collaboration.
- Set up contract mechanisms that enable open collaboration.
- Minimize paper-based processes, and collaborate digitally.
- Check for and manage interferences between trades, digitally.
- Create a culture of trust and sharing.
- Communicate design ideas using 3D visualization to keep everyone aligned.



# Investigación Científica y Tecnológica



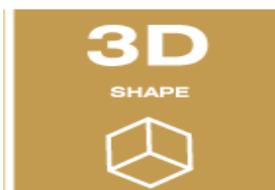
Metodología para diseñar instalaciones sanitarias aplicando el modelado de edificaciones con información, la realidad virtual y aumentada.



# Formación Académica Integral

## Metodología BIM (*Building Information Modelling*)

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV	NIVEL V	NIVEL VI	NIVEL VII	NIVEL VIII	NIVEL IX	NIVEL X
Matemática Básica 5 créditos	Cálculo I 5 créditos	Cálculo II 4 créditos	Ecuaciones Diferenciales 4 créditos	Programación Digital 3 créditos	Dinámica 4 créditos	Mecánica de Fluidos 4 créditos	Hidráulica 4 créditos	Hidrología 4 créditos	Ingeniería de los Recursos Hidráulicos 3 créditos
	Álgebra Lineal 3 créditos	Estadística 3 créditos				Métodos Numéricos 3 créditos	Gestión y Aseguramiento de Calidad 3 créditos	Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo 3 créditos	
	Economía y Empresa 3 créditos		Organización de Empresas / Business Organization 3 créditos				Diseño y Construcción Virtual I 3 créditos	Diseño y Construcción Virtual II 3 créditos	Infraestructuras Sostenibles 3 créditos
Desarrollo Personal y Social 3 créditos					Gestión de Proyectos de Construcción I 3 créditos	Gestión de Proyectos de Construcción II 3 créditos	Gestión de Proyectos de Operación y Mantenimiento 3 créditos	Administración de Contratos 3 créditos	Gestión y Desarrollo Inmobiliario 3 créditos
		Química Aplicada 4 créditos	Tecnología del Concreto 3 créditos	Tecnología de Construcción I 3 créditos	Tecnología de Construcción II 3 créditos		Gerencia Estratégica / Strategic Management 3 créditos		
Lenguaje y Comunicación I 5 créditos	Lenguaje y Comunicación II 3 créditos		Taller de Creatividad e Innovación 2 créditos	Taller de Liderazgo 2 créditos	Marketing Estratégico / Strategic Marketing 3 créditos		Taller de Habilidades Gerenciales 3 créditos	Seminario de Investigación I 4 créditos	Seminario de Investigación II 4 créditos
Globalización y Realidad Nacional 4 créditos	Temas de Filosofía 3 créditos				Ingeniería Económica 2 créditos		Análisis Estructural I 4 créditos	Análisis Estructural II 3 créditos	
		Física I 4 créditos	Física Aplicada 4 créditos	Estática 4 créditos	Resistencia de Materiales I 4 créditos	Resistencia de Materiales II 4 créditos	Concreto Armado I 4 créditos	Concreto Armado II 3 créditos	Estructuras Metálicas y de Madera 3 créditos
Metodologías de Investigación 3 créditos	Procesos Sociales y Políticos 3 créditos	Ingeniería Gráfica I 3 créditos	Ingeniería Gráfica II 4 créditos	Arquitectura 4 créditos	Ingeniería Sanitaria 3 créditos	Ingeniería Electromecánica 3 créditos	Abastecimiento de Agua y Saneamiento 3 créditos	Concreto Preeforzado 3 créditos	Puentes 3 créditos
				Ingeniería Ambiental 3 créditos		Ética 2 créditos		Ingeniería Sísmorresistente 4 créditos	
		Geología 4 créditos	Topografía 3 créditos	Mecánica de Suelos I 4 créditos	Mecánica de Suelos II 4 créditos	Ingeniería de Transporte I 3 créditos	Ingeniería de Transporte II 3 créditos	Pavimentos 3 créditos	Túneles 3 créditos
Créditos obligatorios 20	Créditos obligatorios 20	Créditos obligatorios 22	Créditos obligatorios 21	Créditos obligatorios 21	Créditos obligatorios 21	Créditos obligatorios 22	Créditos obligatorios 18	Créditos obligatorios 15	Créditos obligatorios 10



- CERTIFICACIONES PARCIALES: BIM 3D , 4D y 5D.
- DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN VIRTUAL (BIM Manager).

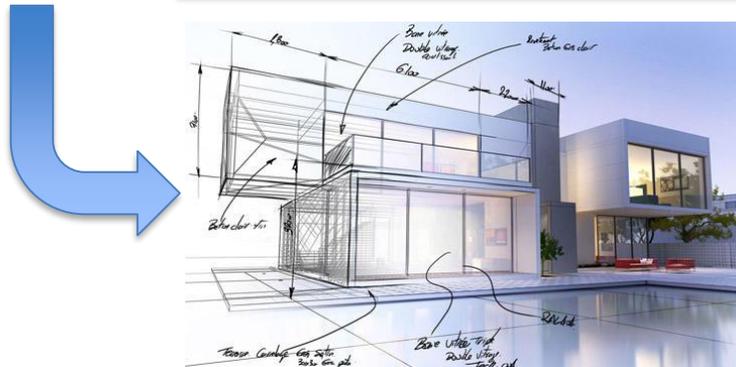


# Formación Académica Integral – BIM: Año 2

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV	NIVEL V	NIVEL VI	NIVEL VII	NIVEL VIII	NIVEL IX	NIVEL X
Matemáticas Básicas 5 créditos	Cálculo I 5 créditos	Cálculo II 4 créditos	Cálculo III para la Ingeniería Civil 4 créditos						
	Álgebra Lineal 3 créditos				Dinámica 4 créditos	Mecánica de Fluidos 4 créditos	Hidráulica de canales de irrigación 4 créditos	Hidrología 4 créditos	Ingeniería de los Recursos Hídricos 3 créditos
Metodologías de Investigación 3 créditos		Estadística 3 créditos		Programación Digital 3 créditos					
	Procesos Sociales y Políticos 3 créditos								
Desarrollo Personal y Social 3 créditos	Economía y Empresa 3 créditos	Organización de Empresas / Business Organization 3 créditos							
Lenguaje y Comunicación I 5 créditos	Lenguaje y Comunicación II 3 créditos								
Globalización y Realidad Nacional 4 créditos	Temas de Filosofía 3 créditos	Geología 4 créditos	Topografía 3 créditos	Medio Ambiente y Recursos Naturales 3 créditos	Diseño de Proyectos de Construcción 3 créditos				
		Ingeniería Gráfica I 3 créditos	Ingeniería Gráfica II 4 créditos	Mecánica de Suelos I 4 créditos	Mecánica de Suelos II 4 créditos				
		Física I 4 créditos	Física para Ingeniería Civil 4 créditos	Arquitectura 4 créditos	Instalaciones Sanitarias 3 créditos				
				Patología 4 créditos	Terminología y Materiales 4 créditos				
		Química para la Ingeniería Civil 4 créditos	Tecnología del Concreto 3 créditos	Tecnología de Construcción I 3 créditos	Tecnología de Construcción II 3 créditos				
Créditos obligatorios 20	Créditos obligatorios 20	Créditos obligatorios 22	Créditos obligatorios 21	Créditos obligatorios 21	Créditos obligatorios				

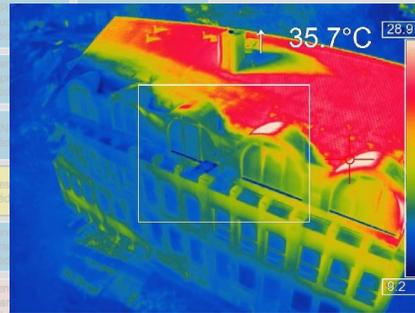
## Nivel III a IV:

- Herramientas de Modelado Arquitectónico;
- Superficies topográficas.



# Formación Académica Integral – BIM: Año 2

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV	NIVEL V	NIVEL VI
Matemáticas Básicas 5 créditos	Cálculo I 5 créditos	Cálculo II 4 créditos	Cálculo III para la Ingeniería Civil 4 créditos		
	Álgebra Lineal 3 créditos				
Metodologías de Investigación 3 créditos		Estadística 3 créditos		Programación Digital 3 créditos	
	Procesos Sociales y Políticos 3 créditos				
Desarrollo Personal y Social 3 créditos	Economía y Empresa 3 créditos	Organización de Empresas / Business Organization 3 créditos			
Lenguaje y Comunicación I 5 créditos	Lenguaje y Comunicación II 3 créditos				
Globalización y Realidad Nacional 4 créditos	Temas de Filosofía 3 créditos	Geología 4 créditos	Topografía 3 créditos	Medio Ambiente y Recursos Naturales 3 créditos	
		Ingeniería Gráfica I 3 créditos	Ingeniería Gráfica II 4 créditos	Mecánica de Suelos I 4 créditos	
		Física I 4 créditos	Física para Ingeniería Civil 4 créditos	Arquitectura 4 créditos	
		Química para la Ingeniería Civil 4 créditos	Tecnología del Concreto 3 créditos	Instalaciones Sanitarias 3 créditos	
				Instalaciones Eléctricas 3 créditos	
				Abastecimiento y Gestión de Energía 3 créditos	
				Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo 3 créditos	
Créditos obligatorios: 20	Créditos obligatorios: 20	Créditos obligatorios: 22	Créditos obligatorios: 21		



CÁMARA TÉRMICA:  
DJI ZENMUSE XT

## Nivel III a IV:

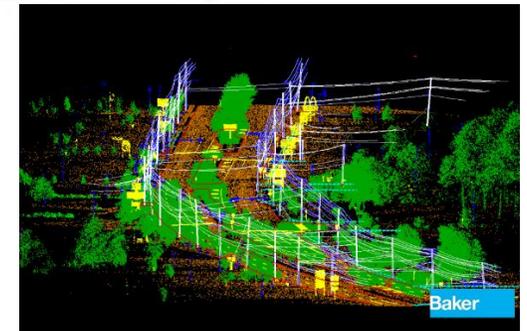
- Herramientas de Modelado Arquitectónico;
- Superficies topográficas.



MATRICE 600 PRO  
Tipo Hexacopter



PHANTOM 4  
Tipo Quadcopter



Lidar 3D - Puck Lite / Velodyne  
Clasificación de laser: Clase 1

Contribuir e impulsar el **desarrollo tecnológico y económico** de nuestro país:

- Formación académica de calidad.
- Empleando conocimientos y experiencias en **soluciones sostenibles, creativas e innovadoras** para mejorar el bienestar de la **sociedad**.

**Muchas Gracias**