

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

---

---

**“SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA BASADOS EN LA  
TECNOLOGÍA DE DRONES APLICADO EN EL ÁREA DE CATASTRO  
ARQUEOLÓGICO DEL MINISTERIO DE CULTURA SEDE CUSCO-  
2015”**

---

---

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:** BR. WALTER AMÉZQUITA JIMÉNEZ

**ASESOR:** MGT. JOSÉ LUIS VALENCIA VILA

CUSCO – PERU

2016

---

*Esta tesis se la dedico a Dios, por protegerme y permitirme cumplir una nueva meta. A la memoria de mi tío, José Jiménez, quien me incentivo siempre a seguir adelante con este proyecto de profesionalización. A mis padres, que con su exigencia me alentaron a seguir adelante. A mis familiares. A mi esposa y mis hijos preciosos que son el motor de mi vida y la razón fundamental de proponer y alcanzar nuevas metas. A todos, por su inmenso amor e incansable apoyo.*

## AGRADECIMIENTO

*Con profundo agradecimiento a mi asesor quien me oriento en la realización del presente trabajo de investigación y Mi reconocimiento a los Docentes de esta Universidad Alas Peruanas por la formación académica recibida y por el aporte invaluable a mi formación profesional.*

## RESUMEN

La presente Tesis para optar el título de Ingeniero Civil

### **“SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA BASADOS EN LA TECNOLOGÍA DE DRONES APLICADO EN EL AREA DE CATASTRO ARQUEOLÓGICO DEL MINISTERIO DE CULTURA SEDE CUSCO-2015”**

La muestra del estudio estuvo conformada por 25 trabajadores de la Coordinación de Catastro y Saneamiento Físico Legal del Área Funcional de Patrimonio Arqueológico de la Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco del Ministerio de Cultura, en adelante Ministerio de Cultura sede Cusco. En el análisis estadístico se realizó la medición sobre la aplicación del sistema de información geográfica y sobre el conocimiento tecnológico de vehículos aéreos no tripulados (en adelante los denominaremos drones) en la Coordinación de Catastro de la citada entidad pública, los resultados hicieron que sea válida y confiable la muestra estudiada, siendo el problema de la presente tesis y que exige responder la siguiente interrogante: ¿Es aplicable en el Área de Catastro Arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco el sistema de información geográfica basado en la tecnología de drones para la identificación y registro de patrimonio arqueológico en la región del Cusco?. Para absolver la interrogante, se plantea como objetivo aplicar el sistema de información geográfica integral basado en la tecnología digital de drones, acorde a los avances, para posibilitar al Área de Catastro Arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco en la identificación y registro del patrimonio arqueológico en la región del Cusco. De la aplicación de los instrumentos de recolección de datos se posibilita la validación de la presente Hipótesis: He podido demostrar que a través del Modelo Estadístico utilizado se llegó a la **Conclusión General**, como resultado de la contrastación de la hipótesis general mediante el siguiente enunciado: “...*Esta investigación ha demostrado que se puede aplicar el sistema de información geográfica*

integral actualizada basado en la tecnología digital de drones, acorde a los avances, que pueda posibilitar al Área de Catastro Arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco, la identificación y registro del patrimonio arqueológico; y ante ello se recomienda esté dirigida a los trabajadores del Área de Catastro, quienes están directamente involucrados con las labores de identificación y registro del patrimonio arqueológico, garantizando además, capacitaciones constantes en la aplicación de la nueva tecnología de drones que les permita cumplir y ampliar las metas físicas trazadas anualmente respecto a la identificación y registro del patrimonio arqueológico.

**PALABRAS CLAVE:** sistema de información geográfica, tecnología de Drones.

## SUMMARY

This Thesis for the title of Civil Engineer

"GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM BASED ON TECHNOLOGY APPLIED DRONES IN THE AREA OF ARCHAEOLOGICAL CATASTRO CULTURE MINISTRY OF HEADQUARTERS CUSCO 2016"

The study sample consisted of 25 workers land area of the Ministry of Culture of Cusco.

In the statistical analysis measurement was done in the geographic information system and technological knowledge of the Drones applied to the area of land the Ministry of Culture, the results made is valid and reliable for the studied sample. The problem in this thesis requires answering the following question: Is applicable system updated comprehensive geographic information based on digital technology chord appropriate drones to advances that may facilitate the demarcation of land archaeological area the Ministry of Culture headquarters Cusco. The general objective, is: apply the geographic information system based on technology applied drones in the area of archaeological land the Ministry of Culture headquarters Cusco- 2015. The general hypothesis: You can apply the system updated comprehensive geographic information based on digital technology chord appropriate drones to advances that may facilitate the demarcation of land archaeological area the Ministry of Culture headquarters Cusco. The application instrument is validation of this hypothesis: I have been able to demonstrate that through the used statistical model came to the general conclusion, as a result of the testing of general hypotheses by the following statement: "... This research has shown can apply the system of integrated geographic information updated

based on the drones' appropriate digital technology according to the advances that can enable the delimitation of the archaeological area of land the Ministry of Culture headquarters Cusco ... The recommendation is aimed at workers in the area of land that are directly involved with the use of new technology system Drones so they can have a constant training and good preparation for them to use properly the tasks entrusted to them.

**KEYWORDS:** GIS, technology Drones

## **INDICE**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>PRESENTACIÓN</b>                                   | <b>01</b> |
| <b>CAPÍTULO I</b>                                     |           |
| <b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>                     | <b>02</b> |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA                         | 02        |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA                         | 03        |
| <b>PROBLEMA GENERAL</b>                               | <b>03</b> |
| <b>PROBLEMA ESPECÍFICO</b>                            | <b>03</b> |
| 1.3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN                     | 04        |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL                               | 04        |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS                          | 04        |
| 1.3.3. HIPÓTESIS GENERAL                              | 05        |
| 1.3.4. HIPÓTESIS ESPECÍFICA                           | 05        |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN                | 06        |
| 1.5. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA                        | 07        |
| <b>CAPÍTULO II</b>                                    |           |
| <b>MARCO TEÓRICO</b>                                  | <b>08</b> |
| 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN                  | 08        |
| 2.2 BASE LEGAL  | 10        |
| 2.3 BASE TEÓRICA                                      | 10        |
| 2.4 VARIABLE DE ESTUDIO                               | 15        |
| <b>CAPÍTULO III</b>                                   |           |
| <b>MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN</b>                     | <b>16</b> |
| 3.1 TIPO DE INVESTIGACION                             | 16        |
| 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA                               | 17        |
| 3.3 RECURSOS EXISTENTES                               | 17        |
| 3.4 APORTES PARA LA CREACIÓN DE OFICINA ESPECIALIZADA | 17        |

## **CAPÍTULO IV**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INGENIERÍA DEL PROYECTO</b>                               | <b>18</b> |
| <b>4.1 APLICACIÓN Y APORTES A LA INGENIERÍA</b>              | <b>18</b> |
| <b>4.2 UBICACIÓN ZONA MONUMENTAL TETEQAQA</b>                | <b>30</b> |
| <b>4.3 UBICACIÓN ZONA MONUMENTAL MUYUKMARKA</b>              | <b>38</b> |
| <b>4.4 TIPOS DE DRONES</b>                                   | <b>45</b> |
| <b>4.5 LOS DRONES Y SUS APLICACIONES</b>                     | <b>49</b> |
| <b>4.6 EQUIPO GEODESICO</b>                                  | <b>51</b> |
| <b>4.7 USO COMBINADO DE LOS SISTEMAS GPS Y GLONAS</b>        | <b>60</b> |
| <b>4.8 EQUIPO GEODESICO R-7 TRIMBLE</b>                      | <b>71</b> |
| <b>4.9 ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL GPS DIFERENCIAL</b>     | <b>74</b> |
| <b>4.10 TRATAMIENTO DE LAS FOTOGRAFÍAS</b>                   | <b>76</b> |
| <b>4.11 PROCESO DE FILTRADO</b>                              | <b>78</b> |
| <b>4.12 TRATAMIENTO DE IMAGEN POR PROCESAMIENTO DE PUNTO</b> | <b>82</b> |
| <b>4.13 PROCESOS DE TRATAMIENTOS DE FOTOS</b>                | <b>83</b> |
| <b>4.14 PROCESOS DEL SOFTWARE</b>                            | <b>98</b> |

## **CAPÍTULO V**

|  |            |
|--|------------|
| <b>CREACION DE UNA OFICINA ESPECIALIZADA</b>                     | <b>118</b> |
| <b>5.1 APORTES PARA LA CREACION DE UNA OFICINA ESPECIALIZADA</b> | <b>118</b> |
| <b>5.2 ASPECTOS ADMINISTRATIVOS</b>                              | <b>119</b> |

## **CAPÍTULO VI**

|  |            |
|--|------------|
| <b>PRESENTACIÓN, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> | <b>123</b> |
| <b>6.1 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS A PROBAR</b>                    | <b>123</b> |
| <b>CONCLUSIONES</b>  | <b>132</b> |
| <b>RECOMENDACIONES</b>                                       | <b>133</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>  | <b>134</b> |

## **ANEXOS**

## **PRESENTACIÓN**

SEÑORA COORDINADORA DE LA ESCUELA ACADEMICA  
PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD ALAS  
PERUANAS FILIAL CUSCO

SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO:

En cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Alas Peruanas filial Cusco, cumpla en presentar el proyecto de investigación intitulado “SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA BASADOS EN LA TECNOLOGIA DE DRONES APLICADO EN EL AREA DE CATASTRO ARQUEOLOGICO DEL MINISTERIO DE CULTURA SEDE CUSCO-2015” con el objeto de optar al Título Profesional de Ingeniería Civil.

La presente investigación se desarrollará de acuerdo al esquema de la metodología de la investigación. La parte relevante de la Investigación es el orden metodológico que está planteado desde el título, formulación del problema, objetivos y las hipótesis planteadas.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.6. Descripción del problema

La región del Cusco cuenta con innumerable evidencia arqueológica, que para su conservación y ser parte del patrimonio cultural de la nación debe ser identificado, registrado, investigado, intervenido y puesto en valor, para lo cual la legislación peruana es profusa en materia de protección y preservación del patrimonio cultural de la Nación, en particular del patrimonio arqueológico, labor que está a cargo del Ministerio de Cultura. Es en ese entender se tiene que:

- El Art. 21º de la Constitución Política del Perú (1993), señala que *“los yacimientos y restos arqueológicos expresamente declarados bienes culturales, y provisionalmente los que se presumen como tales, son patrimonio cultural de la Nación”*.
- El Art. 19º de la Ley N° 28296, Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación, señala que el INC está encargado *“de la identificación, inventario, inscripción, registro, investigación, protección, conservación, difusión y promoción de los bienes integrantes del Patrimonio Cultural de la Nación de su competencia”*.

Es así, que el Ministerio de Cultura, a través de la Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco y esta a su vez mediante el Área de Catastro, es responsable de identificar y registrar las evidencias arqueológicas o restos arqueológicos en la región del Cusco mediante la implementación del Sistema de Información Geográfica, utilizando los datos recolectados de herramientas como el GPS Navegador, Estación Total y otros; sin embargo, existe la problemática respecto a la protección de las evidencias arqueológicas por el uso de estas herramientas y al lento avance del registro e identificación de los restos arqueológicos, ya que sólo el 11% de esta evidencia arqueológica ha sido catastrada

(identificada y registrada)<sup>1</sup>, quedando un gran porcentaje, correspondiente al 89%, aún sin registrar, consecuentemente, tampoco intervenido, corriendo el riesgo de perder su valor y hasta extinguirse. No obstante, es importante la aplicación de nuevas tecnologías como el uso de Drones para poder obtener datos con la misma o mejor precisión sin poner en riesgos las evidencias arqueológicas y mejor aún agilizar el avance de su identificación y registro.

## **1.7. Formulación del problema**

### **1.7.1. Problema general**

¿Es aplicable el sistema de información geográfica integral actualizada basado en la tecnología digital de drones apropiado acorde a los avances que pueda posibilitar la delimitación del área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco?

### **1.7.2. Problemas específicos**

¿Cuál es la percepción de la ubicación geográfica basados en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015?

¿Cuáles son las entradas de información geográfica basados en la tecnología de drones diseñados en los transectos de acuerdo a la aplicación en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015?

¿Cuáles son los post procesos de información geográfica basados en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015?

---

<sup>1</sup> Fuente: Coordinación de Catastro Arqueológico y Saneamiento Físico Legal del Área Funcional de Patrimonio Arqueológico de la Sub Dirección Desconcentrada de Patrimonio Arqueológico y Defensa del Patrimonio Arqueológico de la Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco del Ministerio de Cultura.

¿Cómo es el almacenamiento de información geográfica obtenida de la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015?

¿Cómo es el procesamiento de información geográfica obtenida de la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015?

¿De qué manera se aplica la tecnología de drones para la construcción de un sistema de información geográfica en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015?

## **1.8. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Aplicar el sistema de información geográfica basado en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Aplicar la tecnología de Drones para la construcción de un sistema de información geográfica en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.

Determinar la aplicación de la información geográfica basados en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.

Determinar la administración de información geográfica basados en la tecnología de dones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.

Realizar y precisar la información geográfica basada en la tecnología de dones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.

Obtener y analizar la información geográfica basada en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.

Describir las entradas de información geográfica basados en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.

Describir el almacenamiento de información geográfica obtenida de la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.

### **1.3.3 Hipótesis de la Investigación**

Se puede aplicar el sistema de información geográfica integral actualizada basado en la tecnología digital de drones apropiado acorde a los avances que pueda posibilitar, al área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco, la identificación y registro de la evidencia arqueológica.

#### **1.3.3.1 Hipótesis Específica**

Se aplica el sistema de información geográfica integral actualizada basado en la tecnología digital de drones apropiado acorde a los avances para posibilitar al área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco en la identificación y registro de la evidencia arqueológica.

Es perceptible de la ubicación geográfica basados en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.

Se realiza las entradas de información geográfica basados en la tecnología de drones diseñados en los transectos de acuerdo a la aplicación en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.

Se realiza el post proceso de información geográfica basados en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.

Se almacena la información geográfica obtenida de la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.

Se aplica el procesamiento de información geográfica obtenida de la tecnología de drones en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.

### **1.9. Justificación de la investigación**

Es justificable, puesto que la tecnología actual de drones beneficia directamente al Área de catastro del Ministerio de Cultura Sede Cusco, porque se contará con información mucho más precisa para poder desarrollar proyectos relacionados al Ministerio de Cultura a nivel nacional.

Se realizó el estudio para conocer métodos y parámetros de la aplicación de la tecnología de drones que es novedosa e importante por su precisión y porque en su utilización preserva los restos arqueológicos necesarios para la región Cusco.

Es importante para la Universidad Alas Peruanas, ya que contribuirá en la realización de uno de sus fines que la investigación científica y la extensión universitaria en beneficio de la región Cusco y del país.

También mediante este estudio facilitaremos a la población y profesionales involucrados en la ingeniería, el tener mayor conocimiento para ejercer su labor de orientador, desarrollar y ejecutar programas para el desarrollo de nuevos proyectos a fin de preparar a los nuevos profesionales para la vida futura en su búsqueda del éxito personal.

## **1.5 Delimitación del Problema**

### **1.5.1. Delimitación espacial**

La presente investigación se realizó en el Área de Catastro del Ministerio de Cultura sede Cusco.

### **1.5.2. Delimitación temporal**

La presente investigación se realizó en el periodo comprendido entre el periodo anual del 2015 al 2016.

### **1.5.3. Delimitación conceptual**

La delimitación conceptual estuvo delimitada en las teorías y conceptos de Sistemas de información geográfica y Tecnología de Drones, contemplados en libros y páginas web que se usaron para desarrollar las bases teóricas y el marco conceptual.

### **1.5.4. Delimitación social**

Para el presente trabajo de investigación se tomaron como unidades de estudio el personal del Área de Catastro del Ministerio de Cultura sede Cusco.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la Investigación**

##### **Antecedente 01**

Autor: JUAN ERASMO PINEDA RODRÍGUEZ

Tesis: USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA INGENIERÍA CIVIL

Universidad: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Año: 2012

Conclusiones:

Los Sistemas de Información Geográfica han demostrado ser una herramienta excepcional en el manejo de información espacial, su participación en las distintas tareas de la ingeniería civil han puesto en evidencia su potencialidad, obteniéndose de estos, resultados muy satisfactorios. Sin embargo, a la fecha la potencialidad de estos sistemas no ha sido explotada a su máxima capacidad, por una parte, debido al poco interés por parte de los ingenieros y por otra tal vez a la falta de conocimiento de sus alcances. Por ello es que el objetivo primordial de este trabajo es mostrar algunos de los usos de estos sistemas en los diferentes campos de acción de la ingeniería civil. Esperando lograr el interés de una mayor población de estos profesionistas mostrando que los Sistemas de Información Geográfica pueden ser una muy buena alternativa en la generación de soluciones.

##### **Antecedente 02**

Autor: ULISES MENA HERNÁNDEZ

Tesis: APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA INGENIERÍA CIVIL

Universidad: UNIVERSIDAD POPULAR AUTÓNOMA DEL ESTADO DE PUEBLA

Año: 2002

Conclusiones:

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han demostrado ser una herramienta valiosa para la administración, consulta, visualización y análisis de datos y por ende para su aplicación en temas relacionados con la Ingeniería Civil. Las aplicaciones elaboradas en los proyectos mencionados se están utilizando para los fines solicitados, en donde incluso se está trabajando en nuevas aplicaciones, como es el manejo de mapas de viento, análisis de riesgos por huracanes, etc. Finalmente, estos proyectos sólo han permitido vislumbrar el amplio rango de aplicaciones que tienen los SIG.

### **Antecedente 03**

Autor: FELICIANO ADRIAN BERDILLANA RIVERA

Tesis: TECNOLOGIAS INFORMATICAS PARA LA VISUALIZACION DE LA INFORMACION Y SU USO EN LA CONSTRUCCION -LOS SISTEMAS 3D INTELIGENTE

Universidad: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Año: 2008.

Conclusiones:

Las tecnologías informáticas para la visualización de la información en arquitectura, ingeniería y construcción están produciendo resultados favorables que evidencian técnica, calidad y progresivamente un menor tiempo de ejecución. Los estudios sobre la integración de medios digitales, de manera general, se inscriben en los procesos que se hallan dentro de las áreas de la visualización, automatización, diseño, fabricación digital, productividad. En diferentes partes del mundo, la integración de medios digitales en las profesiones ha sido gradual, progresiva y sin resistencia al cambio. Por el contrario, en la industria de

la construcción, ha significado realizar grandes cambios en la estructura y en la cultura de las organizaciones, cambios que en nuestro país aún estamos intentando entender y asimilar.

## **2.2 Base Legal**

- El Art. 21º de la Constitución Política del Perú (1993), señala que “los yacimientos y restos arqueológicos... expresamente declarados bienes culturales, y provisionalmente los que se presumen como tales, son patrimonio cultural de la Nación”.
- El Art. 19º de la Ley N° 28296, Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación, señala que el INC está encargado “de la identificación, inventario, inscripción, registro, investigación, protección, conservación, difusión y promoción de los bienes integrantes del Patrimonio Cultural de la Nación de su competencia”.
- De acuerdo a la Resolución Viceministerial N° 003-2013-VMPCIC-MC de fecha 16 de enero del 2013, que indica que se debe de presentar en el sistema World Geodetic System 1984 WGS – 84, todos los expedientes de delimitación arqueológica.

## **2.3 Base Teórica**

### **2.3.1. Sistemas de Información geográfica**

#### **2.3.1.1. Concepto**

El término Sistema de Información Geográfica (SIG) engloba la integración de áreas muy diversas, por eso no existe una única definición de SIG totalmente consensuada.

Un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelados, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión.

Un SIG integra hardware, software y datos para capturar, gestionar, analizar y mostrar todas las formas de información geográficamente referenciada. Sobre un SIG es posible ver, comprender, cuestionar, interpretar y visualizar de datos de muchas maneras para revelar las relaciones, los patrones y tendencias en forma de mapas, globos terráqueos, informes y gráficos.

### **2.3.1.2. Elementos de un SIG**

#### **A. Hardware**

CPU, unidades de memoria.

Unidades de entrada de datos: digitalizador, escáner, imágenes de satélites, etc.

Unidades de salida: pantalla, plotter, impresoras, etc.

#### **B. Software. Principales módulos del software:**

Entrada y verificación de datos.

Almacenamiento y gestión de las bases de datos.

Salida, presentación y visualización de datos.

Transformación de datos.

Interacción con el usuario = preguntas. Generación de informes. Creación de nuevos datos y nueva cartografía, transformaciones.

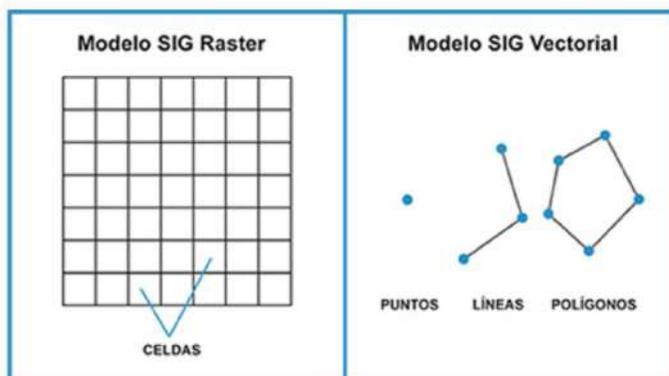
#### **C. Bases de datos.**

#### **D. Equipo humano.**

### **2.3.1.3. Tipos de Sistemas de Información Geográfica**

La mayoría de los elementos que existen en la naturaleza pueden ser representados mediante formas geométricas (puntos, líneas o polígonos, esto es, vectores) o mediante celdillas con información (raster). Son formas de ilustrar el espacio intuitivo y versátil, que ayudan a comprender mejor los elementos objeto de estudio según su naturaleza.

En función de la forma de representar el espacio de la que hacen uso podemos clasificar los SIG en dos grandes modelos o formatos:



Modelo raster y modelo vectorial.

Fuente: Elaboración Propia

La elección de un modelo u otro dependerá de si las propiedades topológicas son importantes para el análisis. Sí es así, el modelo de datos vectorial es la mejor opción, pero su estructura de datos, aunque muy precisa, es mucho más compleja y esto puede garantizar el proceso. Por ello, si el análisis que nos interesa no requiere acudir a las propiedades topológicas, es mucho más rápido, sencillo y eficaz el uso del formato raster.

También es más fácil decantarse por una estructura de datos vectorial cuando hay que reflejar más de un atributo en un mismo espacio. Usar un formato raster nos obligaría a crear una capa distinta para cada atributo.

## 2.3.2. Vehículo aéreo no tripulado - Drone

### 2.3.2.1. Concepto de Drone

La denominación "vehículo aéreo no tripulado", de siglas «VANT», proviene del inglés *Unmanned Aerial Vehicle*, de siglas *UAV*. Es también muy usada la denominación «sistema aéreo no tripulado», de *Unmanned Aerial System* y de siglas *UAS*.

Más extendido es el término **drón**, recogido en la 23ª edición del *Diccionario de la lengua española*, derivado por asimilación del inglés *drone*, que literalmente

significa zángano, siendo su forma plural regular *drones*. Al tratarse de una adaptación al español, no es preciso destacarla con cursivas ni comillas. Con este término se designa a diversos tipos de vehículos aéreos no tripulados. En una primera etapa, este término aludía a aparatos básicamente de uso militar y con aspecto similar al de un avión, por lo que se extendió como alternativa al término procedente del inglés la expresión «avión no tripulado», que puede considerarse adecuada en muchos casos. No obstante, en los últimos tiempos han surgido otros vehículos que no guardan apenas semejanza con los aviones. Para ellos pueden emplearse expresiones más genéricas como «vehículos aéreos no tripulados» o «robots voladores», según los casos. Si, en todo caso, se prefiere utilizar el término original en inglés *drone* (terminado en "e"), lo apropiado es resaltarlo en cursiva o entre comillas por tratarse entonces de un extranjerismo no adaptado. (1).

### **2.3.2.2. Aplicaciones de los drones en la Ingeniería Civil**

La cartografía es una técnica que interpreta, analiza y representa gráficamente parte o todo de la superficie de un astro. Desde la antigüedad se ha elaborado la cartografía del terreno para simplificar los elementos que en él intervienen. Pero, hoy en día se ha incrementado la demanda y disponibilidad de los datos espaciales, por lo que se hace necesaria la obtención de datos a una escala de tiempo y espacio reducida. Los instrumentos utilizados para representar la cartografía han pasado del papel a lo digital, propiciado por una mejora de la tecnología. Los Sistemas Aéreos remotamente pilotados (RPAS en sus siglas en inglés) popularmente conocidos como drones, en los últimos años, se han convertido en unas herramientas de obtención de información muy útil y eficaz que ahorra tiempo, reduce los costos y genera resultados muy satisfactorios.

Los datos espaciales adquiridos serán la base de los diversos procesos que servirán para elaborar la cartografía deseada.

Para el manejo de los datos y la elaboración de la cartografía se utilizan tres tipos de programas:

- Los programas orientados al **Diseño Asistido por Ordenador (CAD)**, que son herramientas de diseño capaces de generar dibujos 2D y modelados 3D, que se basan en objetos geométricos vectoriales como líneas, puntos, arcos y polígonos.
- Los programas de **Sistemas de Información Geográfica**, permiten combinar y relacionar diferentes elementos georreferenciados en el espacio.
- Programas para **Teledetección** que además de captar imágenes aéreas georreferenciadas permiten recoger imágenes de diferentes bandas del espectro electromagnético. Esto quiere decir que, se obtiene información de la superficie que a simple vista no se podría captar ya que nuestros ojos solo permiten ver el espectro visible.

Dependiendo del procesamiento informático que se haga en cada una de las bandas espectrales se mostrarán unos elementos u otros.

Una herramienta básica para elaborar la cartografía es la **fotogrametría**, que permite medir sobre fotografías con las que se puede determinar las propiedades geométricas de los objetos y las situaciones espaciales a partir de imágenes fotográficas. Si se trabaja con una foto se puede obtener información en primera instancia de la geometría del objeto, es decir, información bidimensional. Si se trabaja con dos fotos, en la zona común a éstas (zona de solape) se podrá tener visión estereoscópica, o dicho de otro modo, información tridimensional. Básicamente, es una técnica de medición de coordenadas 3d, que utiliza fotografías u otros sistemas de percepción remota junto con puntos de referencia topográficos sobre el terreno, como medio fundamental para la medición.

## 2.4. Variable de estudio

### a. Variable

Sistema de Información geográfica

| Variables |  | Dimensiones                              |
|-----------|--|--|
| Variable  | Sistemas de información geográfica basado en la tecnología de Drones | Entradas de información geográfica       |
|           |  | Almacenamiento de información geográfica |
|           |  | Procesamiento de información geográfica  |
|           |  | Salida de información geográfica         |

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicativa, así como explica (CARRASCO DIAZ, 2013), "se distingue por tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad".

El tipo de investigación requerido para el presente trabajo, será aplicada o fáctica, porque el objeto de la investigación es una parte de la realidad concreta que se da en el tiempo y ocupa espacio: Aplicar y usar la tecnología de drones para los sistemas de información geográfica en el Área de catastro del Ministerio de Cultura sede Cusco.

#### **3.2 Nivel de investigación**

El nivel de investigación fue experimental, que (CARRASCO DIAZ, 2013), "se realiza luego de conocer las características del fenómeno o hecho que se investiga (variables) y las causas que ha determinado que tenga tales y cuales características, es decir, conociendo los factores que han dado origen al problema, entonces, ya se le puede dar un tratamiento metodológico. En este nivel se aplica un nuevo sistema, modelo, tratamiento, programa, método o técnicas para mejorar y corregir la situación problemática, que ha dado origen al estudio de investigación".

#### **3.3 Método de investigación**

Los métodos de investigación que se utilizarán serán:

- Método descriptivo
- Método analítico
- Método sintético

### **3.4 Población y muestra**

La población materia de la investigación estará formado por 25 personas entre arqueólogos, topógrafos, ingenieros, antropólogos e historiadores, que laboran en el Área de catastro del Ministerio de Cultura sede Cusco.

### **3.5 Técnicas e instrumentos y recolección de datos**

Técnicas:

En la siguiente investigación se utilizará la encuesta como técnica de recolección de datos.

Instrumentos:

El instrumento que se utilizará será el cuestionario para ser aplicado a los objetos de la investigación.

### **3.6 Procedimiento de recolección de datos**

Para el procesamiento de la información se utilizará una computadora, la hoja de datos Excel y el programa SPSS V20 para la tabulación.

### **3.7 Recursos Existentes**

Los recursos existentes están en base a la tecnología utilizada para obtener la información necesaria, como son los drones.

## **CAPÍTULO IV**

### **INGENIERÍA DEL PROYECTO**

#### **4.1 Aportes y Aplicaciones a la Ingeniería**

Según (David Saenz Paredes, 2015) se tiene las siguientes aplicaciones:

##### **4.1.2 Aplicaciones Cartográficas**

La cartografía es una técnica que interpreta, analiza y representa gráficamente parte o todo de la superficie de un astro, en tiempos antiguos se ha elaborado la cartografía del terreno para simplificar los elementos que en él intervienen; pero hoy en día se ha incrementado la demanda y disponibilidad de los datos espaciales, por lo que se hace necesaria la obtención de datos a una escala de tiempo y espacio reducido. Los instrumentos utilizados para representar la cartografía han pasado del papel a la cartografía digital, propiciado por una mejora de la tecnología, los sistemas aéreos remotamente pilotados (RPAS en sus siglas en inglés) popularmente conocidos como drones, en los últimos años, se han convertido en unas herramientas de obtención de información muy útil y eficaz que ahorra tiempo, reduce los costes y genera resultados muy satisfactorios. Los datos espaciales adquiridos serán la base de los diversos procesos que servirán para elaborar la cartografía deseada, para el manejo de los datos se deberán utilizar tres tipos de programas: los programas orientados al Diseño Asistido por Ordenador (CAD), que son herramientas de diseño capaces de generar dibujos 2D y modelados 3D, que se basan en entidades geométricas vectoriales como líneas, puntos, arcos y polígonos.

Los programas de Sistemas de Información Geográfica, permiten combinar y relacionar diferentes elementos georreferenciados en el espacio, como los programas para la teledetección, que además de captar imágenes aéreas georreferenciadas permiten recoger imágenes de diferentes bandas del espectro electromagnético. Esto quiere decir, que se obtiene información de la superficie que a simple vista no se podría captar

ya que nuestros ojos solo permiten ver el espectro visible. Dependiendo del procesamiento informático que se haga en cada una de las bandas espectrales se mostrarán unos elementos u otros.

Una herramienta básica para elaborar la cartografía es la fotogrametría. Esta permite medir sobre fotografías con las que se puede determinar las propiedades geométricas de los objetos y las situaciones espaciales a partir de imágenes fotográficas. Si se trabaja con una foto se puede obtener información en primera instancia de la geometría del objeto, es decir, información bidimensional. Si se trabaja con dos fotos, en la zona común a éstas (zona de solape), se podrá tener visión estereoscópica, o dicho de otro modo, información tridimensional. Básicamente, es una técnica de medición de coordenadas 3D, que utiliza fotografías u otros sistemas de percepción remota junto con puntos de referencia topográficos sobre el terreno, como medio fundamental para la medición.

La fotointerpretación es otra herramienta muy útil para realizar la cartografía de un área, ya que permite determinar los elementos que intervienen en el terreno. Para ello, es necesario realizar un trabajo de campo para tener claro cuáles son los objetos y elementos que se desean cartografiar, descartando aquellos que provocan confusión en el resultado final.

La tecnología GNSS (Global Navigation Satellite System), cuyo sistema más conocido es el GPS (Global Positioning System), permite determinar las coordenadas de cualquier punto de la superficie terrestre con gran precisión. Este sistema tiene una importancia bastante significativa en lo que concierne a la cartografía, que es poder localizar de una forma precisa los elementos que se pretenden digitalizar y no cometer errores en cuanto a la posición de estos en el espacio.

#### 4.1.2 Obtención de Datos

Las nuevas herramientas tecnológicas permiten obtener datos con una resolución temporal reducida y con una alta resolución espacial, tanto de fotografías como de puntos. El proceso de obtención de los datos pasa a ser desde el proceso de imágenes planas 2D a imágenes en 3D. Para ello se utiliza la técnica de la estereoscopía.

Las imágenes tomadas desde un RPAS son sub ortogonales, ya que rara vez son totalmente ortogonales y de hecho no es necesario que lo sean, ni tampoco se busca como objetivo. La precisión de los GPS de abordo son de varios metros (incluso 10 - 20 m), por lo que las precisiones de centímetros del trabajo final han de obtenerse mediante puntos de control en el terreno. Estos puntos de control deben de repartirse homogéneamente sobre el territorio objeto de estudio, para obtener el mínimo error posible, además de realizar un reconocimiento del terreno para identificar las formas y elementos característicos del territorio.

La elección de la escala es fundamental, la escala apropiada será la que permita ver todos los elementos deseados claramente. Aun así, a la hora de realizar el vuelo, la altura del dispositivo no debe de ser muy elevada, siendo siempre por debajo de los 120 m para poder operar dentro del margen de la legalidad conforme a la normativa en vigor en España para el uso de RPAS. Dependiendo de los objetivos que se quieran alcanzar, la captura de fotografías puede ser desde cámaras digitales convencionales, con una focal fija o una cámara multiespectral que capte la radiación en otras bandas del espectro electromagnético. Todas deben de cumplir con una calibración de fábrica que por cuestiones de humedad y temperatura pueden variar.

Otro punto importante en la toma de datos son las condiciones atmosféricas, las cuales afectan en gran medida ya que puede provocar errores en la captación de los datos. Por ello, es fundamental la formación de los pilotos de RPAS y en los manuales de los operadores de RPAS disponer de procedimientos de vuelo condicionados a la meteorología, es

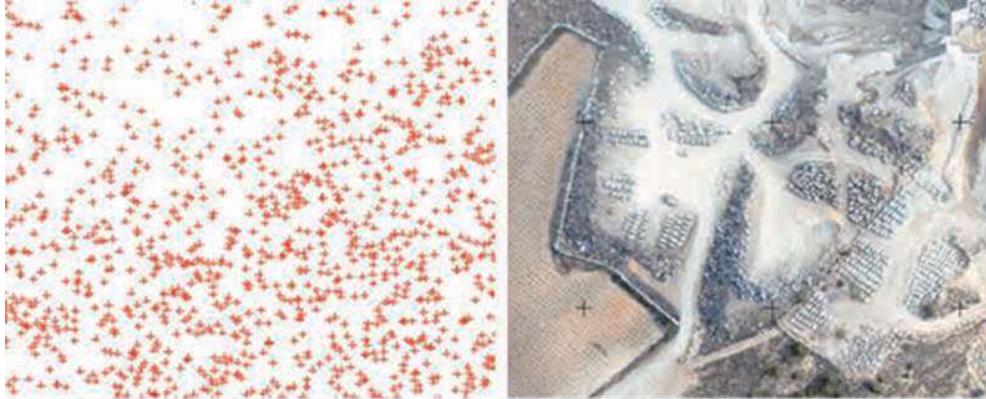
necesario recordar que los RPAS son equipos de unos pocos kg de peso que son muy vulnerables a los vientos y condiciones meteorológicas. Una climatología adversa, fuera de provocar un fallo de seguridad en el vuelo con consecuencias poco predecibles, puede provocar cambios de posición de la RPAS pudiendo variar la posición de disparo de la fotografía que podría alterar el resultado llegando a hacerlo técnicamente incorrecto.

Es importante a la hora de realizar el vuelo, seguir las indicaciones del manual del operador donde se indican las calibraciones y comprobaciones necesarias de todos los sistemas, con el fin de minimizar los errores y asegurar la calidad de los resultados.

Algunos de los errores intrínsecos de la tecnología de uso de los RPAS en aplicaciones cartográficas solamente pueden ser corregidos mediante el uso de puntos de control en tierra, de coordenadas conocidas. Algunos de estos puntos se utilizan para calibración y otros para comprobación de resultados.

#### **4.1.3. Proceso de Gabinete**

Una vez recogidos los datos se exportan a software especializados capaces de realizar procesamientos fotogramétricos y el posterior tratamiento de estos, creando una nube de puntos con coordenadas x, y, z, un modelo digital del terreno y composición de una ortoimagen georeferenciada. Existen programas como Photoscan o Pix 4D que se encargan de generar un modelo con el conjunto de los datos obtenidos. Para procesar los datos, previamente debe de conocerse el sistema de coordenadas que se ha utilizado en el proceso de captación de datos y de forma muy recomendable la posición de cada una de las fotografías que se incorporen al proceso. Si las coordenadas son locales, se deberá configurar previamente el software para no producir deformaciones en los resultados.



**Fig. Nube de puntos y orto imagen en alta resolución espacial**

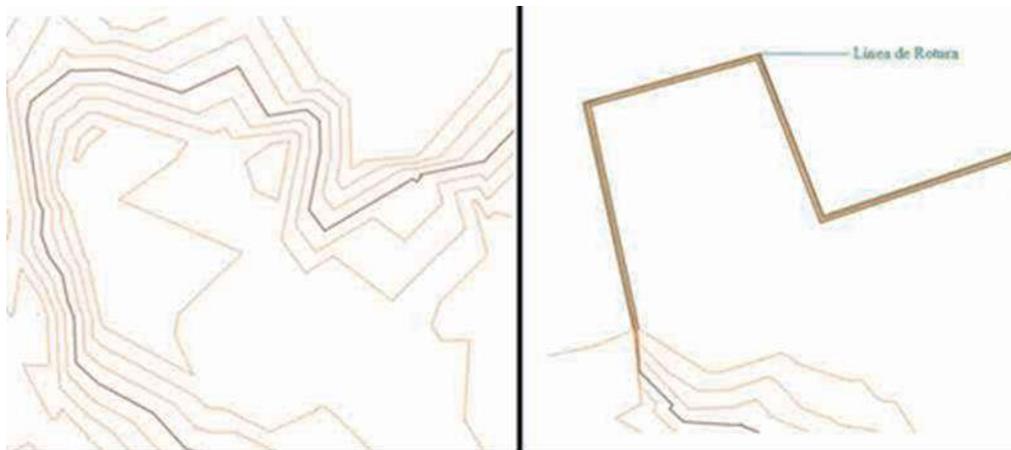
El conjunto de los registros con las coordenadas x, y, z, se denomina nube de puntos. Según la resolución con la que se quiera trabajar se puede crear una nube de puntos más o menos densa; cuantos más puntos, mayor información y mayor detalle, cuanto menos puntos menor resolución espacial. Esta nube de puntos permite realizar superficies y con ello analizar el terreno. Las superficies se crean a partir de un método de triangulación que genera el modelo digital de superficie (DSM por sus siglas en inglés), y mediante técnicas de filtrado y algoritmos de programación, el modelo digital del terreno (DTM por sus siglas en inglés), que pueden ser modificados por el usuario según su finalidad. Por último, la ortofotografía georeferenciada se crea a partir de la unión de numerosas fotografías creando un mosaico, conociendo sus coordenadas x e y en el espacio.

Una vez generados estos modelos, se exportan a un programa para modelar, analizar o diseñar; para este cometido, existen unos software especializados de diseño asistido como Autocad o Microstation y software de Sistemas de Información Geográfica como ArcGIS, quantum GIS, o Global Mapper entre otros, aunque existen otros muchos capaces de realizar el mismo trabajo.

El software de diseño asistido por ordenador está orientado a la creación y edición de objetos. A partir de la nube de puntos se puede crear una superficie (DTM) pudiendo tomar diferentes estilos, ya sea como curvas de

nivel, modelo de elevaciones o modelo de la pendiente. Además se pueden configurar los estilos siguiendo los intervalos que desee el usuario. Para una mejor observación se puede cargar la ortoimagen anteriormente generada, lo que facilita el proceso de levantamiento cartográfico. De esta manera, además, se puede ver qué área se ha cartografiado. Si dentro de esta se encuentran objetos como edificios o árboles que no se quieren representar y que no han sido eliminados por el algoritmo de paso de DSM a DTM, se puede modificar la estructura de la nube de puntos y por consiguiente la superficie.

El proceso de tratamiento de la nube de puntos mediante algunos del software comerciales de topografía, obliga al uso de líneas de rotura, líneas de contorno, ejes, etc... Las líneas de rotura son una herramienta imprescindible para forzar de forma manual ángulos en el terreno que es necesario indicar al algoritmo de triangulación del software para una adecuada representación del modelo final. De forma natural, los algoritmos de programación no toman esa ruptura de la pendiente por lo que estas líneas permiten modificar trazos forzando la dirección de la línea. Como se puede observar en las curvas de nivel han cambiado, en este caso concreto por la disposición de un talud.



Fuente: Elaboración del MC - Área de Catastro

**Fig. Superficie original generada a partir de la nube de puntos y superficie modificada mediante el uso de líneas de rotura.**

Por otro lado, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) manipulan, analizan, gestionan y almacenan datos vinculados al espacio. Consiste en relacionar información georreferenciada en formato digital y herramientas informáticas para su análisis con unos objetivos concretos. La cartografía es una de las disciplinas más utilizadas en los SIG ya que estos se representan en un espacio con un sistema de coordenadas obtenido a partir de un sistema de proyección. Los programas SIG son la herramienta necesaria para manejar la información geográfica, combinando información gráfica y alfanumérica. ArcGIS es uno de los softwares informáticos que se utiliza para dicho trabajo.

De forma muy sencilla, existen dos formatos de representación de la información espacial en la estructura de almacenamiento de un SIG; el formato vectorial y el formato ráster. El formato vectorial define un objeto gráfico a través de sus límites o fronteras con el exterior, mediante unos ejes de coordenadas. La información se representa por medio de segmentos orientados de rectas o vectores formando diferentes tipos de entidades como puntos, líneas o polígonos. Por otro lado, el formato ráster consiste en la división del espacio en una red de celdas, generalmente cuadradas. Cada una de estas celdas representa una unidad de información que se denomina píxel. Los píxeles están asociados a un único valor de una variable determinada que hace referencia a un identificador. La elección del tipo de formato a utilizar va a depender del tipo de estudio a realizar, al software de trabajo que se emplee y sobre todo al tipo de análisis que se quiere llevar a cabo.

Para realizar un análisis espacial existen una serie de procedimientos que permiten realizar cálculos entre las diferentes variables siendo su resultado la obtención de nuevos datos. Los procedimientos más habituales son las áreas de influencia, la superposición de otras capas de información, el modelo digital de elevaciones, el modelo digital del terreno o los análisis de vecindad, entre otros.

También mediante la teledetección se puede realizar un análisis de la superficie terrestre y de los elementos que en él intervienen, esta herramienta permite extraer información en toda la gama del espectro electromagnético: ultravioleta, visible, infrarrojo, microondas que a simple vista no se podría ver. Con la imagen capturada multispectral se identificarán los objetos de la superficie mediante la reflectividad de estos, respecto a diferentes longitudes de onda. Cada objeto, ya sea un suelo, vegetación o agua, se comportará de una forma diferente, hecho que le permitirá ser distinguido del resto. Estos programas permiten elaborar una cartografía de detalle orientada a diferentes campos que a simple vista no se podría ver como la geología y la geomorfología del terreno, el uso del suelo, el estado de la vegetación, etc.

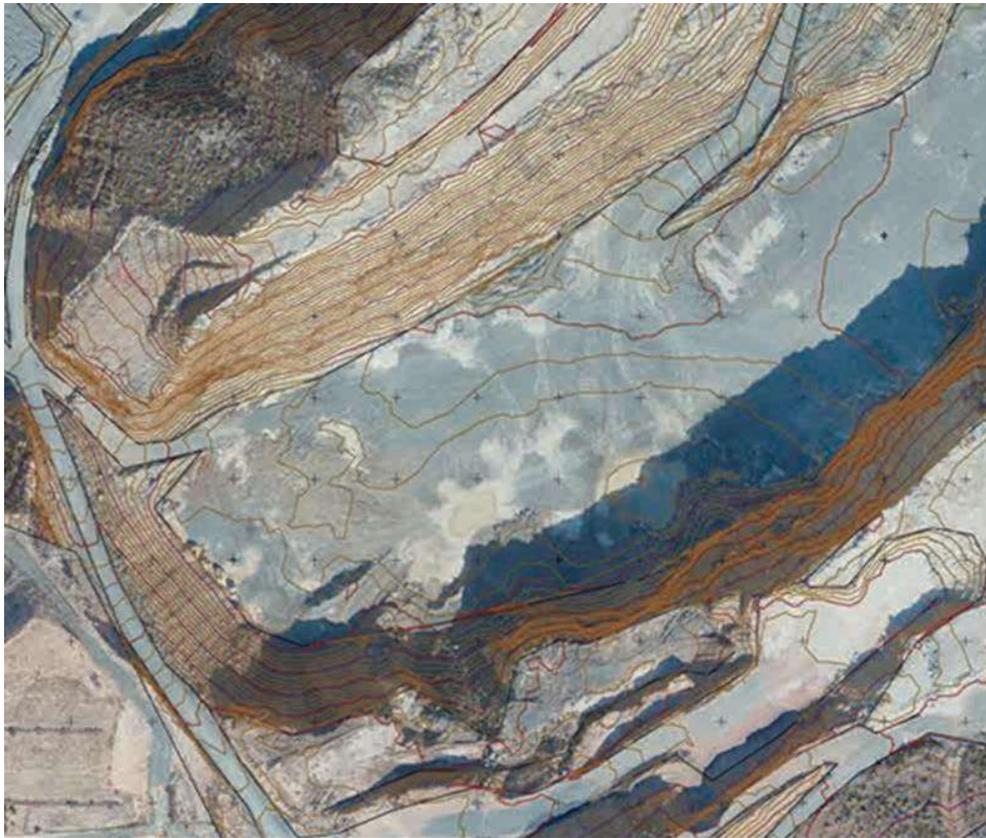
#### **4.1.4 Resultados Finales**

La cartografía es el único procedimiento gráfico que permite una representación del espacio geográfico mediante la escala y los sistemas de proyección. Los resultados se representan en Mapas y Planos en función de la escala a la que se representen, siendo los mapas una interpretación gráfica simplificada de la realidad. Por lo que se ha indicado que los formatos en los que se puede procesar la información son diversos, desde formato vectorial (puntos, líneas o polígonos), formato ráster u ortoimágenes, todos ellos en dos dimensiones. Pero también, se puede visualizar la información en una tercera dimensión, mediante la creación de modelos 3D. Toda representación gráfica debe ir acompañada de escala, sistemas de coordenadas y leyenda de los elementos que aparecen en el área cartografiada.

Una de las características que más ha evolucionado en los últimos tiempos, en los modelos digitales del terreno, es la posibilidad de realizar modelos 3D interactivos asociados a formatos estándares como PDF o ficheros .kmz de Google Earth que permiten interactuar con el terreno. El empleo de RPAS ha reducido el coste de estas actualizaciones,

permitiendo acercar al usuario final una actualización interactiva muy sencilla y totalmente actualizada de los terrenos que se vuelan con estos sistemas.

Asociado a lo anterior, se pueden realizar vídeos virtuales a vista de pájaro del terreno, estos vídeos se pueden exportar a formatos estándar en cualquier caso. Por supuesto, no cabe duda que la presentación clásica por excelencia y que al día de hoy mantiene totalmente su vigencia es la representación de un plano de curvas de nivel con la toponimia correspondiente.



**Composición cartográfica por capas 3D (ortoimagen, curvas de nivel y DTM a diferentes alturas) (Fuente: UAV blackbird S.L.).**

#### **4.1.5 Aplicaciones Adicionales**

La superficie creada, modificada o no, permite generar una cartografía que representa la realidad de una manera simplificada. Existen numerosas aplicaciones orientadas a diferentes disciplinas. Esta representación cartográfica irá orientada a la hidrografía, la vegetación, la topografía y la planimetría suponiendo el estudio exhaustivo de la población, las comunicaciones, las actividades industriales, etc. El Modelo Digital de elevaciones servirá de base para la realización de muchos mapas.

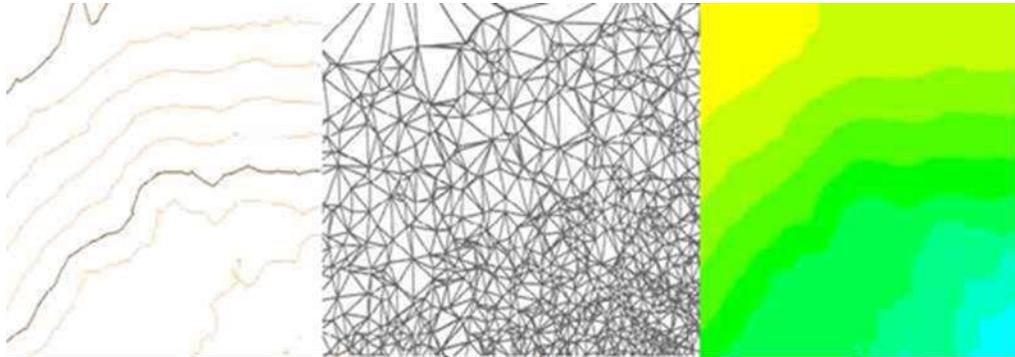
#### **4.1.6 Modelo Digital de Elevaciones (o modelo digital de superficie) y Modelo Digital del Terreno**

Estos modelos se crean a partir de una nube de puntos generada y procesada en el software del procesamiento fotogramétrico, correspondiendo cada punto a unas coordenadas x, y, z. Luego se transfieren los datos a un programa de diseño asistido por ordenador (CAD) que es capaz de georreferenciar.

El Modelo Digital de Elevaciones (MDE) representa, mediante una capa ráster, el relieve de la superficie, tal y como se encuentra, teniendo en cuenta las infraestructuras, edificaciones, vegetación, etc. Mientras que el Modelo Digital del Terreno (MDT) solo representa la superficie del relieve sin contar con las actuaciones antrópicas. Por ello, se debe de trabajar con la superficie y eliminar o modificar aquellos puntos en los que toman objetos como árboles, edificios, etc. Existen 3 maneras para representar estos modelos para simplificar la información: las curvas de nivel son líneas que unen puntos con la misma altura siendo los intervalos generalmente constantes.

Otro sistema es el de las redes irregulares de triangulación, se crea a partir de la triangulación de un conjunto de vértices que forman una red de vectores conectados. Este método de representación ralentiza el proceso y no aporta mucho a la hora de analizar el terreno.

Por último, también se puede representar con formato ráster, este formato es más cómodo ya que permite visualizar las diferentes altitudes en diferentes gamas de color.



**Fig. Diferentes métodos de representación de un Mde y un Mdt:  
Curvas de nivel, red de triangulación y ráster.**

Estos modelos, además de aportar la altitud de cada punto, contienen información que puede ser útil a la hora de analizar el terreno. Esta información se obtiene a partir del cálculo de diferentes variables, de procesamientos de álgebra de mapas, como puede ser la pendiente, la orientación, la curvatura, la rugosidad, la visibilidad o la dirección del flujo.

#### **4.1.7 Mapa Topográfico**

Este modelo de representación cartográfica debe contener el MDT, para posteriormente obtener las curvas de nivel, base de este tipo de representación. Los intervalos de cada línea deben ser constantes y se puedan configurar según lo desee el usuario, además de añadir etiquetas y modificar el color de las curvas de nivel. Para una mejor visualización puede añadirse sombreados teniendo en cuenta la orientación de la superficie. Junto al relieve, un mapa topográfico también incorpora otra información muy variada, como son las redes hidrográficas, las obras civiles, edificaciones y demás elementos humanos, todo ello representado por medio de símbolos y signos.

El mapa topográfico es un elemento dinámico que cambia constantemente en el tiempo por lo que es necesario modernizarlo continuamente.

Fracción de plano topográfico de curvas de nivel de una explotación Minera.

#### **4.1.8 Usos del Suelo**

Existen numerosas fuentes, como el Corine Land Cover o el SIOSE, en las que vienen representados los usos del suelo, pero estos tienen una resolución espacial muy baja por lo que no se puede obtener detalles que podrían servir para efectuar un estudio.

Una vez obtenida la orografía del terreno y la ortoimagen georeferenciada mediante el método básico de fotointerpretación o de teledetección, se pueden identificar los diferentes usos del suelo conociendo previamente el terreno. Los programas SIG permiten delimitar y representar estos usos del suelo de manera gráfica y sencilla. La fotointerpretación es un método más tradicional en el que la percepción de la superficie es la que se representa, por ello es necesario identificar los elementos que en él intervienen para no cometer ningún tipo de error. Por otro lado, el proceso de teledetección es más complejo, ya que requiere que la fotografía aérea realizada también pueda obtener imágenes multiespectrales para que mediante el procesamiento de las imágenes, se identifique de forma automática los diferentes elementos que existen en el territorio y poder representarlos de forma fiable.

Además, cada tipo de suelo, puede ser analizado y tratado a una resolución espacial y temporal mínima gracias a los RPAS, teniendo en cuenta los objetivos que se pretendan alcanzar. Por ejemplo, podemos tratar temas relacionados con la agricultura, el medio ambiente, el urbanismo, la población o las actividades industriales.

La cartografía que se está realizando dentro del sector de la agricultura se centra en la obtención de mapas de aprovechamiento de plantaciones así

como el estado de las plantaciones. También se utilizan para control de volúmenes de tierras en nivelaciones de parcelas.

En temas medioambientales la cartografía se convierte en un elemento clave a la hora de realizar estudios de impacto, ya que permite identificar y delimitar áreas. Por ejemplo, la distribución de especies invasoras en el espacio o la repercusión que puede sufrir un área contaminada teniendo en cuenta la cartografía ya elaborada de mapas geológicos, mapas de escorrentías etc.

En el ámbito forestal se utiliza para conocer el estado de la vegetación, la previsión y control en caso de incendios o la distribución de especies en el terreno.

En cuanto al sector urbanístico y de la población se puede estudiar el comportamiento de la red urbana o la elaboración o actualización de la cartografía catastral, también es necesario para las actividades mineras que son explotadas a cielo abierto, ya que permite elaborar levantamientos topográficos a una escala de tiempo pequeña y con una resolución espacial centimétrica, pudiendo calcular el volumen de material extraído, los residuos generados, cubicajes o perfiles.

## **4.2. UBICACIÓN: ZONA MONUMENTAL**

### **4.2.1 SITIO ARQUEOLÓGICO TETEQAQA**

#### **4.2.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL SITIO ARQUEOLÓGICO**

El Sitio Arqueológico se localiza en el distrito, provincia y departamento del Cusco. Geodésicamente en el sistema de proyección Universal Transversal Mercator (UTM), se ubica en la zona 19 L, entre las coordenadas 8503900 - 8504100 norte y 178900 - 179100 este, a una altitud de 3490.223 m.s.n.m.

#### **4.2.2 MEMORIA DESCRIPTIVA**

##### **1. NOMBRE DEL PROYECTO:**

INSCRIPCIÓN DEL PLANO DE DELIMITACIÓN SITIO ARQUEOLÓGICO TETEQAQA.

## **2. CLASIFICACION:**

SITIO ARQUEOLÓGICO.

## **3. UBICACIÓN:**

### **3.1. Localización:**

El Sitio arqueológico de Teteqaqa se ubica dentro de la jurisdicción de la Asociación Pro Vivienda Balconcillo dentro del distrito, provincia y departamento del Cusco.

### **3.2. Ubicación Política:**

- **Distrito** : **Cusco**
- **Provincia** : **Cusco**
- **Departamento** : **Cusco**

### **3.3. Ubicación Geográfica:**

- **Datum** : World Geodetic System 1984  
(WGS-84)
- **Proyección** : World Geodetic System 1984  
(WGS-84)
- **Sistema de Coordenadas:** Planas
- **Zona UTM** : **19**
- **Cuadrícula** : **19 L**
- **Carta Nacional** : 28 S (Cusco), escala 1/100000

### **3.4. Coordenadas UTM de Referencia:**

- **Este** : 0178955.9360
- **Norte** : 8503981.2790

**3.5. Altitud** : 3490.223 m.s.n.m.

### **3.6. Georeferenciación:**

- **Tipo de Medición** : Estático.

- **Marca y Modelo del Equipo Geodésico empleado para el levantamiento** : GPS Diferencial marca Trimble modelo R7/R8 GNSS/R7/5700.

- **Punto Base I.G.N.** : Limatambo

4. **ÁREA** : 1.2102 Has. (12101.9397 m<sup>2</sup>).

5. **PERÍMETRO** : 487.832 m.

6. **N° PLANO** : DA – 0115 - Esc. 1: 500.

#### 7. ACCESO:

Para llegar al mencionado sitio arqueológico se parte desde la plaza San Blas tomando la calle Tandapata se continua por la calle Totorapaccha para seguir finalmente por la calle Teteqaqa y al final de esta calle se ubica el sitio arqueológico Teteqaqa.

#### 8. COLINDANCIAS:

- **NORTE** : Con la calle Luis de la Puente Uceda 16.199 m + 10.066 m + 3.606 m que hace una longitud de 29.871 m, y con la carretera Circunvalación 1.810 m + 13.720 m +33.000 + 62.933 m. con una longitud de 111.463, que hace una longitud total de metros 141.334 m.

HITOS : H01 al H08

- **ESTE** : Con propiedad privada que hacen una longitud total de 79.661 metros.

HITOS : H08 al H09

- **SUR** : Con la Prolongación Lucrepata 75.004 m. + 9.003 m. + 12.880 m. que hace una longitud de 96.887 m. y con la Calle Tetecaca 16.279 m. + 11.524 m. + 8.009 m + 35.878 m + 35.878 m, que hace una longitud de 71.690 m. que hace una longitud total de 168.577 m.

HITOS : H09 al H16

- **OESTE** : Con propietarios privados de la A.P.V, Balconcillo con una longitud de 11.552 m. + 17.993 m + 27.600 m + 37.093 +m +0.754 m + 3.268 m que hace una longitud total de 98.260 m.

HITOS : H16 al H21

## 9. CUADRO DE DATOS TÉCNICOS (de acuerdo al Plano Referencial N° DA-0115 (WGS 84), a escala 1:250.

| CUADRO DE DATOS DE LA DELIMITACION DEL SITIO ARQUEOLOGICO TETEQAQA |                    |              |                  |              |            |           |
|--|--------------------|--------------|------------------|--------------|------------|-----------|
| HITO   | COORDENADAS WGS 84 |              | LADO             | ANGULO       | AZIMUT     | DISTANCIA |
| N°   | ESTE               | NORTE        | (del poligono)   | INTERNO      | NORTE      | (metros)  |
| H-01   | 178925.8880        | 8503984.0240 | (H-01) AL (H-02) | 137°23'51.4" | 78°20'23"  | 16.199    |
| H-02   | 178941.7530        | 8503987.2980 | (H-02) AL (H-03) | 181°11'29.3" | 77°8'54"   | 10.066    |
| H-03   | 178951.5670        | 8503989.5370 | (H-03) AL (H-04) | 189°40'0.2"  | 67°28'54"  | 3.606     |
| H-04   | 178954.8980        | 8503990.9180 | (H-04) AL (H-05) | 87°16'41.1"  | 160°12'13" | 1.810     |
| H-05   | 178955.5110        | 8503989.2150 | (H-05) AL (H-06) | 289°42'52.1" | 50°29'21"  | 13.720    |
| H-06   | 178966.0960        | 8503997.9440 | (H-06) AL (H-07) | 174°53'28.8" | 55°35'52"  | 33.000    |
| H-07   | 178993.3240        | 8504016.5890 | (H-07) AL (H-08) | 183°39'41.8" | 51°56'10"  | 62.933    |
| H-08   | 179042.8730        | 8504055.3900 | (H-08) AL (H-09) | 81°19'16.0"  | 150°36'53" | 79.661    |
| H-09   | 179081.9610        | 8503985.9780 | (H-09) AL (H-10) | 97°14'14.7"  | 233°22'39" | 75.004    |
| H-10   | 179021.7639        | 8503941.2349 | (H-10) AL (H-11) | 180°00'00"   | 233°22'39" | 9.003     |
| H-11   | 179014.5380        | 8503935.8640 | (H-11) AL (H-12) | 156°32'57.9" | 256°49'41" | 12.880    |
| H-12   | 179001.9970        | 8503932.9290 | (H-12) AL (H-13) | 200°53'27.5" | 235°56'13" | 16.279    |
| H-13   | 178988.5110        | 8503923.8110 | (H-13) AL (H-14) | 171°13'56.5" | 244°42'17" | 11.524    |
| H-14   | 178978.0920        | 8503918.8870 | (H-14) AL (H-15) | 157°46'57.0" | 266°55'20" | 8.009     |
| H-15   | 178970.0950        | 8503918.4570 | (H-15) AL (H-16) | 187°26'34.2" | 259°28'46" | 35.878    |
| H-16   | 178934.8200        | 8503911.9060 | (H-16) AL (H-17) | 97°21'38.2"  | 342°7'7"   | 11.552    |
| H-17   | 178931.2730        | 8503922.9000 | (H-17) AL (H-18) | 142°55'46.2" | 19°11'21"  | 17.993    |
| H-18   | 178937.1870        | 8503939.8930 | (H-18) AL (H-19) | 275°26'22.0" | 283°44'59" | 27.600    |
| H-19   | 178910.3780        | 8503946.4530 | (H-19) AL (H-20) | 81°28'5.4"   | 22°16'54"  | 37.093    |
| H-20   | 178924.4420        | 8503980.7760 | (H-20) AL (H-21) | 240°10'11.6" | 322°6'42"  | 0.754     |
| H-21   | 178923.9790        | 8503981.3710 | (H-21) AL (H-01) | 106°22'27.5" | 35°44'15"  | 3.268     |

Fuente: Elaboración de INC - Área de Catastro

## 10. ANTECEDENTES

- 1968 Pablo José de Arriaga, [1621] Extirpación de la idolatría del Pirú. Biblioteca de Autores Españoles, tomo 209.
- 1983 Patricia Ruiz Bravo, Carlos Monge, Cusco Ciudad y Mercado. Centro de estudios rurales andinos "Bartolomé de las Casas".
- 1985 Roger Prada Honor, La Huaca de Titiaqaq; Introducción a su estudio arqueológico. (Tesis de Bachillerato) Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- 2001 Informe Final Delimitación Arqueológica. Delimitación del Sitio Arqueológico de Teteqaqa  
Lic. Francisco Solis Díaz

- 2002 Resolución Directoral Nacional N° 394/INC de fecha 13/05/2002, Declaran Patrimonio Cultural de la Nación al Parque Arqueológico de Teteqaqa.

- 2004 Informe de Proyecto de Investigación Arqueológico en la zona arqueológica de Teteqaqa – APV Balconcillo – Setima Cuadra – Lucrepata.

Lic. Francisco Solís Díaz

- 2005 Expediente Técnico "Protección Zona Arqueológica Teteqaqa". INC – Cusco.

- 2007 Informe de Proyecto de Investigación Arqueológica de la zona Arqueológica de Teteqaqa

Lic. Domingo Farfán Acuña

- 2011 Informe de Proyecto Investigación Arqueológica con Excavaciones Parque Arqueológico de Teteqaqa

Lic. Nicolasa Arredondo Dueñas

- 2013 informe final proyecto investigación arqueológica zona arqueológica de Teteqaqa

Lic. Nicolasa Arredondo Dueñas

## **11. DESCRIPCIÓN**

### **Descripción Geográfica**

El monumento arqueológico prehispánico de Teteqaqa se asienta sobre una topografía de terreno que corresponde a una ladera con pendiente no tan pronunciada, donde cerca al sitio se puede evidenciar la construcción de viviendas contemporáneas.

### **Descripción y Análisis Arquitectónico**

El monumento arqueológico prehispánico de Teteqaqa está constituido por un afloramiento rocoso (Wak'a) con diversas andenerías y otras estructuras finas que corresponden a la época Inka. En la parte superior

del afloramiento rocoso (Wak'a) se aprecia varios trabajos escultóricos en alto relieve a manera de asientos denominados Tianas, los cuales fueron trabajados en forma escalonada adecuándose a la forma de la roca, así mismo en la parte baja de esta roca se puede observar hornacinas las cuales probablemente cumplieron la función ceremonial del sitio, en estos trabajos o desgastes a la roca que se pudo evidenciar también se llevó a observar pequeñas fuentes de agua, pacchas, y algunos canales todas estas labradas en la roca, por ese entender el sector fue netamente ceremonial en la parte baja se aprecia labraduras en forma de hornacinas de poca profundidad, que debió ser para colocar ofrendas o las réplicas de sus muertos importantes, como las pequeñas qochas y pacchas relacionadas al culto del agua.

También en la roca se ha plasmado una protuberancia que se eleva sobre un piso plano, hasta 0.30 m. de altura, presenta una forma cónica, culminando en la parte superior en un pequeño espacio hundido, que servía para almacenar líquido. Lo relevante de las representaciones iconográficas es la presencia de una maqueta, que representa a un sistema de andenerías con su respectiva canal de agua, emplazados en ambas márgenes de un supuesto riachuelo.

Las evidencias existentes en algunos lados de la roca formando trabajos de desgaste en forma escalonado, testimonian la existencia de muros que se integraba al conjunto para realzar alguna forma, que debieron ser desmontados, pero también se sospecha que estaba en proceso de trabajo. En el resto del área que actualmente constituye el área verde se puede observar estructuras Arquitectónicas en algunos tramos que corresponden a muros de andenerías de aparejo fino del tipo poligonal almohadillado; demostrando claramente que la Wa'ka estaba rodeado de andenes, estando actualmente soterrados, que es necesario develarlos.

## **12. AFECTACIONES**

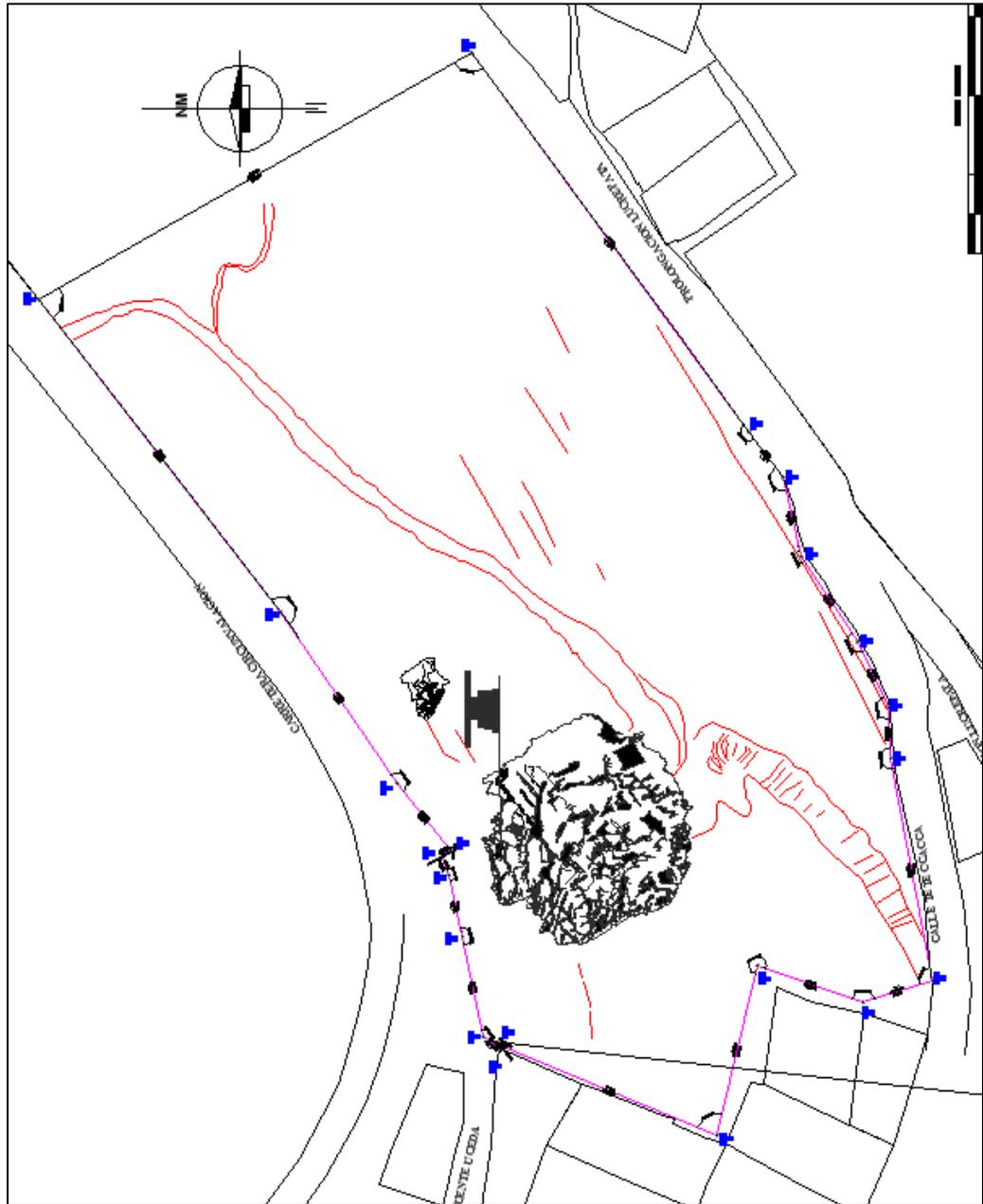
El monumento arqueológico prehispánico de Teteqaqa se encuentra afectada ligeramente por agentes: naturales.

- En cuanto a los agentes naturales, se tiene básicamente la presencia de vegetación arbustiva cuyas raíces están perjudicando algunos muros los cuales ya se encuentran restaurados, sin embargo, se nota la presencia del quiquyo el cual está creciendo entre las juntas de los elementos líticos de los muros.

## **13. OBSERVACIONES**

Se puede evidenciar por el medio del monumento arqueológico prehispánico de Teteqaqa, pasa un camino peatonal contemporáneo el cual por lo transitado que es esta vía peatonal que impacta visualmente al sitio, así mismo está dañando algunos muros de andén que se pueden encontrar en el sitio.

## **14. CROQUIS DEL MONUMENTO ARQUEOLOGICO PREHISPANICO.**



Fuente: Elaboración MC área de catastro

## **4.3 UBICACIÓN: ZONA MONUMENTAL**

### **4.3.1 SITIO ARQUEOLÓGICO MUYUKMARKA**

#### **4.3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL SITIO ARQUEOLÓGICO**

Se encuentra dentro del parque arqueológico de Saqsaywaman – sector de Muyukmarka sub sector de Muyukmarka, se encuentra ubicado en el distrito provincia y departamento de Cusco, al norte de la plaza de armas de la ciudad del Cusco. Código de catastro arqueológico INV. 285-14.

#### **4.3.2 MEMORIA DESCRIPTIVA**

**1. NOMBRE DEL MONUMENTO ARQUEOLÓGICO PREHISPANICO:**  
SECTOR MUYUCMARKA

**2. CLASIFICACIÓN**  
PARQUE ARQUEOLOGICO.

#### **3. UBICACIÓN**

##### **3.1 Localización**

El monumento arqueológico prehispánico de Muyucmarka se ubica dentro de la jurisdicción del parque Arqueológico de Saqsaywaman, provincia y departamento del Cusco, el cual se ubica a una altitud de 3574.15 m.s.n.m.

##### **3.2 Ubicación Política**

- **Distrito** : Cusco
- **Provincia** : Cusco
- **Departamento** : Cusco

##### **3.3 Ubicación Geográfica**

- Datum : World Geodetic System 1984 WGS - 84.
- Proyección : Universal Transversa Mercator UTM.
- Zona UTM : 19.
- Cuadrícula : L.
- Carta Nacional : 28 S (Cusco),  
Escala 1/ 100000

### 3.4 Coordenadas UTM de Referencia:

- **Este** : 0177041.67
- **Norte** : 8504572.66

**3.5 Altitud (Punto de Referencia)** : 3574.15 m.s.n.m.

### 3.6 Georeferenciación

- **Tipo de Medición:** Estático.
- **Marca y Modelo del Equipo Geodésico empleado para el levantamiento:**

GPS Diferencial marca Trimble modelo R7/R8 GNSS/R7/5700.

- **Punto Base I.G.N.:** Limatambo
- **Ficha Técnica del Punto de Control Geodésico del IGN de fecha:** 14/05/2014.

**4. ÁREA** : 14354.63. m2 (1.4354 Has)

**5. PERIMETRO** : 7813.23 m.

**6. N° PLANO** :

### 7. ACCESO:

Para acceder al parque Arqueológico de Saqsaywaman se tiene caminos peatonales y vehiculares; uno es, partiendo de la plaza de armas del Cusco por el antiguo barrio de Qolqampata (San Cristóbal) bordeando la colina del cerro de Saqsaywaman llegando a la explanada de Chuquipampa, cubriendo un recorrido de 1.5 Km; el otro acceso es a partir de la Av. de la Cultura continuando por la carretera conocida como Circunvalación (que va hacia Písaq), haciendo un recorrido de 5Km.

### 8. COLINDANCIAS

- **NORTE** : Con los muros ciclópeos del Sector "Baluartes" del Parque Arqueológico de Saqsaywaman
- **ESTE** : Con el camino peatonal que asciende desde San Cristóbal hasta la explanada o Chukipampa
- **SUR** : Con la autopista hacia Saqsaywaman
- **OESTE** : Con la caseta de control Llaullipata y la autopista

## **9. EMPLAZAMIENTO**

El Parque Arqueológico de Saqsaywaman, se emplaza en la meseta del mismo nombre, provincia y departamento de Cusco. Corresponde en su mayor parte a la formación geológica de Yuncaypata nombre tomado por la comunidad campesina que se localiza al Nor Oeste del PA Saqsaywaman.

## **10. DESCRIPCIÓN**

### **Descripción Geográfica**

De acuerdo a la descripción de Jorge Olarte, la meseta de Saqsaywaman está formada por pequeñas pampas y suaves colinas que se dilatan por el Norte del parque con un alineamiento de montañas cuya altura llega a sobrepasar los 4000m.s.n.m.

Sobre la roca diorita concentrada en el actual sector de rodadero y adyacentes el geólogo H. Gregory interpreto el fallamiento, debido a un empuje horizontal de la roca intrusiva y un plegamiento, subsiguiente de la superficie del espejo de falla, determinado como una roca ígnea que ha penetrado en forma de tronco intrusivo (stock) en las rocas cretácicas de la formación Yuncaypata.

### **Descripción Geológica**

El Geólogo Carlos Kalafatovich, quien ha estudiado la formación geológica del grupo de Saqsaywaman, señala al respecto "... las canteras utilizadas para la construcción de las murallas de la Fortaleza es evidente que han utilizado las calizas que afloran en masa, más o menos extensas, a pocos cientos de metros al Norte y Este del grupo Arqueológico, pero muchos bloques habrían sido también extraídos del mismo lugar de la Fortaleza, ya que como se puede ver en el mapa geológico, existen afloramientos de caliza encima de las murallas.

En la colina que se encuentra en la parte superior del templo de San Cristóbal antiguo barrio Inca de Qolqampata, se encuentra en las construcciones del sector de Muyuqmarka y los muros Ciclópeos

(baluartes); confirmados por andenes, recintos, caminos, canales, escalinatas, patios y otros.

## **11. ANTECEDENTES**

### **Antecedentes Etnohistóricos**

El 13 de octubre de 1860, James Wallace Black, acompañado por el profesor Sam King, subió a una altitud de 1.200 pies en el globo del Rey y fotografió partes de la ciudad de Boston. Un cable mantuvo el globo en su lugar. Black, el fotógrafo, hizo ocho exposiciones de los cuales sólo una resultó en una imagen razonable. Esta es la fotografía aérea más antigua conservada.

En abril de 1861, el profesor Thaddeus Lowe subió en un globo cerca de Cincinnati, Ohio, para hacer una observación del tiempo. En Gran Bretaña en 1862 La Real Sociedad comenzó a hacer lo mismo. Otros experimentos se llevaron a cabo en los próximos 40 años en París, Inglaterra y Rusia. Desafortunadamente, muy pocas de estas fotografías han sobrevivido.

En 1903, viendo el peligro que implicaba el uso de globos aerostáticos, surgieron cámaras muy ligeras para usarlas con palomas mensajeras. Estas cámaras tomaban una foto cada 30 segundos mientras la paloma volaba a lo largo de su camino, en línea recta, hasta su casa. Las palomas eran ciertamente más rápidas que los globos, pero sus trayectorias de vuelo eran impredecibles.

Las cometas fueron también un método popular para la toma de fotografías aéreas en esta época. En 1906 George R Lawrence utilizó una cometa para tomar una vista panorámica de las ruinas de San Francisco después del terremoto. Vendió copias por \$125 cada una y consiguió un total de \$15.000 de una sola fotografía.

Los militares se apresuraron a darse cuenta de las ventajas de utilizar las cámaras en los globos para espiar lo que sucedía en los valles adyacentes y movimientos de las tropas enemigas. Pero pronto quedó claro que el avión era la mejor plataforma para tomar fotografías aéreas. Wilbur

Wright fue el primer piloto en la historia que tomó fotografías desde un avión.

Al igual que con la mayoría de las innovaciones tecnológicas, los principales avances se hicieron con el inicio de la guerra. Durante la Primera Guerra Mundial se produjo la introducción de la película de rodillo para reemplazar las placas de vidrio. Las aeronaves también fueron adaptadas y diseñadas para maximizar la cobertura y optimizar la calidad, por ser rápidas y estables. A principios de 1918 unidades francesas estaba imprimiendo hasta 10.000 fotografías de una noche durante los períodos de máxima actividad. Reino Unido, EE.UU. y Alemania tenían unidades de reconocimiento aéreo sofisticados, habiendo superado muchos obstáculos técnicos. Sin embargo, con los medios de la época existían ciertos problemas; desde arriba, la identificación de un soldado de otro no fue fácil. Una vez un observador alemán indicó que una unidad de inglesa estaba corriendo en gran desorden y parecía estar en estado de pánico. Eran ingleses jugando al fútbol. Para cuando terminó la guerra en 1918, decenas de millones de fotografías habían sido tomadas.

Después de la guerra muchas empresas se pusieron en marcha para utilizar las habilidades y técnicas recién adquiridas para fines más pacíficos, como la cartografía. Algunas de estas empresas siguen existiendo hoy en día en Reino Unido, EE.UU. y Alemania.

Para el Reino Unido, la cartografía resultó muy valiosa en algunas partes del mundo mal mapeadas que se encontraban en ese momento bajo el control británico, por ejemplo Hong Kong fue fotografiado en 1924. Desde 1930 Alemania realizó un mapa del país a escala 1:25.000, y de las ciudades a escala 1:10.000.

En 1934 la Sociedad Americana de Fotogrametría fue fundada para avanzar en el campo de la fotografía aérea.

El desarrollo técnico y la innovación aumentó una vez más durante la segunda guerra mundial y la importancia de reconocimiento aéreo era ya apreciado en el Reino Unido. Cuando finalizó la guerra en 1945, a

diferencia de la Primera Guerra Mundial, la Fuerza Aérea Británica se puso a trabajar en el Reino Unido. El objetivo era capturar a todo el país a una escala de seis pulgadas (1:10,560), con las ciudades a escalas superiores, se llamó Operación Revisión o Revue.

En los años 40 y 50 se llevaron a cabo grandes sondeos por los EE.UU., Reino Unido y los militares rusos, incluyendo grandes áreas de la Europa continental. Gran parte de esto fue hecho en secreto por cuestiones de seguridad y el inicio de la Guerra Fría. Los sondeos aéreos fueron realizados por organizaciones comerciales durante los años 60, 70 y 80. Durante los años 80 la transición fue hecha de película en blanco y negro a la película a color. Todavía era un tema relativamente nuevo, así que no era un gran negocio.

Fue a mediados y finales de los 90 que el valor de reventa de la fotografía aérea fue realmente reconocido. La fotografía aérea había entrado en la era digital. Ahora era fácil de escanear y de reproducir, aumentando también la gama de productos y aplicaciones de la fotografía, Modelos Digitales de Elevación, ortofoto y modelado de edificios en 3D fueron más fáciles de producir y con un coste menor.

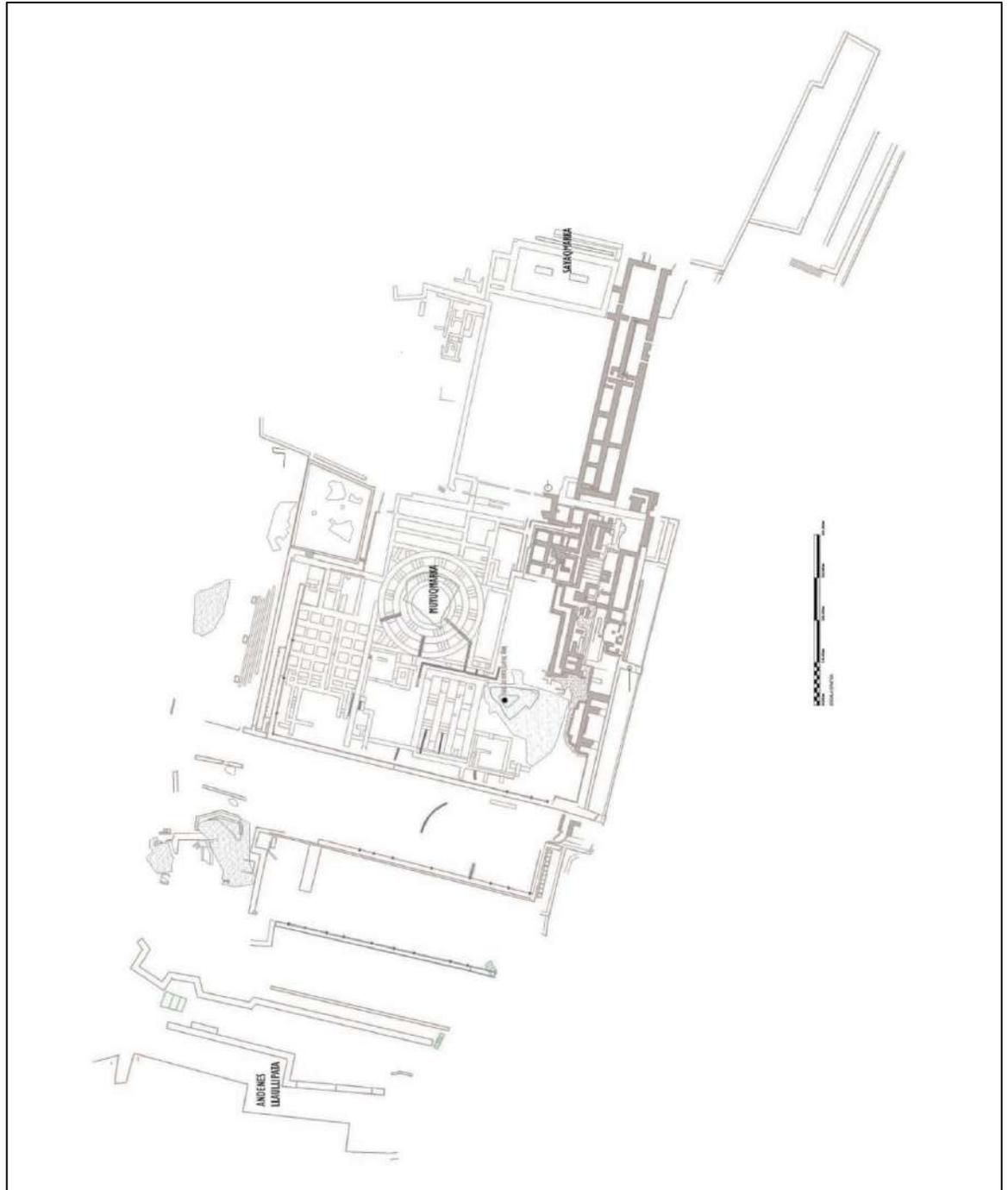
En 2004 se comercializaron las primeras grandes cámaras digitales de formato de reconocimiento aéreo. La asimilación de estas cámaras no se hizo esperar en Europa. Para el año 2007 la mayoría de la fotografía aérea en el Reino Unido fue tomada digital. Estas cámaras estaban equipadas con GPS y unidades inerciales, que mejoran la precisión y el tiempo para crear las ortofotos.

Portales web como Google Earth están haciendo la fotografía (así como otros SIG de datos) a disposición del público en general, a nivel mundial.

Entramos en la era de los drones de uso comercial y personal. Son ya miles los usuarios alrededor del mundo que poseen un dron equipado con una cámara con la que poder capturar fotografía o vídeos. Cada vez son más y más las aplicaciones que van saliendo a estos aparatos radio-controlados; filmación aérea, ortofoto, vigilancia de incendios, seguridad,

agricultura e incluso se está planteando ya el reparto a domicilio de productos con esta tecnología.

## 12. CROQUIS DEL MONUMENTO ARQUEOLOGICO PREHISPANICO



Fuente: Elaboración del MC - Área de Catastro

## 4.4 TIPOS DE DRONES

### ¿Qué es un Drone?

Un drone es un **vehículo aéreo NO TRIPULADO**, por eso también se le puede llamar VANT abreviatura de vehículo aéreo no tripulado en español. La palabra drone viene del inglés cuya traducción literal es "zángano". Se puede llamar dron o drone



Como vehículo aéreo puede tener diferentes formas, bien tipo avión, tipo helicóptero o incluso formas muy diferentes. Pero los drones no son algo nuevo, el ejemplo más antiguo fue desarrollado después de la primera guerra mundial, y se emplearon durante la segunda guerra mundial para entrenar a los operarios de los cañones antiaéreos. Sin embargo, no es hasta poco más que a finales del siglo XX cuando operan los drones mediante radio control con todas las características de autonomía.

Algunos tienen sistema GPS que les permite volver al punto donde inició de su vuelo. En el futuro se espera que los drones vuelen solos, tomando sus propias decisiones, evitando chocar contra las personas y poder evitar los objetos.

La mayoría de los drones se manejan con radio control, pero pueden ser también manejados y programados mediante una tablet o un smartphone. Se utilizan para múltiples tareas, desde tareas de vigilancia, fotografía,

retransmisiones televisivas, agricultura, ocio y muchas más tareas, ya que cada poco se descubre una nueva forma de utilizar los drones.

### **Tipos de Drones**

La clasificación es muy amplia, pero la primera clasificación podría ser:

#### **En función del tipo de alas:**

- **Drones de Alas Fijas:** Tienen alas fijas y son similares a un avión.



- **Drones Multirotor:** Suelen ser cuadricópteros (4 rotores con hélices) aunque los hay que tienen 6 (hexacópteros) o incluso 8 hélices. Dos hélices giran en el sentido de las agujas del reloj y las otras dos en el otro sentido, creando así la fuerza de empuje necesario para llevar al dron hacia arriba. Se pueden mantener en el mismo sitio sin variar la posición, gracias a sus giroscopios y estabilizadores, lo que es perfecto para sacar fotos y grabar vídeos.



### Según el método de control tenemos:

- **Autónomo:** El dron no necesita de un piloto humano que lo controle desde tierra. Se guía por sus propios sistemas y sensores integrados.
- **Monitorizado:** En este caso si se necesita la figura de un técnico humano. La labor de esta persona es proporcionar información y controlar el feedback del dron. El dron dirige su propio plan de vuelo y el técnico, a pesar de no poder controlar los mandos directamente, puede decidir qué acción llevará a cabo.
- **Supervisado:** Un operador pilota el dron, aunque este puede realizar algunas tareas autónomamente.
- **Pre programado:** El dron sigue un plan de vuelo diseñado previamente y no tiene medios de ser cambiado para adaptarse a posibles cambios.
- **Controlado remotamente(R/C):** El dron es pilotado directamente por un técnico mediante una consola.

### En función de su uso:

- **Drones Militares:** son llamadosUCAV que procede del inglés Unmanned Combat Air Vehicle, traducido al español sería vehiculos no tripulados de combate aéreo. Suelen ir armados y con capacidad de bombardeos.



- **Drones Civiles:** son aquellos drones que no tienen uso militar. A su vez pueden ser:
  - **De uso comercial:** como cartografías, fotografías, vídeos, etc.
  - **Para Aficionados:** Se utilizan como un juguete y suelen tener precios bastantes económicos.
  - **Para Uso del Gobierno:** Se utilizan para bomberos, fuerzas de rescate, etc. con el fin de ayudar a las tareas de reconocimiento, rescate, fronteras e incluso fiscales.

### **Precio de los Drones**

Lógicamente podemos encontrar drones de muy diversos precios. En los últimos años, gracias a que los precios de fabricación descendieron, podemos comprar drones a control remoto a partir de unos 50€ (al tipo de cambio 3.85 es S/. 192.50, pero claro estos drones tienen un uso prácticamente de juguete, para hacer fotos y vídeos, con poco alcance y autonomía. Normalmente tienen un alcance no mayor de 50 metros y una autonomía de unos 8 o 10 minutos. En el caso de comprar un dron de este tipo es recomendable comprar varias baterías de repuesto para tener más autonomía cuando juguemos con él.

A partir de 800 euros o S/. 3080.00, se tienen drones profesionales con una gran autonomía y alcance. Seguramente con el paso del tiempo los precios de los drones se irán reduciendo.

### **Normativa para Manejo de los Drones**

La normativa define los requisitos según el peso de la aeronave tripulada por control remoto y establece las obligaciones que deben cumplir los pilotos y las empresas que las utilicen.

Se establece una distinción entre los drones de más de 25 kg y los de menos de 25 kg

## **4.5 LOS DRONES Y SUS APLICACIONES**

### **4.5.1 Drones, Fotogrametría y Arqueología**

El Dron, es un artefacto de uso aéreo no tripulado, el cual es teledirigido desde tierra. Su aplicación en la arqueología se ha venido desarrollando aceleradamente en los últimos dos años, adquiriendo novedosos resultados en la implementación de registros aéreos fotográficos y la aplicación de técnicas en fotogrametría (disciplina que se encarga en crear diseños o modelos tridimensionales de los espacios físicos basados en fotografías). Estos diseños pueden presentarse en modelos 3D de alto detalles que nos permiten tener datos precisos de los sitios arqueológicos. Además, a partir de los modelos 3D se pueden obtener productos como las Ortofotos, el cual es una fotografía totalmente plana que nos permite obtener mediciones exactas.

Estos avances registrales nos han permitido documentar fielmente la situación real en el que se encuentran los sitios arqueológicos de la nación. Posteriormente, ello nos ha conducido a realizar una serie de análisis de carácter de prevención y conservación de los sitios arqueológicos. Así mismo, ha hecho posible planificar acciones respecto al cuidado de nuestro patrimonio arqueológico, defendiéndolo de posibles afectaciones naturales y humanas.

Otro alcance del registro fotográfico a través del Drone es que el proceso de levantamiento se puede realizar en un breve tiempo. El procesamiento digital de los datos obtenidos en campo también es de rápida obtención. Esto es un beneficio comparándolo con las actividades de levantamiento topográfico convencional. Por tanto, obtener un inventario de sitios arqueológicos, según la delimitación política o geográfica del país, podrá realizarse en un breve horizonte de tiempo.

#### **4.5.2 Laboratorio de Fotogrametría y Arqueometría**

El Viceministerio de Patrimonio Cultural e Industrias Culturales viene impulsado la utilización de nuevas tecnologías para la investigación, registro, preservación, conservación y protección de los sitios arqueológicos. Como parte de esta medida, se viene coordinando la implementación de un laboratorio especializado de alta tecnología, donde se viene utilizando drones para el registro de sitios arqueológicos, así como softwares especializados para realizar la post procesamiento de las imágenes obtenidas con los drones. Actualmente, el Ministerio de Cultura, por medio de la Unidad Ejecutora 008: Proyectos Especiales, ha adquirido 03 drones de la marca DJI, modelo S1000, siendo drones de última generación. Con estos, el laboratorio de Fotogrametría y Arqueometría pretende registrar todos los sitios arqueológicos ubicados en el territorio peruano.

#### **4.5.3 Producto final**

En los últimos 12 meses, los trabajos de registro utilizando drones, se ha centrado en los sitios arqueológicos ubicados en la costa peruana, desde Tumbes hasta Ica, así como sitios arqueológicos ubicados en los departamentos de Lima y Junín, pertenecientes a la sierra y costa peruana, y sitios ubicados en el departamento de Amazonas. Parte de estos trabajos están disponibles en la plataforma de información geográfica de sitios arqueológicos (SIGDA) de la Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal. Además, como parte de la difusión del uso y manipulación de estas tecnologías, el laboratorio viene desarrollando capacitaciones para el personal del Ministerio de Cultura, tal y como se realizó en el mes de Julio en el norte del Perú, en la cual se capacitó a más de 40 funcionarios de todas las DCCs. Para el 2015, el registro de todos los sitios arqueológicos de Lima Metropolitana estará a disposición de los investigadores y público general, así como se pretende realizar un libro donde se plasmarán las fotografías aéreas de los sitios arqueológicos trabajados durante todo este tiempo.

## **4.6 EQUIPO GEODESICO**

### **4.6.1 Introducción al sistema glonass**

El Sistema de Posicionamiento Global NAVSTAR no es el único Sistema de Posicionamiento existente. El Sistema Ruso GLONASS es también operativo, y a pesar de que actualmente la constelación no está completada, proporciona a los usuarios civiles unas precisiones en el posicionamiento absoluto típicamente mejores que las que proporciona el Sistema GPS, debido a la aplicación de la degradación intencionada de la información denominada Disponibilidad Selectiva (SA).

### **4.6.2 Introducción**

A principios de los 70s, quizá como una respuesta al desarrollo del Sistema GPS, el antiguo Ministro de Defensa Soviético desarrolló el Global' naya Navigatsionnaya Sputnikova Sistema o Sistema Global de Navegación por Satélite (GLONASS). El Sistema GLONASS es similar al GPS en muchos aspectos, aunque como se verá también hay muchas diferencias.

En el año 1993, oficialmente el Gobierno Ruso colocó el programa GLONASS en manos de Fuerzas Espaciales Militares Rusas (RSF). Este organismo es el responsable del desarrollo de satélites GLONASS, de su mantenimiento y puesta en órbita, y certificación a los usuarios. Este organismo opera en colaboración con el CSIC (Coordinational Scientific Information Center), el cual publica la información sobre GLONASS.

Durante los 80s, la información acerca de GLONASS era escasa. No se sabía mucho de las órbitas de los satélites ni de las señales usadas para transmisión de las señales de navegación. Pero actualmente, gracias a estudios e investigaciones sobre este sistema, se dispone ya de gran cantidad de información acerca GLONASS. Los Rusos, a través del RSF y del CSIC publican el documento ICD (Interface Control Document). Este documento es similar en estructura al Segmento Espacial del sistema

NAVSTAR GPS, donde se describe el sistema, sus componentes, estructura de la señal y el mensaje de navegación para uso civil.

La constelación ha experimentado un gran progreso desde los años 1994 y 1995. Los planes de GLONASS son ofrecer dos niveles de servicio:

- El **Channel of Standard Accuracy (CSA)**, similar al Standar Positioning Service (SPS) del Sistema GPS, disponible para uso civil.
- El **Channel of High Accuracy (CHA)**, similar al Precise Positioning Service (PPS) del Sistema GPS, disponible solo para usuarios autorizados.

#### **4.6.3. Descripción y constitución del sistema**

El Sistema GLONASS, al igual que el Sistema GPS, está formado por tres sectores fundamentales: el *Sector de Control*, el *Sector Espacial* y el *Sector Usuario*.

#### **4.6.4 Sector de control**

El Sector de Control está formado por un Sistema Central de Control (SCC) en la región de Moscú (Golitsyno-2) y una red de estaciones de seguimiento y control (Command Tracking Stations, CTS), emplazadas por toda el área alrededor de Rusia. El Sector de Control GLONASS, al igual que el de GPS debe seguir y vigilar el estado de sus satélites, determinar las efemérides y errores de los relojes de los satélites, es decir, la diferencia entre el tiempo GLONASS y la escala de tiempo UTC(SU). Además también deben actualizar los datos de navegación de los satélites. Estas actualizaciones se realizan dos veces al día.

Las estaciones de control (CTSs) realizan el seguimiento de los satélites y almacenan los datos de distancias y telemetría a partir de las señales de los satélites. La información obtenida en las CTSs es procesada en el Sistema Central de Control (SCC) para determinar los estados de las órbitas y relojes de los satélites, y para actualizar el mensaje de

navegación de cada satélite. Esta información es enviada a cada satélite por medio de las CTSs. Las CTSs calibran periódicamente los datos de distancias a los satélites mediante láser. Para ello, los satélites GLONASS van provistos de unos reflectores especiales.

La sincronización de todos estos procesos en el Sistema GLONASS es muy importante. Para conseguir esta sincronización, se dispone de un reloj atómico de hidrógeno de alta precisión, el cual determina la escala de tiempo GLONASS. Los satélites GLONASS llevan a bordo un reloj de cesio y se sincronizan respecto a la State Etalon UTC (CIS) en Mendeleevo, a través de la escala de tiempo del sistema GLONASS.

A todas estas estaciones de control debemos añadir otras estaciones de seguimiento que se utilizan para obtener los parámetros de transformación del Sistema GLONASS PZ-90 al Sistema GPS WGS-84, además de la determinación de las órbitas y observación y análisis de las anomalías de los satélites. Estos parámetros de transformación se aplican cuando se trabaja con el sistema combinado GPS/GLONASS. Estas estaciones están repartidas por todo el mundo y utilizan técnicas láser, radar y ópticas. Estos parámetros son calculados por mínimos cuadrados utilizando 9 días de datos de seguimiento.

La calidad de las posiciones estimadas obtenidas a partir de GLONASS es comparable a la que se obtiene con GPS cuando la Disponibilidad Selectiva está desactivada. El valor del rms (URE) en la determinación de las órbitas para GLONASS es de aproximadamente 10 m.

El Gobierno de la Federación Rusa ha declarado que GLONASS proporcionará a los usuarios civiles una precisión en toda la Tierra para el posicionamiento absoluto en tiempo real basado en medidas de código de unos 60 m en horizontal (99.7%) y de unos 75 m en vertical (99.7%). Los rusos han anunciado que no tienen previsto introducir ninguna medida intencionada de degradación de la precisión del sistema.

Las estaciones de control de las Fuerzas Espaciales Rusas (RSF) publican unos boletines, llamados NAGUSs para los usuarios GLONASS

con noticias, estado y anomalías del sistema, para así anunciar la inutilidad de alguno o varios satélites. Otras organizaciones, como GLONASS Group del Laboratorio de Lincoln de Massachusetts o el DLR-DFD Neustrelitz Remote Sensing Ground Station en Alemania, también controlan la actividad de GLONASS.

Las anomalías se producen cuando los parámetros que manda el satélite en su mensaje de navegación son incorrectos y el parámetro de salud indica que está sano. El resultado es una incorrecta pseudodistancia y trae consigo posicionamientos incorrectos. Las anomalías del sistema se determinan por medio de las estaciones de control, que hacen uso del algoritmo RAIM. Esto consiste en receptores autónomos de seguimiento íntegro que detectan anomalías en la transmisión de datos, aun figurando un buen estado de salud en los mensajes de navegación y almanaques. Además, si un receptor dispone de este algoritmo RAIM puede detectar fácilmente estas anomalías.

#### **4.6.5 Sector espacial**

El Sector Espacial está formado por la constelación de satélites. La constelación completa se compone 24 satélites en tres planos orbitales, cuyo nodo ascendente es de  $120^{\circ}$  y argumento de latitud de  $15^{\circ}$ . Cada plano contiene 8 satélites espaciados regularmente, con argumento de latitud de  $45^{\circ}$ . Los planos están inclinados  $64,8^{\circ}$  respecto al Ecuador. Los satélites GLONASS se encuentran a una distancia de aproximadamente 19100 Km y se sitúan en órbitas casi circulares con semieje mayor de aproximadamente 25510 Km, siendo el periodo orbital de 675,8 minutos, es decir, 11 horas y 15 minutos. Esto garantiza, con la constelación completa, la visibilidad de un mínimo de 5 satélites en todo el mundo con adecuada geometría, es decir, la constelación GLONASS proporciona una cobertura de navegación continua y global para la ejecución satisfactoria de observaciones de navegación. Cada satélite transmite una señal de

navegación de radiofrecuencia, conteniendo un mensaje de navegación para los usuarios.

Los planos se numeran del 1 al 3. Cada satélite, según el plano en el que esté, 1 ,2 ó 3, se numera del 1 al 8, del 9 al 16 y del 17 al 24 respectivamente.

El primer satélite se lanzó el 12 de Octubre de 1982, y el último el 14 de Diciembre de 1995. En este periodo de tiempo se han realizado un total de 27 lanzamientos (dos de ellos fallidos con fecha 24-4-1987 y 17-2-1988), poniendo en órbita un total de 73 satélites, de los cuales a fecha de Enero de 1998, sólo 13 están actualmente operativos, más uno de repuesto. La distribución de los satélites en sus planos viene dada por la siguiente tabla:

**TABLA 1.** Planos, satélites y canales.

| <b>Plano 1</b>  |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <b>Satélite</b> | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 |
| <b>Canal</b>    | -  | -  | 21 | 12 | -  | 13 | -  | -  |
| <b>Plano 2</b>  |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Satélite</b> | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| <b>Canal</b>    | 06 | 09 | 04 | 22 | 06 | -  | 04 | 22 |
| <b>Plano 3</b>  |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Satélite</b> | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| <b>Canal</b>    | 24 | -  | -  | 01 | -  | 10 | -  | -  |

#### 4.6.6 Características de las señales glonass

Las descripciones de las señales GLONASS se refleja en los documentos ICD. Los satélites GLONASS transmiten dos señales de ruido pseudoaleatorio. Los satélites GLONASS llevan a bordo relojes de atómicos de Cesio con un oscilador de frecuencia fundamental de 5 MHz. A partir de esta frecuencia fundamental se pueden obtener o modular los códigos C/A y P, de frecuencias 0.511 MHz y 5.11 MHz respectivamente.

En la señal también se introduce un mensaje de 50 bits por segundo. La **banda L1** funciona en la frecuencia  $1602 + 0.5625 \cdot k$  MHz, donde k es el canal (0-24), lo genera un rango de frecuencias que van desde 1602 - 1615.5 MHz. La **banda L2** funciona en la frecuencia  $1246 + 0.4375 \cdot k$  MHz, lo que genera un rango de frecuencias que van desde 1246 - 1256.5 MHz.

Algunas transmisiones GLONASS crean interferencias con las señales astronómicas de radio, que usan las bandas de frecuencia de 1610.6 - 1613.8 y 1660 - 1670 MHz, que corresponden a los canales GLONASS del 15 al 20. Además, las transmisiones GLONASS de frecuencias superiores 1610 MHz tienen interferencias con las señales del servicio de satélites para comunicaciones móviles en las frecuencias que van desde 1610 - 1626.5 MHz. Para solucionar esto, y por la necesidad de minimizar las interferencias, las autoridades encargadas del Sistema GLONASS decidieron reducir el número de frecuencias usadas (y por lo tanto el número de canales), y bajar el intervalo de frecuencias utilizadas. Así, el sistema constará de 12 canales de frecuencia, más dos adicionales para los test de control. De esta forma la **banda L1** se encontrará entre 1598.0625 - 1604.25 MHz y la **banda L2** se encontrará entre 1242.9375 - 1247.75 MHz. Los actuales y futuros canales de frecuencias GLONASS se pueden resumir de la forma siguiente:

\* **Frecuencias iniciales:**  $f_{L1} = 1602 + 0.5625 \cdot k$  MHz ( $k = 0, \dots, 24$ )

$f_{L2} = 1246 + 0.4375 \cdot k$  MHz ( $k = 0, \dots, 24$ )

\* **Hoy y hasta 1998:** 1602 - 1608.8 MHz (canales 1 - 12)

1614.4 - 1615.5MHz (canales 22 - 24)

1246 - 1251.25 MHz (canales 1 - 12)

1255.625 - 1256.5 MHz (canales 22 - 24)

Los canales 15-20 no están en uso y el ICD estipula el uso de los canales de frecuencia 13, 14, y 21 en circunstancias excepcionales.

\* **1998-2005:** 1602 - 1608.8 MHz (canales 0 - 12)  
1246 - 1251.25 MHz (canales 0 - 12)

\* **A partir de 2005:** 1598.1 - 1604.25 MHz (canales -7 - 4)  
1242.9375 - 1247.75 MHz (canales -7 - 4)

Los canales 5 y 6 serán utilizados para test de control.

Pero la cuestión que se plantea es cómo introducir los 24 satélites de la constelación completa en sólo 12 canales. Lo que se plantea es introducir dos satélites antipodales de un mismo plano en el mismo canal, esto es, satélites separados  $180^\circ$  de argumento de latitud, de forma que un usuario colocado en cualquier punto de la Tierra nunca recibirá señales simultáneas de los dos satélites sitiados en el mismo canal.

GLONASS transmite el código P en ambas bandas L1 y L2 y el código C/A, de momento sólo en la banda L1, pero está programado que la Constelación GLONASS-M lo transmita también en la banda L2 para uso civil.

El código C/A tiene una longitud de 511 chips y se propaga con una velocidad de 511 Kchips/s y por lo tanto con una repetibilidad de 1 milisegundo. El código P tiene una longitud de  $5.11 \cdot 10^6$  chips y se propaga con una velocidad de 5.11 Mchips/s, cuya repetibilidad es de 1 segundo. A diferencia de los satélites GPS, **todos los satélites GLONASS transmiten los mismos códigos.** Esto es así porque en GLONASS la identificación de los satélites se hace por la frecuencia de las portadoras y no por el PRN de los códigos como se hace en GPS.

Los errores que se pueden cometer en el posicionamiento absoluto de un punto con el código C/A utilizando el Sistema GLONASS son de unos 60

m (99.7%) en horizontal y de unos 75 m (99.7%) en vertical. Esta precisión es comparable a la que ofrece el Sistema GPS sin la Disponibilidad Selectiva.

#### 4.6.7 Mensaje de navegación

El mensaje de navegación se transmite con una velocidad de 50 bit/s y se modula junto con los códigos C/A y P. El mensaje de navegación GLONASS del código C/A divide los datos en datos operacionales o inmediatos y datos no operacionales o no inmediatos. Los **datos operacionales** son las efemérides, los parámetros de reloj y época del reloj del satélite. Las efemérides de los satélites se dan en términos de posición, velocidad, y vector de aceleración de la época de referencia. Los **datos no operacionales** comprenden el almanaque (o efemérides aproximadas) de la constelación, junto con los estados de salud de todos los satélites GLONASS. Los datos de salud de los satélites no tienen tiempo de actualización. Además, en los datos no operacionales hay un parámetro que indica la diferencia entre el sistema de tiempo GLONASS y el UTC, parámetro llamado  $\Delta_c$ . Estos datos se determinan para el comienzo de cada día.

Los parámetros de efemérides son generalmente cargados en cada satélite una vez al día, junto con el parámetro  $\Delta_c$ . El tiempo desde la última grabación o actualización de los datos del mensaje se determina por un parámetro  $E_n$ , que determina la edad de las efemérides en días. Los parámetros de reloj son grabados dos veces al día. El mensaje completo tiene una duración de 2 min. y 30 seg., pero las efemérides y la información de reloj se repite cada 30 seg.

Las autoridades GLONASS no han publicado hasta ahora los contenidos del mensaje de navegación del código P. Sin embargo, se sabe que el mensaje completo dura 12 min. y que las efemérides y la información de reloj se repite cada 10 seg.

El Sistema GLONASS dispone de un sistema de tiempos y de un sistema de referencia propio y distinto al de GPS. El tiempo GLONASS está referido al UTC (SU). El UTC (SU) se diferencia en unos microsegundos al UTC (BIPM). El NTFSS (National Time and Frequency Service) se encarga de que el desfase sea de un microsegundo o menos. Para ello, en determinadas ocasiones se introduce un salto de unos segundos, a diferencia del tiempo GPS que no requiere de estos saltos.

#### **4.6.8 sEctor usuario**

El Sistema GLONASS es un sistema militar y civil. Todos los usuarios militares y civiles constituyen el Sector Usuario. El desarrollo y diseño de nuevos receptores por parte de los fabricantes está en continua evolución.

Un equipo de recepción de señales GLONASS, al igual que uno de GPS, está formado por una antena y un receptor. La antena suele llevar un plano de tierra para evitar el efecto multipath, es decir, la recepción de señales reflejadas en el suelo u otros objetos, que empeoran la precisión. Los receptores disponen de un reloj para sincronizar las señales recibidas.

Existen dos generaciones de receptores GLONASS. La primera generación contenía 1,2 y 4 canales. La segunda generación son ya mucho más compactos y ligeros, incluyendo 5, 6 y 12 canales, usados para aplicaciones civiles y capaces de operar con las dos constelaciones GPS/GLONASS.

Fuera de Rusia, hay un número considerable de fabricantes e investigadores que han diseñado y construido receptores GLONASS o GPS/GLONASS incluyendo doble frecuencia y códigos C/A y P. Algunos de ellos eran prototipos desarrollados para ganar experiencia con GLONASS, y otros para aplicaciones específicas.

Entre las principales marcas de los receptores GLONASS o GPS/GLONASS se encuentran:

- GEOTRACER 2404: 12 canales GPS y 12 canales GLONASS.

- Magnavox: 8 canales GLONASS.
- 3S Navigation: 12 canales GNSS para navegación.
- GG-24 Astech: 12 canales GPS y 12 canales GLONASS.
- Sercel Scorpio 6001: 16 canales GPS/GLONASS.

## 4.7 USO COMBINADO DE LOS SISTEMAS GPS Y GLONASS

### 4.7.1. Introducción

Los Sistemas GPS y GLONASS son sistemas autónomos, es decir, cada uno tiene su propio sistema de referencia y su propio sistema o escala de tiempo. Usan diferentes sistemas de referencia para expresar las posiciones de sus satélites, y por lo tanto, para determinar las posiciones de los usuarios.

Para poder utilizar los dos Sistemas de Posicionamiento por Satélite, GPS y GLONASS, es decir, recibir señales de los satélites de la constelación GPS y de la constelación GLONASS, es necesario establecer la relación entre los sistemas de tiempo y sistemas de referencia utilizados en los dos sistemas. El Sistema GPS utiliza el sistema de referencia WGS-84, mientras que el Sistema GLONASS utiliza el PZ-90. Los parámetros que definen los dos sistemas de referencia son significativamente diferentes.

Analizando las pseudodistancias medidas a los satélites GLONASS y GPS los errores cometidos vienen expresados por el valor error URE o  $\square_{URE}$  (User Range Error). Este error contempla los errores al predecir las efemérides, inestabilidades en el vehículo espacial, relojes de los satélites, efectos ionosféricos y troposféricos, efecto multipath, ruido de la señal, y para GPS, la Disponibilidad Selectiva (SA). Todos estos errores en su conjunto se recogen en el valor  $\square_{URE}$ . El URE se define como la diferencia entre la pseudodistancia y la distancia calculada a partir de las posiciones dadas de los satélites, teniendo en cuenta sólo los errores de reloj y de deriva.

Para GLONASS, el valor del URE es de  $\sigma_{URE} \cong 10$  m, mientras que para GPS sin SA es de  $\sigma_{URE} \cong 7$  m, y con SA es de  $\sigma_{URE} \cong 25$  m. La diferencia en los valores de URE de 7 a 10 m entre los Sistemas GPS y GLONASS, es atribuida principalmente a la falta de corrección del efecto ionosférico en GLONASS.

#### 4.7.2. Estudios realizados sobre la utilización de ambos sistemas y su uso combinado

El Laboratorio Lincoln de Massachusetts hizo un estudio de las precisiones que ofrecen ambos sistemas de posicionamiento y las precisiones de su uso combinado, analizando las precisiones obtenidas en posicionamiento absoluto usando en código C/A durante periodos de 24 h. La precisión con GLONASS, obtenida en estas pruebas es mejor que los niveles garantizados por el Gobierno Ruso. Además, la precisión con GLONASS es mejor que la obtenida con GPS debido a que la Disponibilidad Selectiva está activada. Sin embargo, si la SA estuviera desactivada, la precisión con GPS sería mejor que con GLONASS. Los siguientes valores muestran los resultados obtenidos por el Laboratorio Lincoln en una de las pruebas realizadas para la obtención de posiciones absolutas utilizando la constelación GLONASS, la constelación GPS y su uso combinado GPS/GLONASS:

**\* Posiciones estimadas con GLONASS:**

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| Error horizontal<br>(m): | 10 (50%)   |
|                          | 21.2 (95%) |
|                          | 26.8 (99%) |
| Error vertical (m)       | 14.6 (50%) |
|                          | 39.1 (95%) |
|                          | 46.3 (99%) |

**\* Posiciones estimadas con GPS:**

|                          |             |
|--------------------------|-------------|
| Error horizontal<br>(m): | 20.6 (50%)  |
|                          | 48.4 (95%)  |
|                          | 62.9 (99%)  |
| Error vertical (m)       | 26.7 (50%)  |
|                          | 81.7 (95%)  |
|                          | 105.1 (99%) |

**\*Posiciones estimadas con la combinación GPS/GLONASS:**

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| Error horizontal<br>(m): | 6.5 (50%)  |
|                          | 14.9 (95%) |
|                          | 25.8 (99%) |
| Error vertical (m)       | 16.7 (50%) |
|                          | 41.8 (95%) |
|                          | 49.5 (99%) |

Con la disponibilidad de receptores GPS/GLONASS, el usuario puede tener acceso a un sistema combinado de hasta 48 satélites (con la dos constelaciones completas). Con todos estos satélites, los trabajos en desfiladeros y otras localizaciones de visibilidad restringida, tales como áreas boscosas, etc., es mejorada debido a la posibilidad de mayor información de más satélites. Además, una mayor constelación de satélites también mejora la ejecución del posicionamiento diferencial en tiempo real, ya que, el tiempo menor de toma de datos, con respecto a un posicionamiento diferencial calculado en post-proceso, se ve compensado por la obtención de una mayor información de más satélites. Pero eso no es todo, además el tiempo de inicialización para alcanzar precisiones de nivel centimétrico mejora en un factor de 3 a 6 con una constelación de 48 satélites.

El posicionamiento posee una integridad mayor. Para un nivel de confianza de 99.9% el posicionamiento con GPS requiere una recepción continua de 6 o más satélites en sus constelación de 24 satélites. Para el mismo nivel de confianza, usando GPS/GLONASS se requiere una recepción continua de 7 satélites de los 48 de la combinación. Las operaciones de código diferencial vienen a ser más simples. Debido a que no existe una degradación deliberada de la precisión, el trabajo con GLONASS diferencial requiere mucha menor cantidad de correcciones. Es posible la detección del 100% de los fallos, tanto en disponibilidad de los satélites, como en la calidad de la información que transmiten, gracias a la existencia de los RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring), que son receptores autónomos de seguimiento íntegro que utilizan unos algoritmos que detectan anomalías en la transmisión de datos, aún figurando un buen estado de salud en los mensajes de navegación y almanaques.

Las principales ventajas del uso combinado GPS/GLONASS son la mejora en la geometría de los satélites y la mitigación de la Disponibilidad Selectiva. Las posiciones se estiman usando los parámetros de transformación entre el sistema PZ-90 y el WGS-84.

#### **4.7.3. Obtención de los parámetros de transformación entre pz-90 y wgs-84**

Los parámetros que definen los dos sistemas de referencia PZ-90 y WGS-84 son significativamente diferentes. Para poder utilizar el sistema combinado GPS/GLONASS es necesario el conocimiento de las posiciones de todos los satélites utilizados, satélites GPS y GLONASS, en el mismo sistema de referencia. Para ello, lo que se realiza es el paso de las posiciones de todos los satélites GLONASS al sistema de referencia WGS-84, y así trabajar con la constelación de los 48 satélites en un mismo sistema de referencia. Además de la unificación del sistema de referencia, es necesario establecer también la relación entre los dos sistemas o

escalas de tiempo utilizados. Esto se resuelve por medio de la información contenida en los mensajes de navegación de cada uno de los sistemas, donde aparecen las diferencias entre los tiempos GPS o tiempos GLONASS con respecto al Tiempo Universal Coordinado.

Para obtener las efemérides de los satélites GLONASS en el sistema WGS-84 es necesario conocer los parámetros de transformación de PZ-90 a WGS-84, para lo cual se necesita un cierto número de satélites GLONASS con coordenadas en ambos sistemas. Con estos satélites se calculan los parámetros de transformación utilizando la técnica de mínimos cuadrados, y se aplican al resto de satélites.

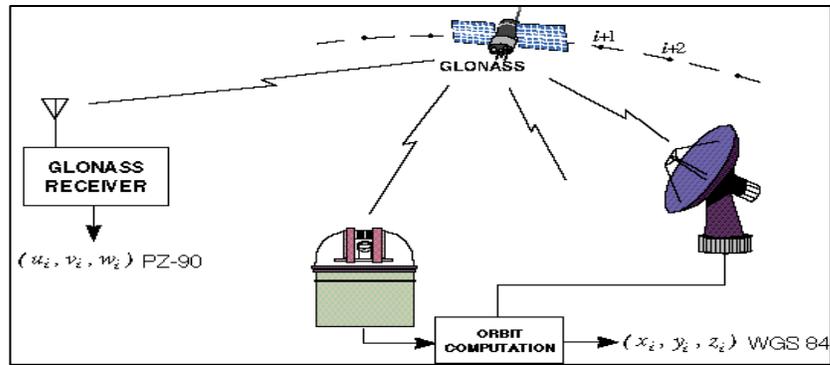
Las coordenadas de los satélites GLONASS en PZ-90 aparecen en el mensaje de navegación que mandan los satélites. La estimación de las posiciones de los satélites GLONASS en WGS-84 es realizada por una serie de estaciones de seguimiento que utilizan técnicas de medición láser, radar y ópticas para la determinación de las órbitas. Estas estaciones están localizadas por todo el mundo:

- \* **Técnicas láser:** Estados Unidos, Alemania, Austria, Finlandia, Latvia, Rusia, Ucrania, Uzbekistan, Japón y Australia.

- \* **Técnicas radar:** Westford y Kwajalein.

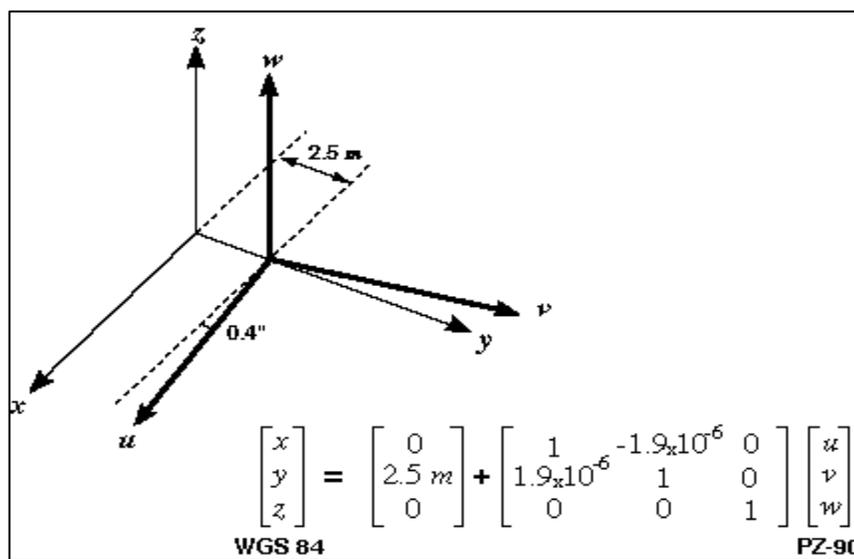
- \* **Técnicas ópticas:** Estaciones MOTIFF en Hawai y Estaciones GEODSS

La determinación de las órbitas se realiza utilizando un software de alta precisión que usa la técnica de mínimos cuadrados. Las órbitas son calculadas usando nueve días de datos de seguimiento. Una vez que los parámetros orbitales son estimados, el programa genera vectores de estado en intervalos de 30 minutos, correspondientes a las épocas de las efemérides GLONASS transmitidas. La calidad de la determinación de las órbitas tras el cálculo se estima por un error rms de la posición de los satélites del orden de 11 m.



**Figura 1. Estaciones de seguimiento para el cálculo de las órbitas de los satélites GLONASS en WGS-84**

En el Laboratorio Lincoln de Massachusetts se calculan los parámetros de transformación entre ambos sistemas. Se utiliza una red de receptores de referencia distribuidos por toda la superficie de la Tierra que obtienen las coordenadas de los satélites GLONASS en ambos sistemas. Obtienen las posiciones de los satélites GLONASS en el sistema PZ-90 a partir de las efemérides transmitidas, y las coordenadas de los satélites GLONASS en WGS-84 a partir de la red de estaciones de seguimiento láser y sistemas radar. Se estiman los parámetros de la transformación por MMCC, obteniendo como resultado de la transformación una rotación alrededor del eje Z y una traslación a lo largo del eje Y. Los parámetros de la transformación resultantes se muestran en la siguiente figura:



**Figura 2. Transformación de coordenadas de PZ-90 a WGS-84**

Una vez que tenemos los parámetros de la transformación del sistema PZ-90 al sistema WGS-84 ya podemos tener las efemérides de todos los satélites GLONASS en el sistema WGS-84, y por lo tanto podremos utilizar el sistema combinado GPS/GLONASS.

La mayor causa de error en la determinación de los parámetros de transformación se encuentra en las efemérides transmitidas. Para facilitar el uso combinado GPS/GLONASS, las autoridades Rusas pretenden incluir en los nuevos mensajes de navegación de los satélites de la Constelación GLONASS-M, las diferencias entre los dos sistemas de tiempos y posiciones de referencia.

#### **4.7.4 Consideraciones finales**

El Sistema de Posicionamiento por Satélite, ya sea con GPS, GLONASS o GPS/GLONASS, es una herramienta imprescindible en la sociedad de nuestros días, y que los técnicos en todas las materias afectadas deben saber tratar, manipular y ejecutar correctamente, ya que supone, como hemos dicho, un adelanto en la calidad y rendimiento de los trabajos respecto a los métodos clásicos, que nunca se deben abandonar, pero que la evolución de otras técnicas obliga a ir dejando a un lado y recurrir a técnicas, no sólo más modernas, sino más fructíferas y que en un futuro cercano estarán en el idioma y rutina cotidiano de los profesionales de estos campos.

Se citan a continuación las **ventajas** que ofrece el posicionamiento por satélite en nuestro trabajo:

- No es necesaria la intervisibilidad entre estaciones, ya que el sistema de medida es indirecto entre ellas y directo a los satélites. Esto reduce el número de estacionamientos al poder salvar los obstáculos y reduce los errores accidentales y sistemáticos al no tener que realizar punterías ni tantos estacionamientos con intervisibilidad entre los puntos. En definitiva,

se reduce el tiempo de observación y los errores que se producen en ella. Debemos añadir además que la observación nocturna es totalmente operativa.

- Al trabajar con ondas de radio, estas no sufren efectos significativos a causa de la niebla, lluvia, fríos y calores extremos, y otros tipos de incidencias.
- El rango de distancias que se pueden alcanzar es mucho mayor, al no ser medidas directas. El mejor de los distanciómetros no supera los 4-5 Km de distancia, además del error que introduce. Con el posicionamiento por satélite podemos medir bases desde unos pocos metros hasta centenas y miles de Km.
- Dado que no se dispone de sistemas ópticos, su fragilidad es menor y su mantenimiento y calibración no es requerido con la frecuencia que lo requieren los instrumentos ópticos. Los costes de mantenimiento por ello son menores.
- El servicio de las señales que ofrecen los sectores espaciales y de control es totalmente gratuito, lo que supone sólo desembolsos en instrumentación de observación, cálculo y gastos para I+D.
- La obtención de los resultados es rápida, máxime si sumamos la obtención de los mismos en tiempo real (RTK). Además, las observaciones y los resultados son interpretables y tienen comprobación.
- La variedad de métodos de posicionamiento hace que sean sistemas apropiados y aptos para cualquier tipo de trabajo.

Por otro lado, los **inconvenientes** más relevantes son:

- No puede ser utilizado en obras subterráneas y a cielo cerrado.
- Tiene dificultades de uso en zonas urbanas, cerradas, con altos edificios y zonas arboladas y boscosas, debido a las continuas pérdidas de la señal de los satélites. Este problema, no obstante, se está solucionando, y de forma satisfactoria, con el uso combinado de las

constelaciones GPS y GLONASS para mantener siempre cinco o más satélites sobre el horizonte.

- El desconocimiento del sistema. El sistema de posicionamiento por satélite es una gran herramienta, y de fácil uso, pero ello no lleva consigo eximirse de su conocimiento y del tratamiento de sus observables correctamente, ya que de lo contrario, se pueden obtener resultados poco satisfactorios en precisión y rendimiento.

## **1. Planificación**

Es conveniente, para evitar pérdidas de tiempo en repeticiones de puestas y variaciones de planes, realizar una buena planificación de las observaciones y determinar cuál es la hora del día donde hay un mayor número de satélites, así como cuándo la geometría de la observación es más idónea, además de determinar el estado de salud de los satélites.

Para llevar a cabo esta etapa, los software para el post-proceso incorporan módulos de planificación, los cuales, a través de los almanaques radiodifundidos de las constelaciones, que podemos ir almacenando periódicamente o los almanaques ya existentes, y de las posiciones de los lugares de observación, podemos conocer el número de satélites, salud, bondad de la geometría de la observación, periodo óptimo de observación, etc. Podemos, además marcar las obstrucciones que puedan existir en el lugar de la observación. Esto se puede realizar para cualquier lugar del planeta durante las 24 horas del día.

## **2. Observación**

Una vez decidido el lugar, el día y la hora de la observación, debemos elegir el método de posicionamiento adecuado en función del tipo de trabajo a realizar y de sus precisiones.

Una vez en el campo, debemos introducir en la unidad de control del receptor los parámetros de la observación, entre los que destacan como más importantes:

Método de posicionamiento para que el software del receptor almacene correctamente los datos.

Máscara de elevación. Se recomienda no usar máscaras inferiores a 10° sexagesimales. Debemos tener en cuenta que en la etapa de observación podemos usar máscaras amplias, y que luego en la etapa de cálculo las podemos reducir, es decir aumentar el ángulo de elevación, si lo consideramos oportuno.

Establecimiento del intervalo de grabación en segundos (épocas). Cada época va a ser un tiempo de grabación de datos. Se pueden elegir y establecer en múltiplos de 60, es decir, épocas de 1, 2, 3, 5, 10, 15, 30, etc, segundos. Hay que tener en cuenta que a menor valor de época, mayor cantidad de datos almacenados en la tarjeta, y por lo tanto, se deberá elegir un menor tiempo de puesta de observación para no agotar su capacidad. A modo de ejemplo, se puede decir que 15 minutos de observación grabando épocas cada 5 segundos equivale a 45 minutos grabando épocas cada 15 segundos, ya que la cantidad de información grabada y la capacidad agotada de almacenamiento de la tarjeta es prácticamente la misma, en función del número de satélites y de la cantidad de observables que se recojan en la observación. Existen instrumentos que son capaces de grabar la información en modo compacto, es decir, utilizan toda la información disponible entre una época de grabación y la siguiente, en lugar de grabar sólo la información del instante en el que se materializa la época.

### **3. Cálculo**

En primer lugar se debe proceder a insertar los datos de las observaciones en el software. En el caso de trabajar en tiempo real, esto lo realiza la propia unidad de control. Así mismo, se deben comprobar todos los datos y atributos referentes a cada punto, tales como nombres, alturas de antena, etc.

A continuación, se procede a calcular un punto singular o single point de todos los puntos que hayan constituido una estación en el trabajo.

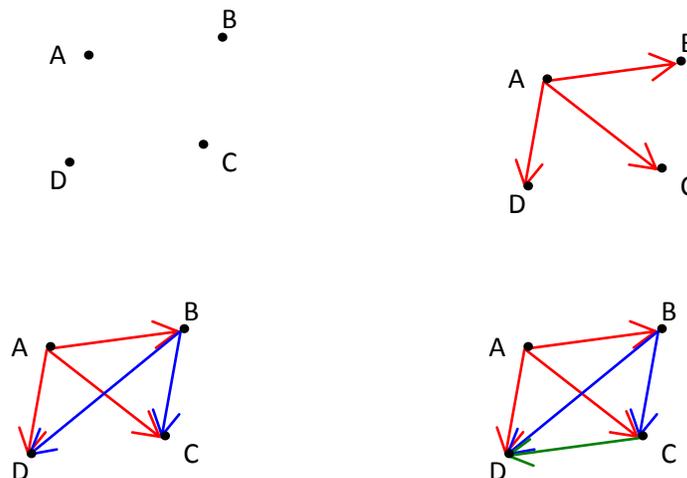
El siguiente paso es determinar los parámetros correctos y apropiados para el cálculo de las líneas base, es decir:

- \* Máscara de elevación.
- \* Corrección ionosférica y troposférica.
- \* Tipo de efemérides usadas.
- \* Combinación de observables a utilizar.
- \* Parámetros estadísticos de errores máximos tolerables (radio, pérdidas de ciclo, señal/ruido, satélite de referencia, etc....)

Seguidamente, se procede al cálculo de las líneas base de una manera ordenada, es decir, siguiendo algún criterio, como puede ser aquel de calcular todas las líneas base que lleguen a un mismo punto antes de tomar éste como referencia para calcular otras líneas base, o algún otro criterio que se estime adecuado.

Es importante que una línea base nunca debe ser calculada en las dos direcciones con los mismos datos de observación, ya supondría incluir líneas linealmente dependientes en el sistema.

Un criterio de cálculo puede ser el representado las siguientes figuras:



Una vez calculadas todas las líneas base, se deben revisar totalmente los ficheros de resultados, así como los resultados de todos los test estadísticos, ya que en ocasiones puede ocurrir que el cálculo no sea satisfactorio y debemos ser conscientes de ello en todo momento.

Tras el cálculo satisfactorio de las líneas base, el siguiente paso es realizar el ajuste de la figura formada por todas las líneas base calculadas. Los paquetes de software incorporan un módulo de ajuste que utilizan la técnica de mínimos cuadrados y donde el usuario debe seleccionar una serie de parámetros para realizar el ajuste como son:

- \* El número de iteraciones
- \* Parámetros estadísticos del test de detección de errores groseros.
- \* Pesos de las observaciones, etc.

Finalmente, una vez obtenidas las coordenadas ajustadas de todos los puntos, puede ser necesario realizar una transformación de coordenadas para pasar los puntos al sistema de coordenadas locales. Para ello, los paquetes de software disponen de un módulo de transformación de coordenadas, en donde, a partir de una serie de puntos con coordenadas en los dos sistemas se calculan los parámetros de transformación de un sistema a otro por mínimos cuadrados, parámetros que se aplican al resto de los puntos para transformarlos al sistema local. Para realizar la transformación debemos elegir el elipsoide al que queremos referir las coordenadas, la proyección y la zona que determinan ese sistema local.

Una vez que ya tenemos las coordenadas de todos los puntos en el sistema de coordenadas locales, queda finalizada la etapa del cálculo.

#### **4.8 EQUIPO GEODÉSICO R-7 TRIMBLE**

El sistema Trimble R7 GNSS es un receptor GNSS multicanal y multifrecuencia combinado con una radio UHF en una sola unidad compacta. Trimble R7 GNSS combina una tecnología avanzada con un eficaz diseño para proporcionar la máxima flexibilidad, precisión y productividad.

TECNOLOGIA TRIMBLE R-TRACK PARA PROPORCIONAR UNA COMPLETA COMPATIBILIDAD CON GNSS. Potenciada por un motor RTK mejorado, la tecnología Trimble R-Track en el Trimble R7 GNSS es compatible con las señales L2C y L5 de modernización del sistema GPS, así como con las señales GLONASS.

FLEXIBLES OPCIONES DE ANTENA POR SEPARADO. Utilice la antena2 con plano de tierra Trimble Zephyr Geodetic 2 para minimizar la trayectoria múltiple de señales en la base Trimble R7 GNSS, proporcionando así datos "más limpios".

NUEVA COMUNICACIÓN INALÁMBRICA BLUETOOTH. Para disponer de una conveniencia adicional y tener menos problemas con los cables, el Trimble R7 GNSS incluye una conexión inalámbrica Bluetooth a un controlador de Trimble, tal como el controlador Trimble TSC2. LA ORIGINAL SOLUCIÓN "INTEGRATED SURVEYING" Y MUCHO MÁS. El sistema Trimble R7 GNSS ha sido diseñado para ser compatible con la solución de topografía integrada Integrated Surveying original de Trimble Combine los datos GPS y ópticos en un solo archivo de trabajo en un software de campo potente de Trimble, tal como Trimble Survey Controller, luego transfiera el archivo de trabajo ininterrumpidamente al software de oficina de Trimble, como por ejemplo Trimble Business Center, para el procesamiento del mismo.

#### **4.8.1 PRECISION DE GPS**

##### **4.8.1.1 Características técnicas y prestaciones**

- **PRECISIÓN**

- Posición: oficialmente aproximadamente  $\pm 1 \text{ m}$  (en el 95 % del tiempo). En la realidad un GPS portátil monofrecuencia de 12 canales paralelos ofrece una precisión de entre 1mm en más del 95 % del tiempo. Con el WAAS / EGNOS / MSAS activado, la precisión asciende de 1 mm.

- Hora: 1 ns
- **COBERTURA: mundial**
- **CAPACIDAD DE USUARIOS: ilimitada**
- **SISTEMA DE COORDENADAS:**
  - Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84).
  - Centrado en la Tierra, fijo.
- Integridad: tiempo de notificación de 15 minutos o mayor. No es suficiente para la aviación civil.

Disponibilidad: 24 satélites y 21 satélites. No es suficiente como medio.

### **SEÑAL GPS**

Cada satélite GPS emite continuamente un mensaje de navegación a 50 bits por segundo en la frecuencia transportadora de microondas de aproximadamente 1.600 MHz. La radio FM, en comparación, se emite a entre 87,5 y 108,0 MHz y las redes Wi-Fi funcionan a alrededor de 5000 MHz y 2400 MHz. Más concretamente, todos los satélites emiten a 1575,42 MHz (esta es la señal L1) y 1227,6 MHz (la señal L2).

La señal GPS proporciona la "hora de la semana" precisa de acuerdo con el reloj atómico a bordo del satélite, el número de semana GPS y un informe de estado para el satélite de manera que puede deducirse si es defectuoso. Cada transmisión dura 30 segundos y lleva 1500 bits de datos codificados. Esta pequeña cantidad de datos está codificada con una secuencia pseudoaleatoria (PRN) de alta velocidad que es diferente para cada satélite. Los receptores GPS conocen los códigos PRN de cada satélite y por ello no sólo puede decodificar la señal, sino que la pueden distinguir entre diferentes satélites.

Las transmisiones son cronometradas para empezar de forma precisa en el minuto y en el medio minuto tal como indique el reloj atómico del satélite. La primera parte de la señal GPS indica al receptor la relación

entre el reloj del satélite y la hora GPS. La siguiente serie de datos proporciona al receptor información de órbita precisa del satélite.

#### **4.9 ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL GPS DIFERENCIAL**

##### **Pantalla:**

Base: indicar

Rover: A color

Táctil/ Base y Rover con mínimo de 4.1"

Teclado: Base y Rover: Alfanumérico: Alfanumérico QWERTY

Batería: Alimentación externa de hasta 30V, voltaje de batería interna mayor a 7.0V, duración de 6 horas en modo estático y 4 horas en modo RTK, consumo de baterías menores a 4 W (base Rover)

##### **Comunicación:**

- Rango de frecuencia de la radio interna y externa de 400 a 470 MHz
- Potencia de transmisión de la externa hasta 35W
- Rango de comunicaciones entre 5Km a 30 Km (Radio externa)
- Bluetooth integrado, USB, serial (Rover)
- Comunicación y conexión inalámbricas entre colector y receptor

##### **Puertos de Comunicación:**

1 puerto USB, Bluetooth incluido en el equipo y 0.1 puerto serie (RS-232C)

##### **Almacenamiento:**

Memoria interna 256MB (Base y Rover) o memoria con capacidad de almacenamiento de más de 720 horas continuas de datos.

Memoria expandible con tarjetas compac flash, SD o cualquier formato de memoria compatible con el equipo ofertado, incluir una memoria de 16GB (Base).

##### **Funcionamiento:**

- En modo estático y cinemático.
- Tipo de receptor de doble frecuencia L1/L2

- Captación de canales simultáneos
- Debe captar códigos GPS, Glonass, Galileo, Compass, SBAS

#### **Precisión:**

- Precisión horizontal estática hasta 3mm +1ppm
- Precisión vertical estática hasta 5mm+1ppm
- Precisión horizontal RTK hasta 10mm+1ppm
- Precisión vertical RTK hasta 20mm+1ppm
- Precisión DGPS menor a 0.5m
- Tiempo de inicialización RTK menor a 10s

#### **Condiciones de Operación:**

Garantizar para trabajar en condiciones climatológicas adversas, resistencia al agua, vibraciones, golpes y a la humedad ambiental, mínimamente debe cumplir con IP65, para Base y Rover.

#### **Accesorios:**

De la misma marca del equipo

- Accesorios completos otorgados por la marca para un correcto funcionamiento del equipo.

#### **Componentes mínimos del receptor base:**

Antena GPS, L1, L2/RTK, controlador GPS, Termina Windows, soporte para antena en caso de ser externo, base nivelante con plomada óptica, medidor de altura, trípode metálico para receptor base, trípode metálico para antena de radio en caso de ser externo, 04 baterías internas y una externa, cable de alimentación, tarjeta de memoria 16GB a mas, radio modem, antena de radio modem, soporte de antena de radio en caso de ser externo, 02 cargadores de batería, bluetooth incorporado.

#### **Componentes mínimos del receptor móvil:**

Antena GPS, L1, L2/RTK controlador GPS, termina Windows, soporte para antena en caso de ser externo, base nivelante con plomada óptica,

medidor de altura, trípode metálico, 04 baterías internas, de acción superior del bastón de aluminio con rosca para antena, sesión inferior del bastón aluminio con punto, empuñadura con nivel circular, soporte para terminal, radio modem, 01 antena para radio, tarjeta de memoria de 16 GB a mas, 02 cargadores de batería, bluetooth, incorporado.

**Protección antirrobo:**

El equipo deberá contar con un PIN, para su funcionamiento.

**Software:**

Adicionalmente deberá incluirse un CD con todo el software instalado en el equipo.

**Programas incorporados:**

Según marca y modelo del equipo, software de post proceso profesional completo, del mismo fabricante del equipo.

#### **4.10 TRATAMIENTO DE LAS FOTOGRAFÍAS**

No voy a llegar y descubrirlos lo que es un dron, y su aplicación práctica en el mundo de la fotografía y el vídeo. El resultado final va a depender mucho de la cámara que podamos montar ahí arriba - hará falta un buen dron, también de las manos de piloto y operario de cámara, pero lo que sí está cambiando radicalmente con los vehículos voladores es la perspectiva desde la que podemos hacer las cosas. Sin embargo el tratamiento que se le da a las fotografías obtenidas en campo primero se debe hacer una selección de las fotos tomadas por el dron ya que no todas las fotos servirán para el proceso en el programa del Photo Scan. Luego de haber obtenido las fotos finales se procede a poner los puntos de control terrestre para realizar los procesos de dicha aerofotografía.

##### **4.10.1 Resolución de fotos**

La **resolución de una imagen** indica la cantidad de detalles que puede observarse en esta. El término es comúnmente utilizado en relación a

imágenes de fotografía digital, pero también se utiliza para describir cuán nítida (como antónimo de granular) es una imagen de fotografía convencional (o fotografía química). Tener mayor resolución se traduce en obtener una imagen con más detalle o calidad visual.

Para las imágenes digitales almacenadas como mapa de bits, la convención es describir la resolución de la imagen con dos números enteros, donde el primero es la cantidad de columnas de píxeles (cuántos píxeles tiene la imagen a lo ancho) y el segundo es la cantidad de filas de píxeles (cuántos píxeles tiene la imagen a lo alto).

Es bueno señalar que si la imagen aparece como granular se le da el nombre de **pixelada** o **pixelosa**.

La convención que le sigue en popularidad es describir el número total de píxeles en la imagen (usualmente expresado como el múltiplo correspondiente a millón, mega-), que puede ser calculado multiplicando la cantidad de columnas de píxeles en una imagen por la cantidad de filas. A continuación se presenta una ilustración sobre cómo se vería la misma imagen en diferentes resoluciones.

Para saber cuál es la resolución de una cámara digital debemos conocer los píxeles de ancho x alto a los que es capaz de obtener una imagen. Así una cámara capaz de obtener una imagen de 1600 x 1200 píxeles tiene una resolución de  $1600 \times 1200 = 1.920.000$  píxeles, es decir 1,92 megapíxeles.

Además, hay que considerar la resolución de impresión, es decir, los puntos por pulgada (ppp) a los que se puede imprimir una imagen digital de calidad. A partir de 200 ppp podemos decir que la resolución de impresión es buena, y si queremos asegurarnos debemos alcanzar los 300 ppp porque muchas veces la óptica de la cámara, la limpieza del objetivo o el procesador de imágenes de la cámara digital disminuyen la calidad.

Para saber cuál es la resolución de impresión máxima que permite una imagen digital hay que dividir el ancho de esa imagen (por ejemplo, 1600 entre la resolución de impresión 200,  $1600/200 = 8$  l para una foto digital de 1600 píxeles de largo es de 8 pulgadas de largo (20,32 cm) en calidad 200 ppp ( $1600/300=5.33$  pulgadas - 13,54 cm - en el caso de una resolución de 300 ppp). Una pulgada equivale a 2,54 cm.

#### **4.10.2 Procesos de vuelo de dron**

- Ubicación del vuelo.
- Se coloca puntos de control terrestre como mínimo (03 puntos) máximo 08 puntos.
- Se calibra el dron
- Se define una altura de vuelo (40 metros)
- Se elabora los transectos o línea de vuelo (cada empalme de fotografía debe de tener más 60%)
- Para que no haya vacíos se preferencia se realiza vuelos horizontales y verticales.
- Para hacer un vuelo tridimensional se pone la cámara en un ángulo de 35°.
- Falta precisión: en el equipo usado para este trabajo tiene un error de 1mm en tiempo real comparado con otro equipo (las coordenadas tomadas por un GPS navegador solo es ubicación el error de este equipo es de +- 7 metros en cambio el GPS tiene una posición real).

#### **4.11 PROCESO DE FILTRADO**

Es el conjunto de técnicas englobadas dentro del pre procesamiento de imágenes cuyo objetivo fundamental es obtener, a partir de una imagen origen, otra final cuyo resultado sea más adecuado para una aplicación específica mejorando ciertas características de la misma que posibilite efectuar operaciones del procesamiento sobre ella.

Los principales objetivos que se persiguen con la aplicación de filtros son:

- Suavizar la imagen: reducir la cantidad de variaciones de intensidad entre píxeles vecinos.
- Eliminar ruido: eliminar aquellos píxeles cuyo nivel de intensidad es muy diferente al de sus vecinos y cuyo origen puede estar tanto en el proceso de adquisición de la imagen como en el de transmisión.
- Realzar bordes: destacar los bordes que se localizan en una imagen.
- Detectar bordes: detectar los píxeles donde se produce un cambio brusco en la función intensidad.

Por tanto, se consideran los filtros como operaciones que se aplican a los píxeles de una imagen digital para optimizarla, enfatizar cierta información o conseguir un efecto especial en ella.

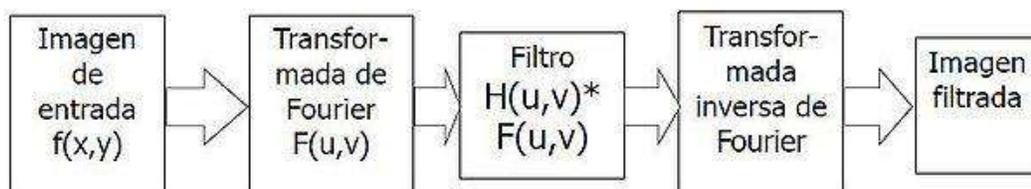
El proceso de filtrado puede llevarse a cabo sobre los dominios de frecuencia y/o espacio.

#### 4.11.1 Filtrado en el dominio de la frecuencia

Los filtros de frecuencia procesan una imagen trabajando sobre el dominio de la frecuencia en la Transformada de Fourier de la imagen. Para ello, ésta se modifica siguiendo el Teorema de la Convolución correspondiente:

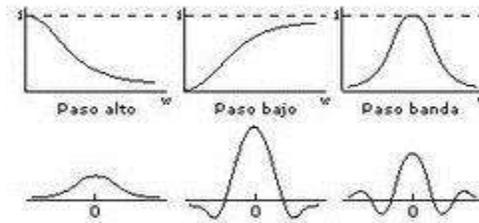
1. se aplica la Transformada de Fourier,
2. se multiplica posteriormente por la función del filtro que ha sido escogido.
3. para concluir re-transformándola al dominio espacial empleando la Transformada Inversa de Fourier.

Como la multiplicación en el espacio de Fourier es idéntica a la convolución en el dominio espacial, todos los filtros podrían, en teoría, ser implementados como un filtro espacial.



*Etapas del procesamiento de imágenes en el dominio de la frecuencia.*

## TIPOS



Filtros en el dominio de la frecuencia y espacio.

Existen básicamente tres tipos distintos de filtros que pueden aplicarse:

- **Filtro paso bajo:** atenúa las frecuencias altas y mantiene sin variaciones las bajas. El resultado en el dominio espacial es equivalente al de un filtro de suavizado, donde las altas frecuencias que son filtradas se corresponden con los cambios fuertes de intensidad. Consigue reducir el ruido suavizando las transiciones existentes.
- **Filtro paso alto:** atenúa las frecuencias bajas manteniendo invariables las frecuencias altas. Puesto que las altas frecuencias corresponden en las imágenes a cambios bruscos de densidad, este tipo de filtros es usado, porque entre otras ventajas, ofrece mejoras en la detección de bordes en el dominio espacial, ya que estos contienen gran cantidad de dichas frecuencias. Refuerza los contrastes que se encuentran en la imagen.
- **Filtro paso banda:** atenúa frecuencias muy altas o muy bajas manteniendo una banda de rango medio.

## VENTAJAS

- Método simple y sencillo de implementar.
- Fácil asociación del concepto de frecuencia con ciertas características de la imagen; cambios de tonalidad suaves implican frecuencias bajas y cambios bruscos frecuencias altas.
- Proporciona flexibilidad en el diseño de soluciones de filtrado.
- Rapidez en el filtrado al utilizar el Teorema de la Convulación.

## DESVENTAJAS

- Se necesitan conocimientos en varios campos para desarrollar una aplicación para el procesamiento de imágenes.

- El ruido no puede ser eliminado completamente.

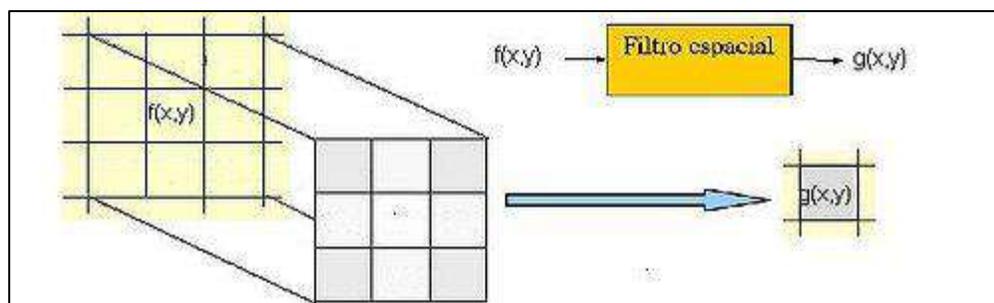
#### 4.11.2 Filtrado en el dominio del espacio

Las operaciones de filtrado se llevan a cabo directamente sobre los píxeles de la imagen. En este proceso se relaciona, para todos y cada uno de los puntos de la imagen, un conjunto de píxeles próximos al píxel objetivo con la finalidad de obtener una información útil, dependiente del tipo de filtro aplicado, que permita actuar sobre el píxel concreto en que se está llevando a cabo el proceso de filtrado para, de este modo, obtener mejoras sobre la imagen y/o datos que podrían ser utilizados en futuras acciones o procesos de trabajo sobre ella.

Los filtros en el dominio del espacio pueden clasificarse en:

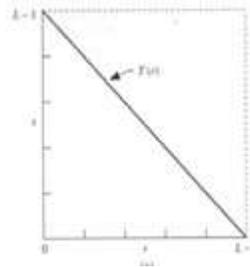
- **Filtros lineales** (filtros basados en *kernels* o *máscaras de convolución*).
- **Filtros no lineales**

El concepto de *kernel* se entiende como una matriz de coeficientes donde el entorno del punto  $(x,y)$  que se considera en la imagen para obtener  $g(x,y)$  está determinado por el tamaño y forma del kernel seleccionado. Aunque la forma y tamaño de esta matriz es variable y queda a elección de cada usuario, es común el uso de kernels cuadrados  $n \times n$ . Dependiendo de la implementación, en los límites de la imagen se aplica un tratamiento especial (se asume un marco exterior de ceros o se repiten los valores del borde) o no se aplica ninguno. Es por ello, que el tipo de filtrado queda establecido por el contenido de dicho kernel utilizado.



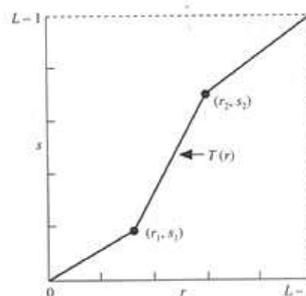
#### 4.12 TRATAMIENTO DE IMAGEN POR PROCESAMIENTO DE PUNTO

Se trata de la mejora de la imagen considerando los métodos de procesamiento que se basan sólo en la intensidad de píxeles individuales. En lo que sigue llamaremos  $r$  y  $s$  a la intensidad de los píxeles antes y después del procesado. A continuación, se presentan ejemplos de tratamiento de imagen por procesamiento de punto utilizando el software de acceso libre Imagen:



-Negativos de imágenes: La idea de esta transformación es invertir el orden de blanco a negro, de forma que la intensidad de la imagen de salida disminuya conforme la intensidad de la imagen de entrada aumente. Mediante Imagen es sencillo realizar el negativo de una imagen. Ésta se conseguiría a partir de la Lookup Table, Invert LUT.

-Aumento del contraste:



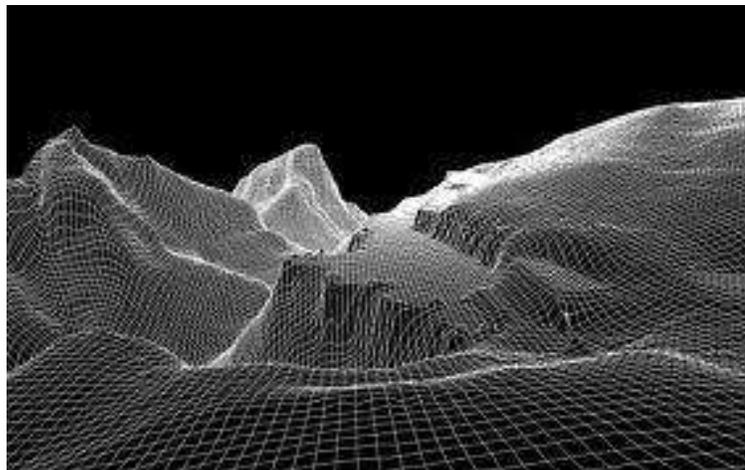
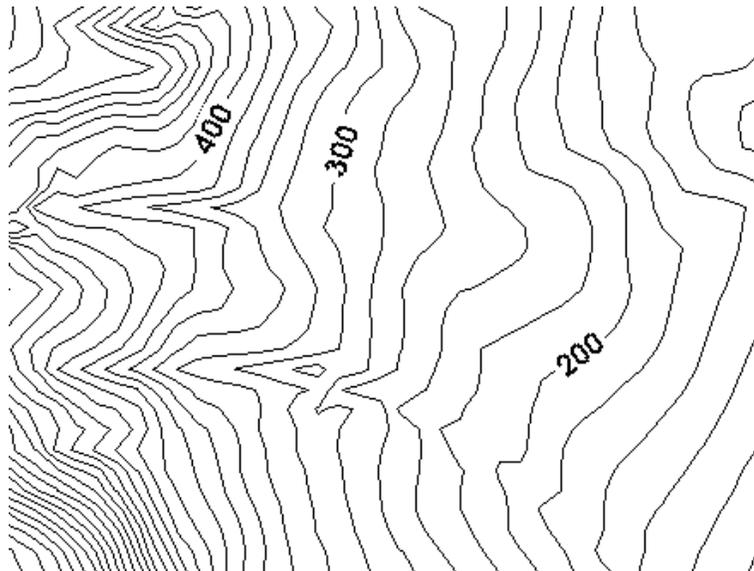
La idea del aumento de contraste consiste en incrementar el rango dinámico de los niveles de gris de la imagen que se está procesando. La ubicación de los puntos  $(r_1, s_1)$  y  $(r_2, s_2)$  controla la forma de la función de transformación.

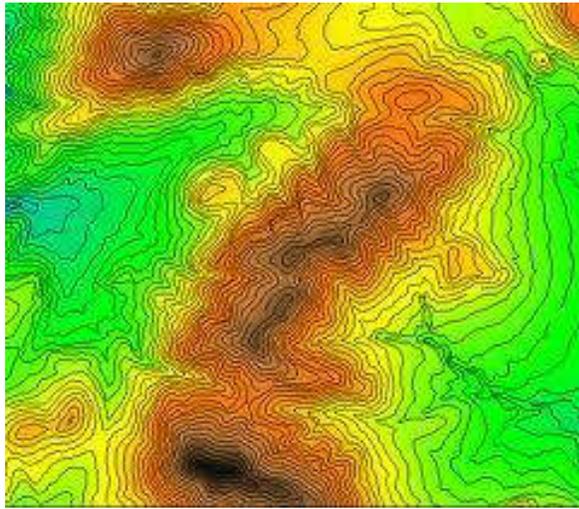
A partir de la opción "Calibrate" del ImageJ, diseñé la función de transformación siguiente que me permite incrementar el contraste de la imagen original.

- Fraccionamiento del nivel de gris: Si se desea destacar un rango específico del nivel de gris de una imagen, se puede por ejemplo adjudicar un valor alto a todos aquellos niveles de gris del rango de interés y uno bajo a los restantes.
- Fraccionamiento de los planos de bits: A veces puede desearse destacar la contribución que realizan a la imagen determinados bits específicos en vez de un rango determinado, es lo que se consigue con esta transformación.

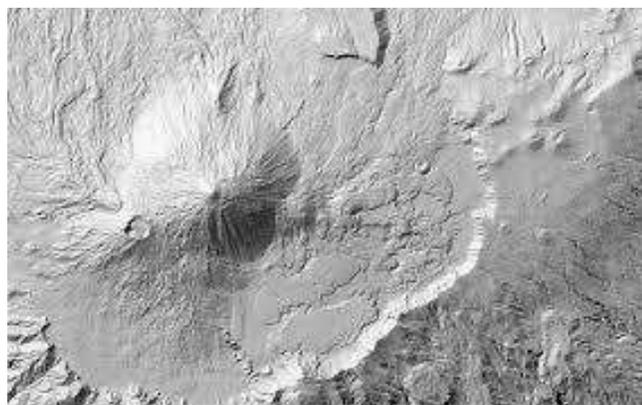
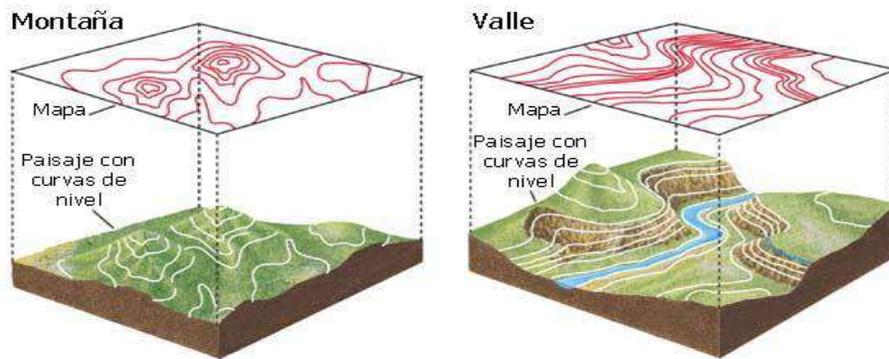
## 4.13 PROCESOS DE TRATAMIENTOS DE FOTOS

### 4.13.1 CURVAS DE NIVEL Vs. MDT (MDE)





Fuente: Fuente: CCSFL



Fuente: Fuente: CCSFL

### 4.13.2 Georeferenciación

Equipo: GPS Diferencial R7 GNSS

Tipo de Medición: PPK (Stop And Go)

Correcciones: Post-Proceso

| <b>Modelo Matemático</b> | <b>N° de Puntos</b> |
|--------------------------|---------------------|
| Primer Orden             | 3                   |
| Segundo Orden            | 6                   |
| Tercer Orden             | 10                  |

Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal – DSFL

| <b>Método de Asignación</b> | <b>Aplicación</b>                          |
|-----------------------------|--|
| Vecino Más Cercano          | Nominales u Ordinales.                     |
| Interpolación Bilineal      | Superficies Continuas.                     |
| Convolución Cúbica          | Fotografías Aéreas o Imágenes de Satélite. |

Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - DSFL

### 4.13.2 Generación de superficie

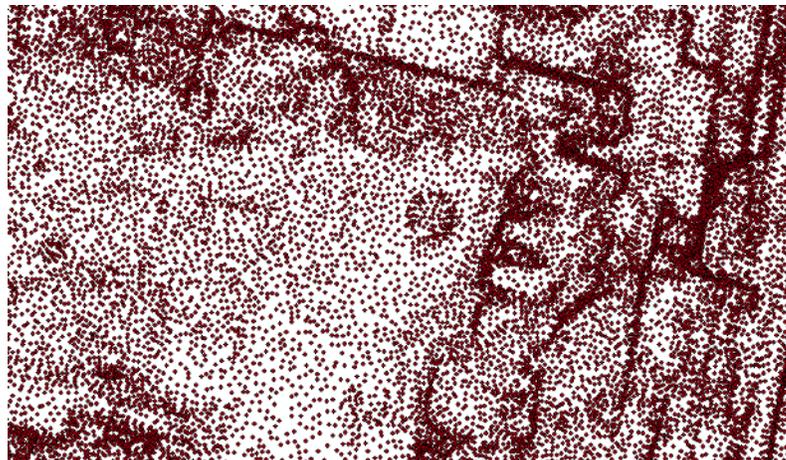
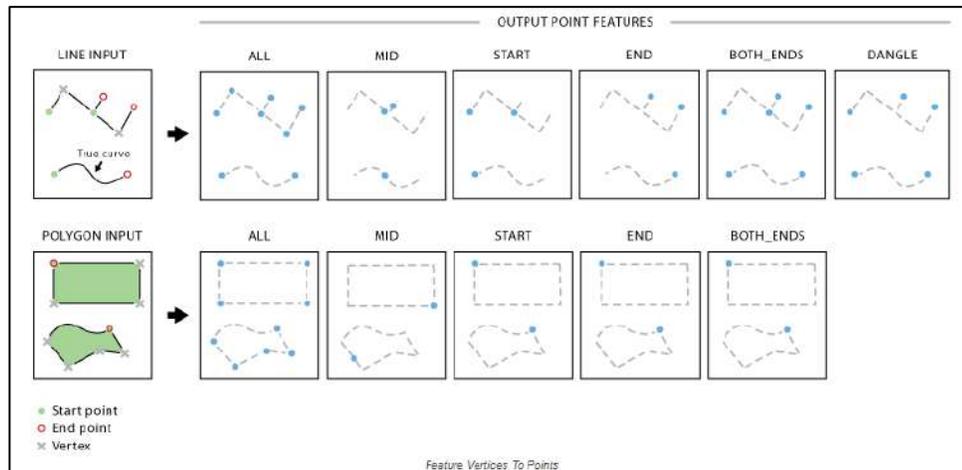
PhotoScan (AGI Soft)

- Generación del Modelo.
- Asignación de Puntos de Georeferenciación.
- Generación de Ortofoto
- Exportación del TIN (\*.dxf)

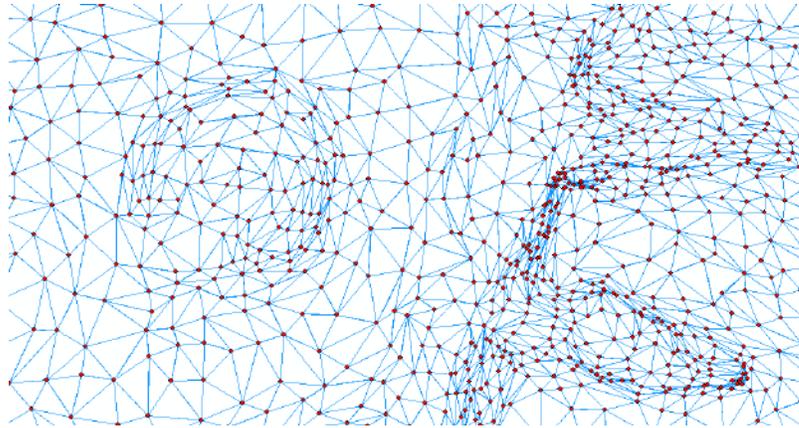
ARCGIS

- Obtención de Puntos 3D
- Obtención de la Superficie
- Generación de Curvas de Nivel

### 4.13.3 Obtención de puntos 3d a partir de vértices de entidades

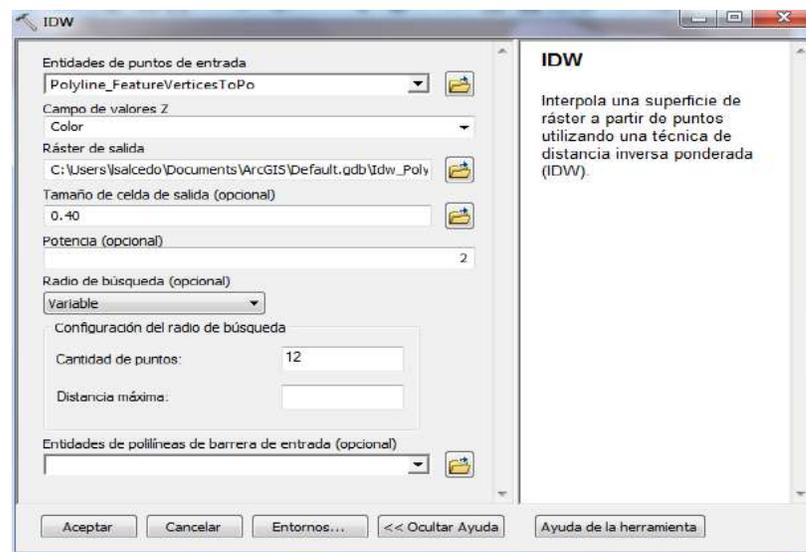
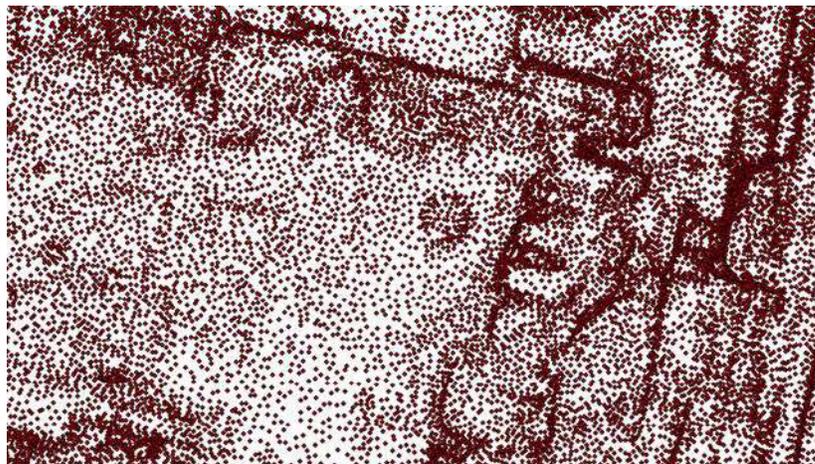


Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

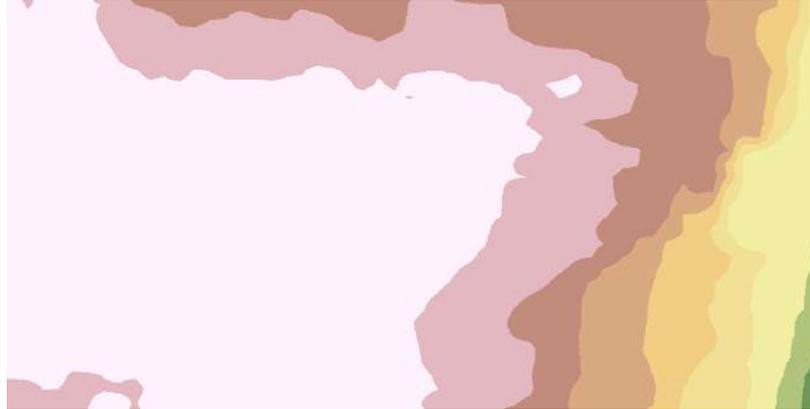


Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

#### 4.13.4 Obtención de la superficie

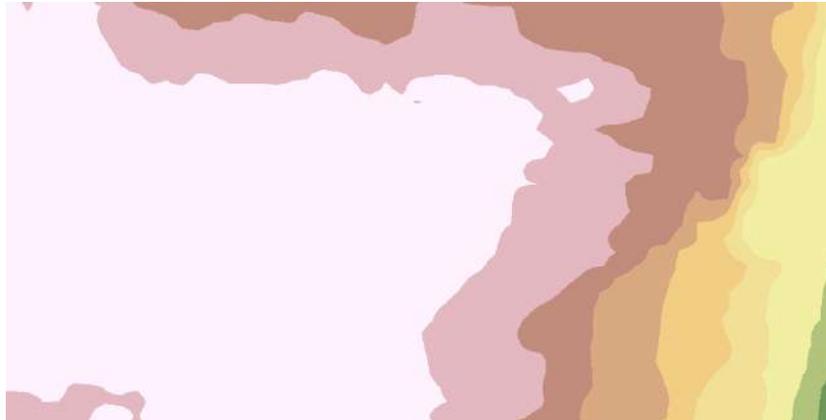


Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

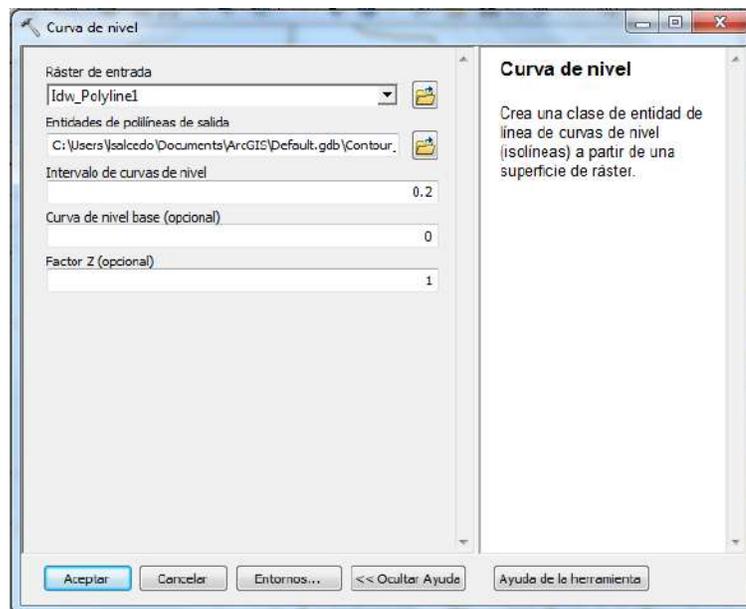


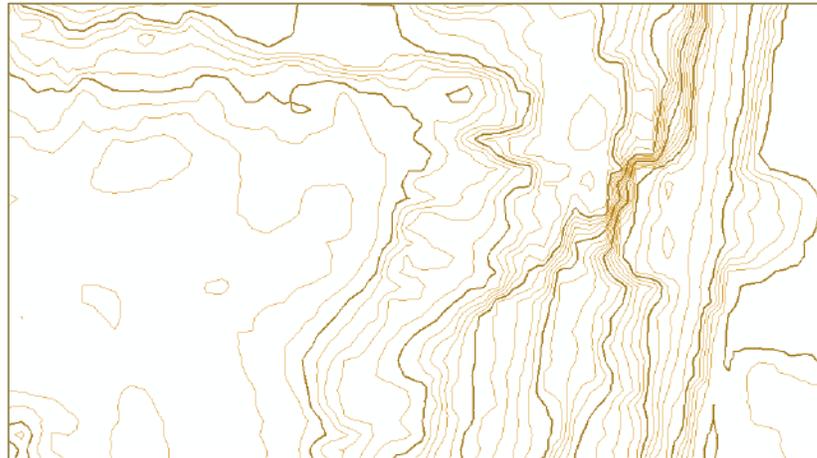
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

#### 4.13.5 Generación de curvas de nivel a partir de la superficie



Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal – CCSFL

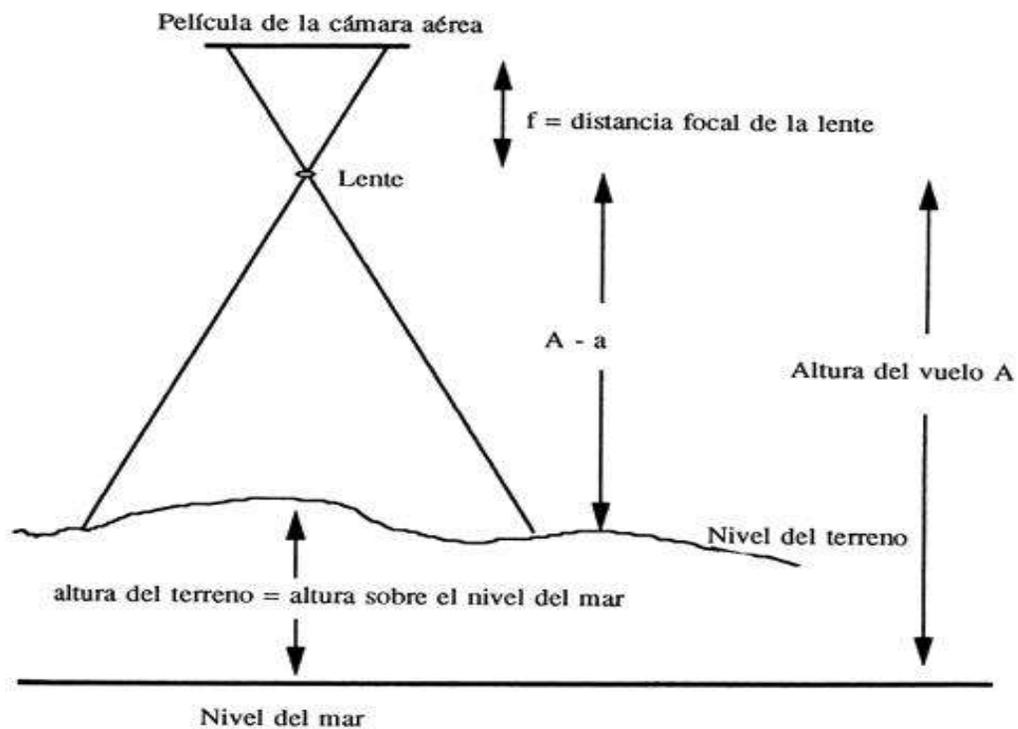




Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

#### 4.13.6 Criterios fotogramétricos

| Altura de Vuelo | Distancia Focal | Escala de la Foto | Escala de la Cartografía |
|-----------------|-----------------|-------------------|--------------------------|
| 50 m.           | 16 mm.          | 1/3000            | 1/750                    |
| 15 m.           | 16 mm.          | 1/1000            | 1/250                    |



Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

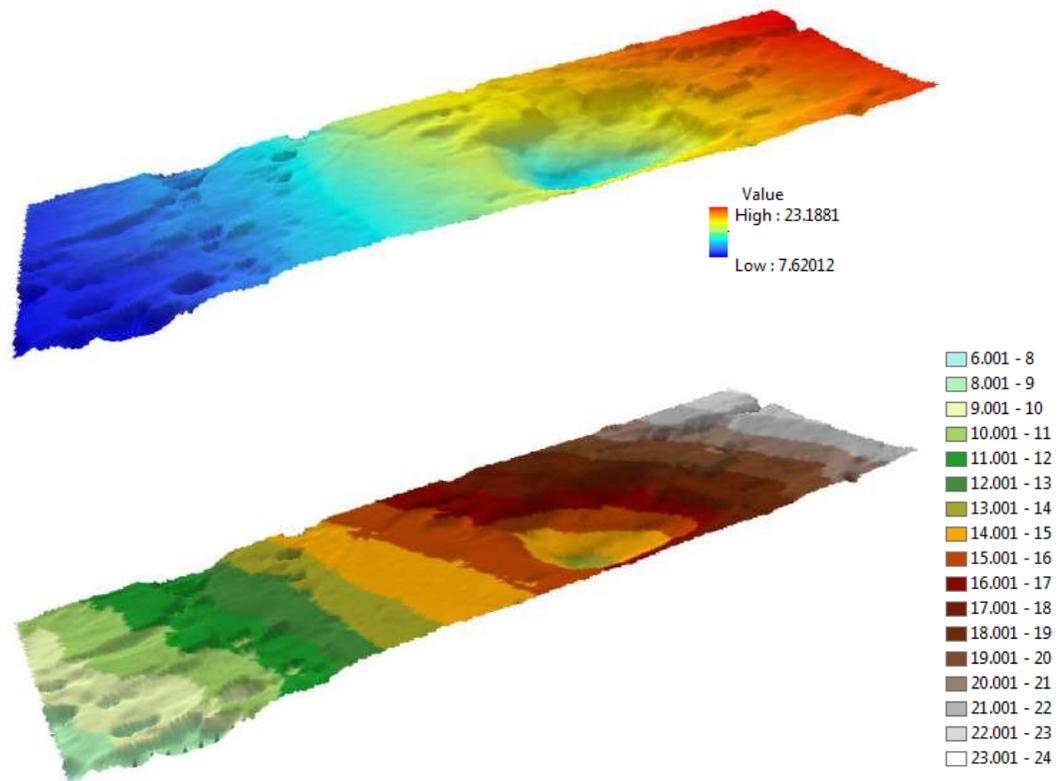
#### 4.13.7 Criterios cartográficos

Precisión Horizontal:  
 0.4 mm. x Escala

| Escala | Factor  | Precisión Horizontal |
|--------|---------|----------------------|
| 1/750  | 0.4 mm. | 0.30 m.              |
| 1/250  | 0.4 mm. | 0.10 m.              |

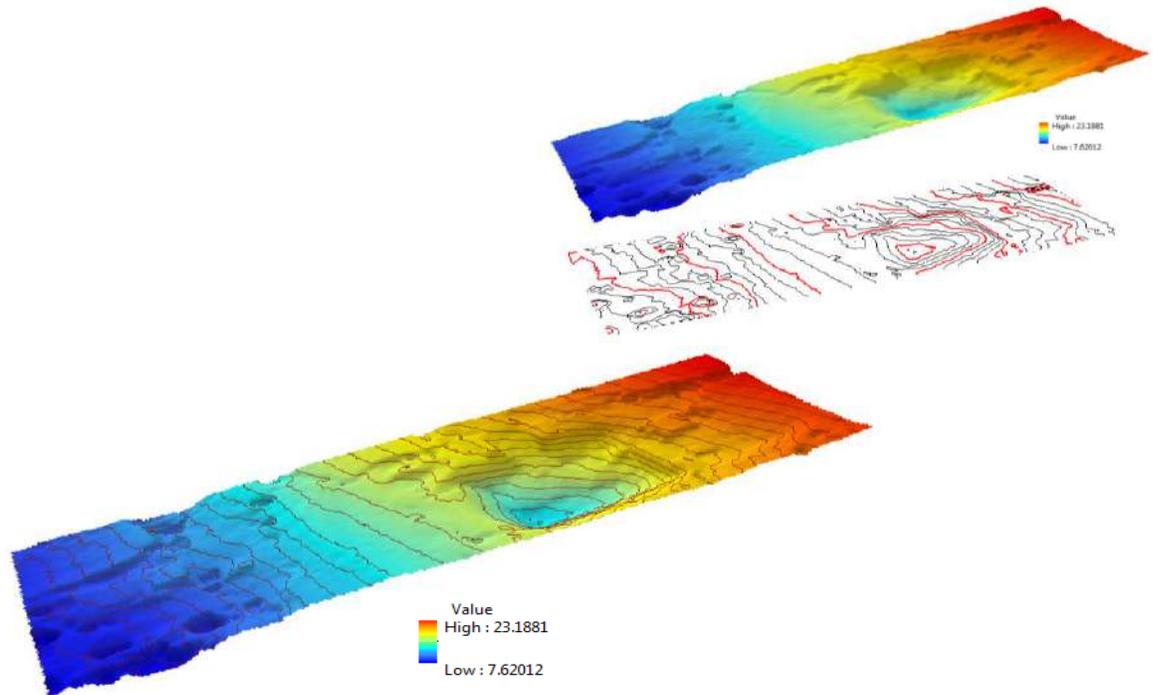
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - DSFL

#### 4.13.8 Análisis de elevaciones



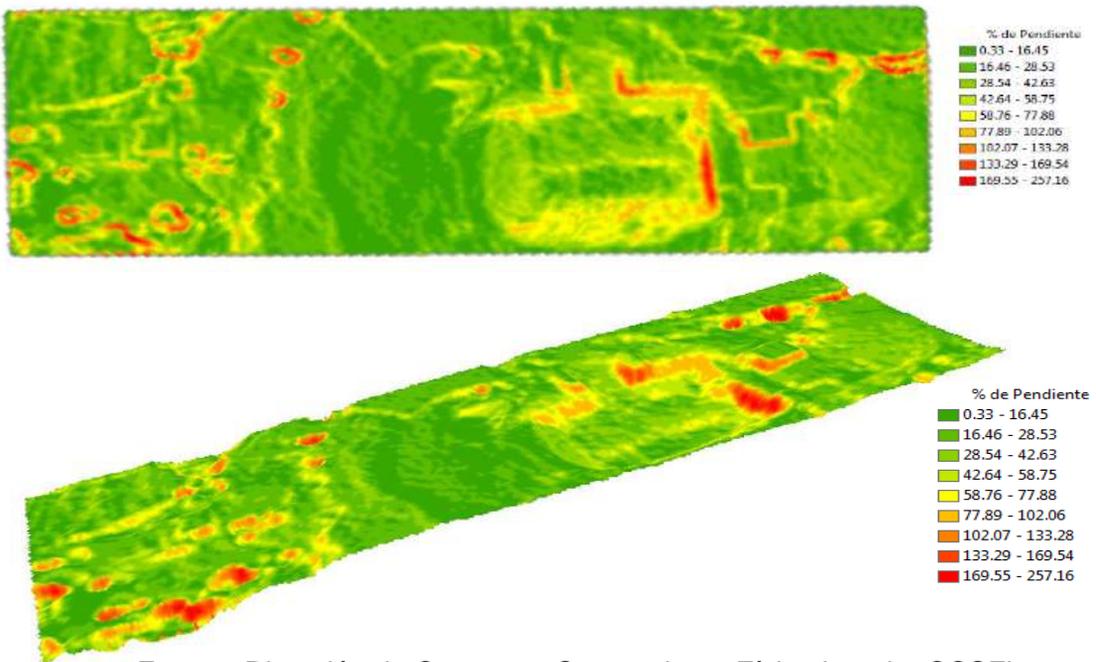
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

### 4.13.9 Combinación de información



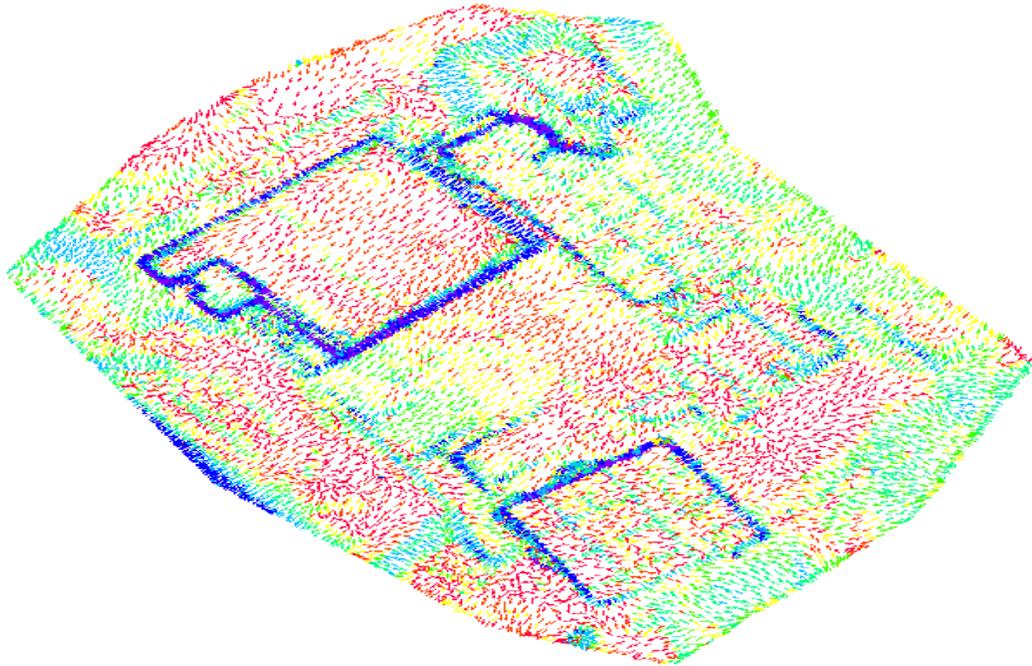
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

### 4.13.10 Análisis de pendientes



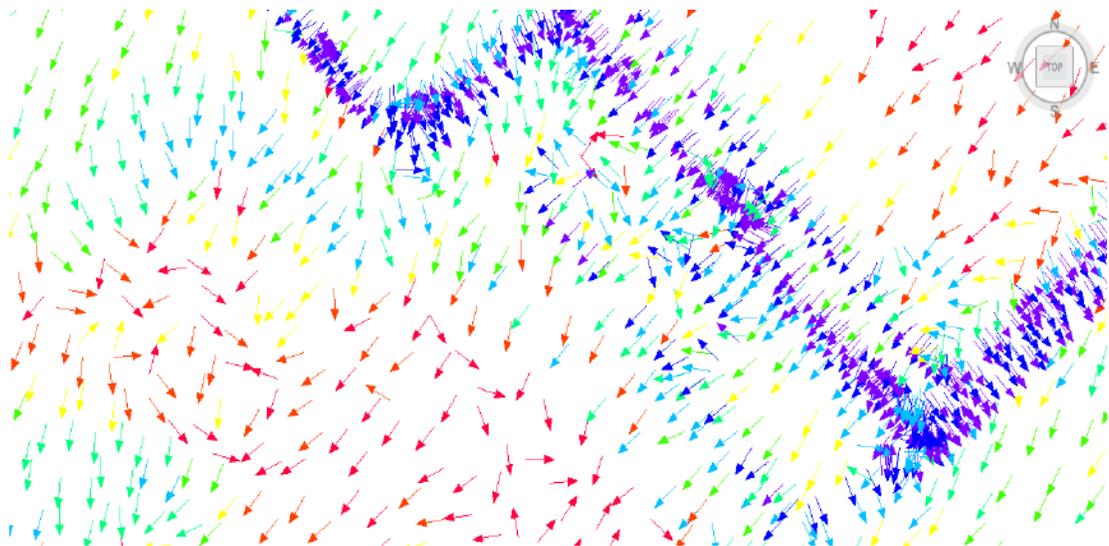
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal – CCSFL

#### 4.13.11 Análisis de dirección de pendientes



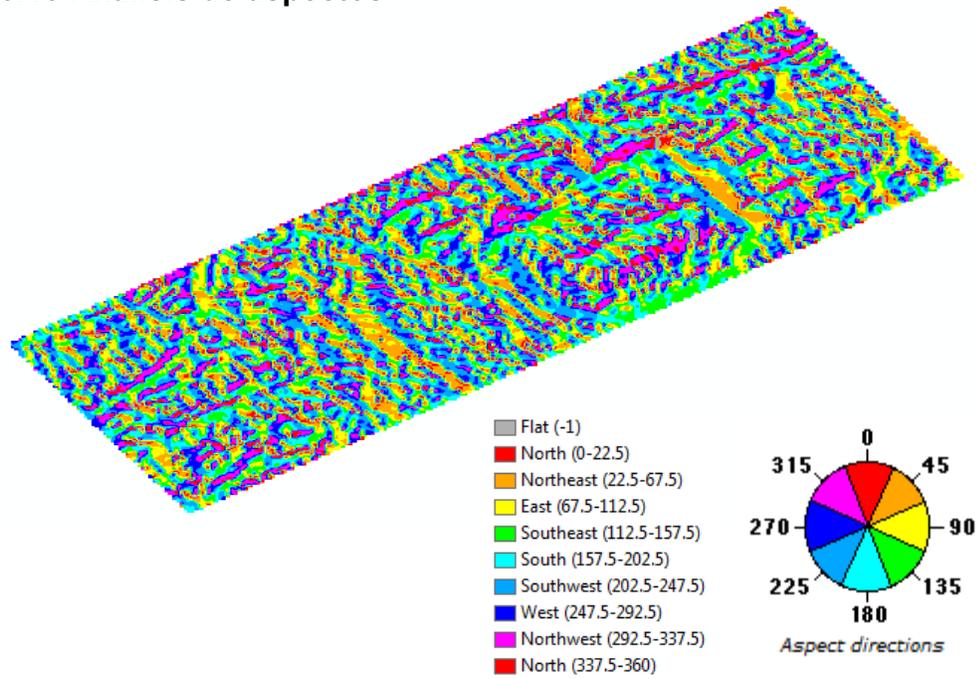
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

#### 4.13.12 Detalle del análisis de dirección de pendientes



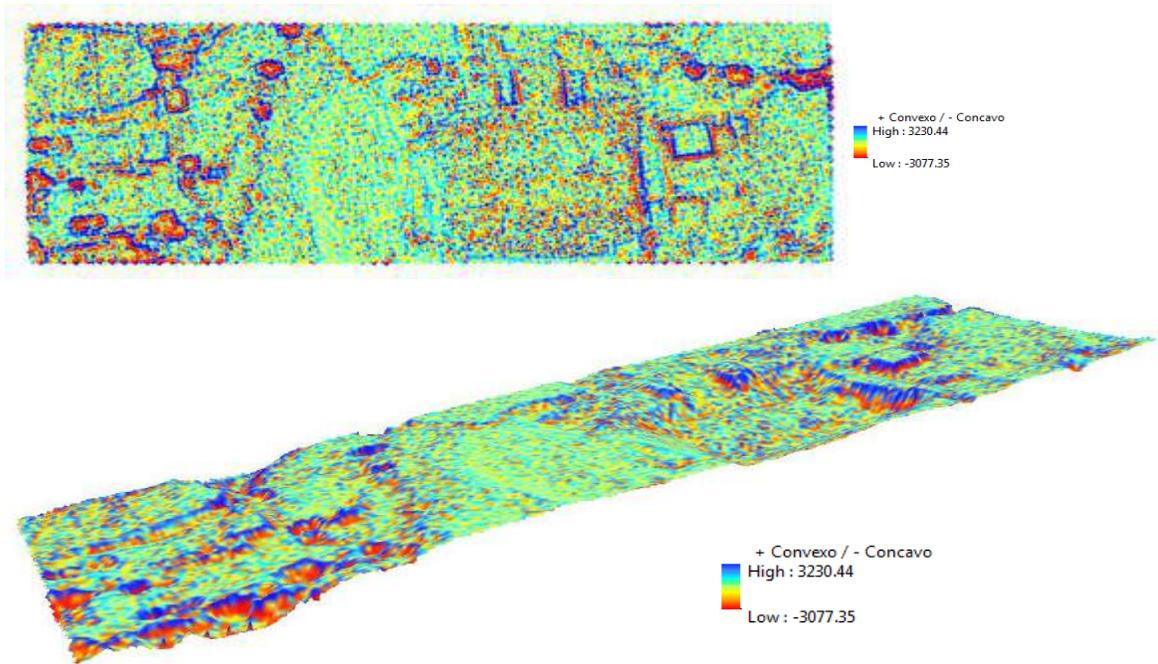
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

### 4.13.13 Análisis de aspectos



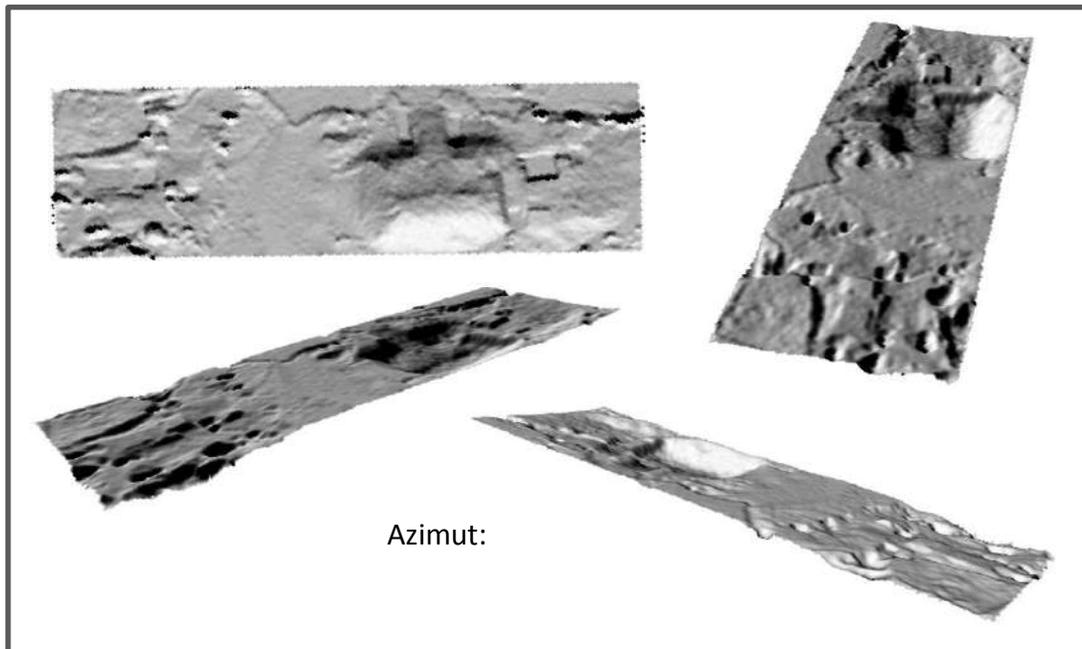
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

### 4.13.14 Análisis de curvatura



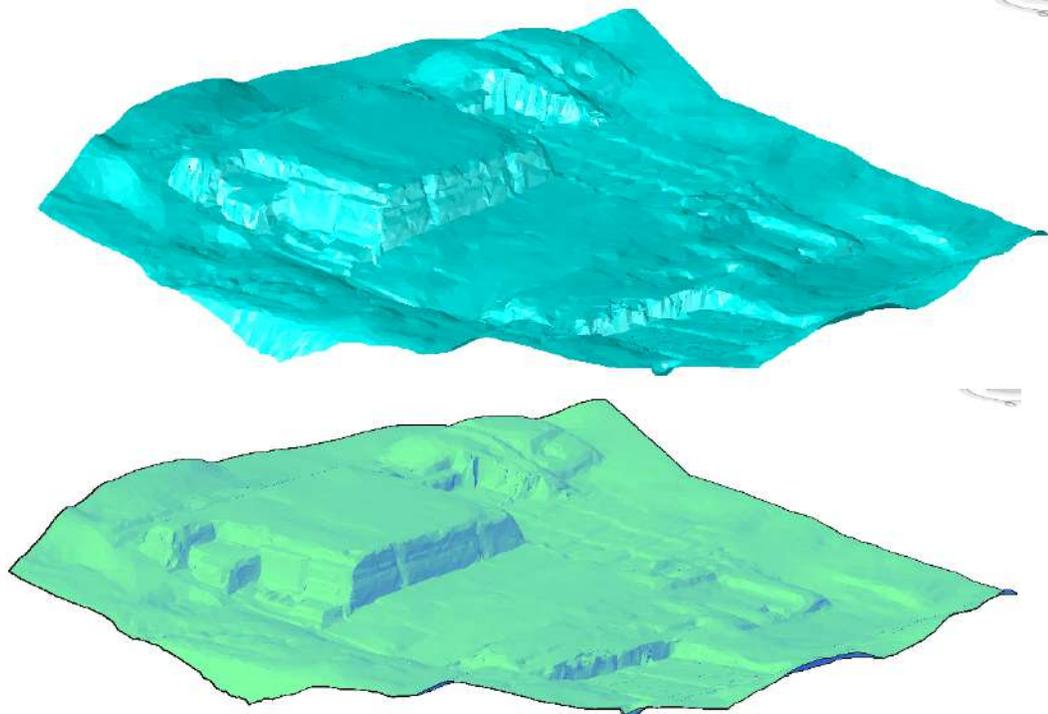
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal – CCSFL

#### 4.13.15 Análisis de sombras



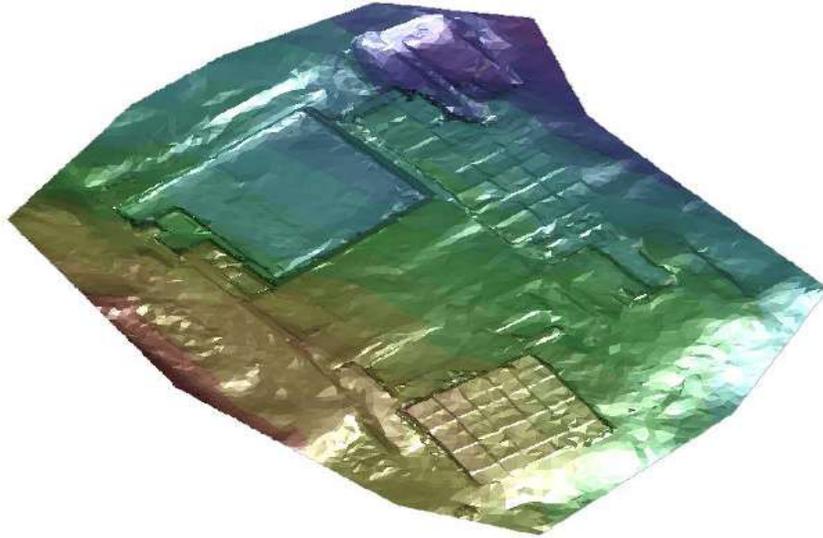
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

#### 4.13.16 Vista ortogonal



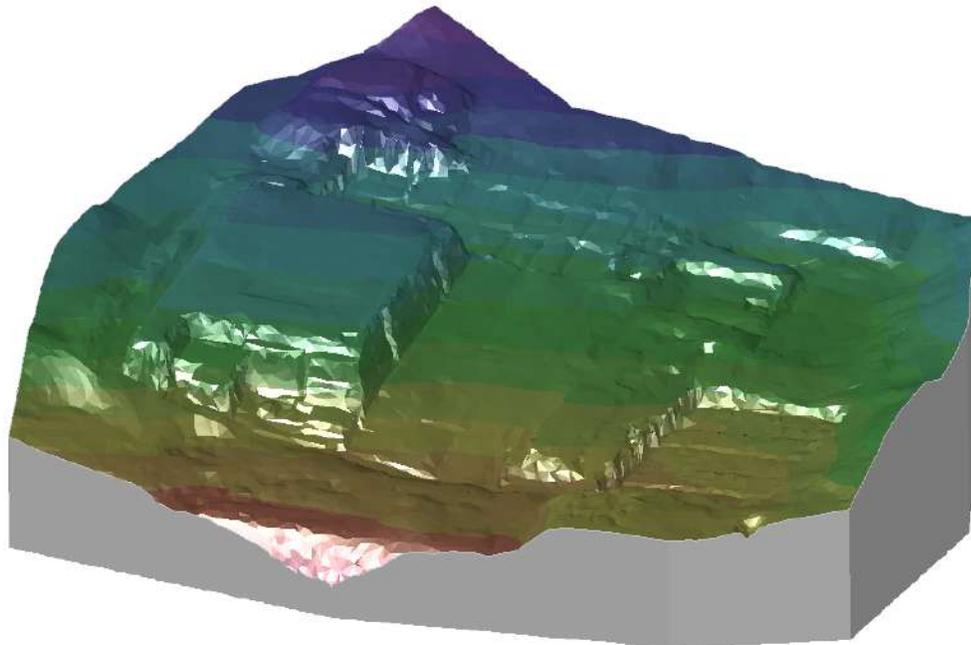
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

#### 4.13.17 Vista superior



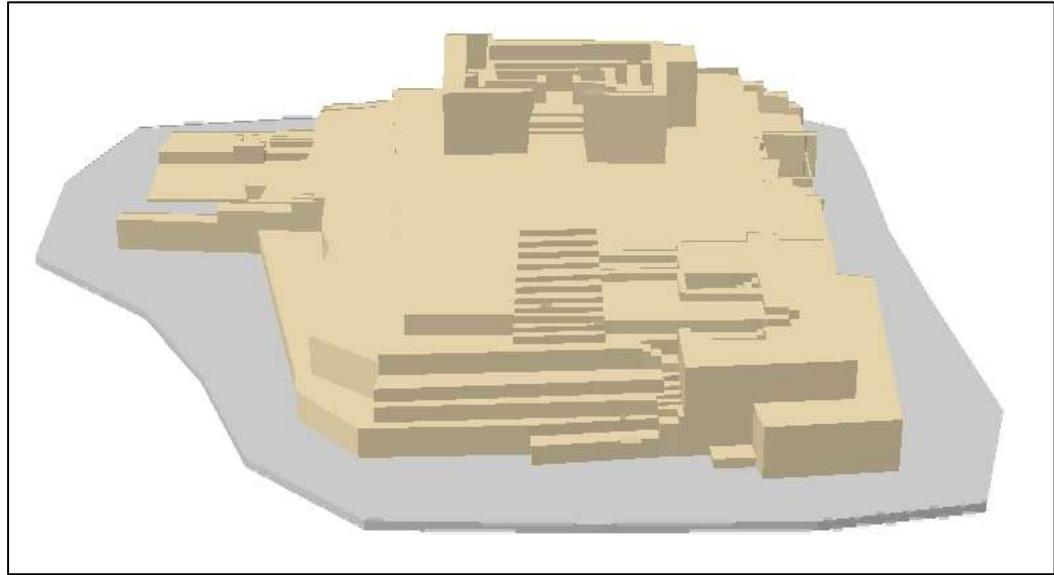
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

#### 4.13.18 Vista isométrica



Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

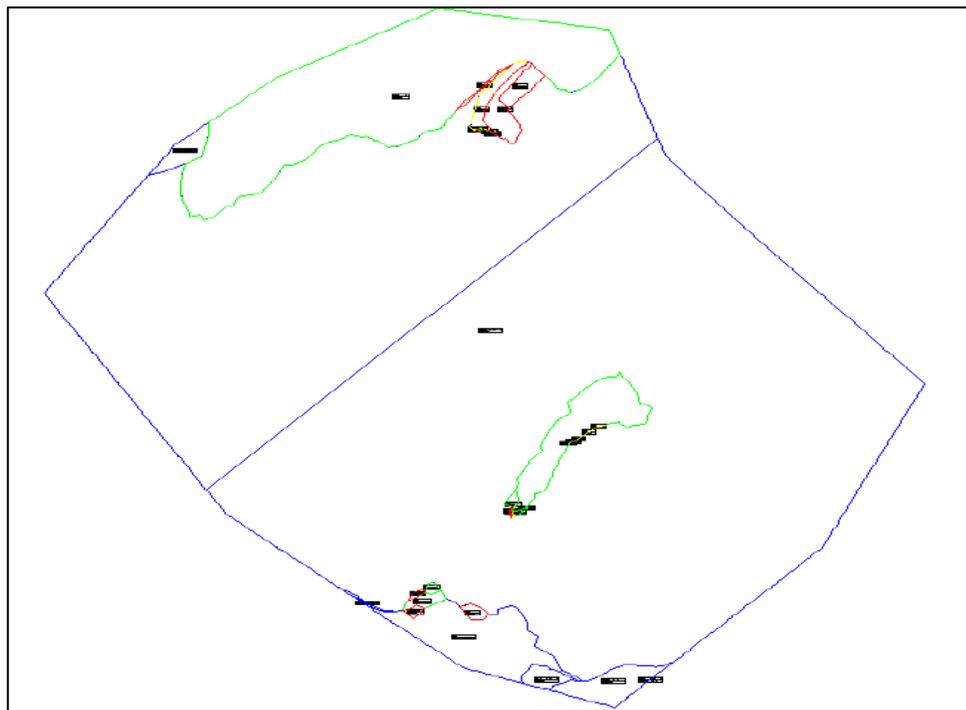
#### 4.13.19 Reconstrucción virtual



Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

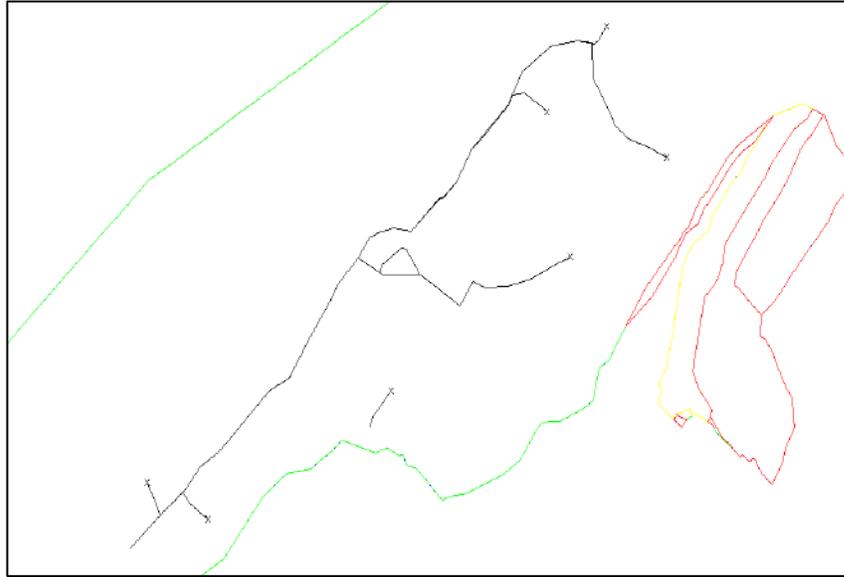
#### 4.13.20 Conservación: Delimitación de cuencas drenaje

##### Delimitación de cuencas de drenaje

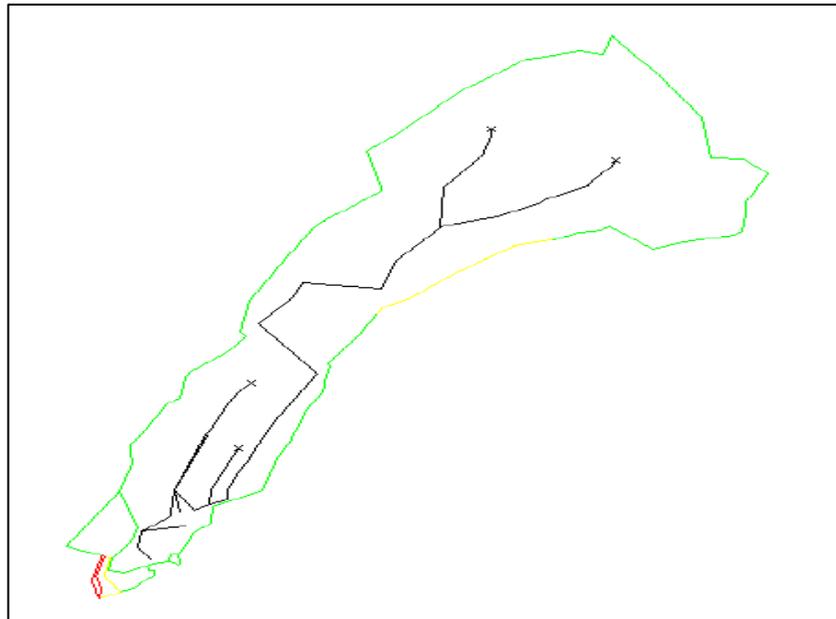


Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

#### 4.13.21 Puntos de acumulación de agua

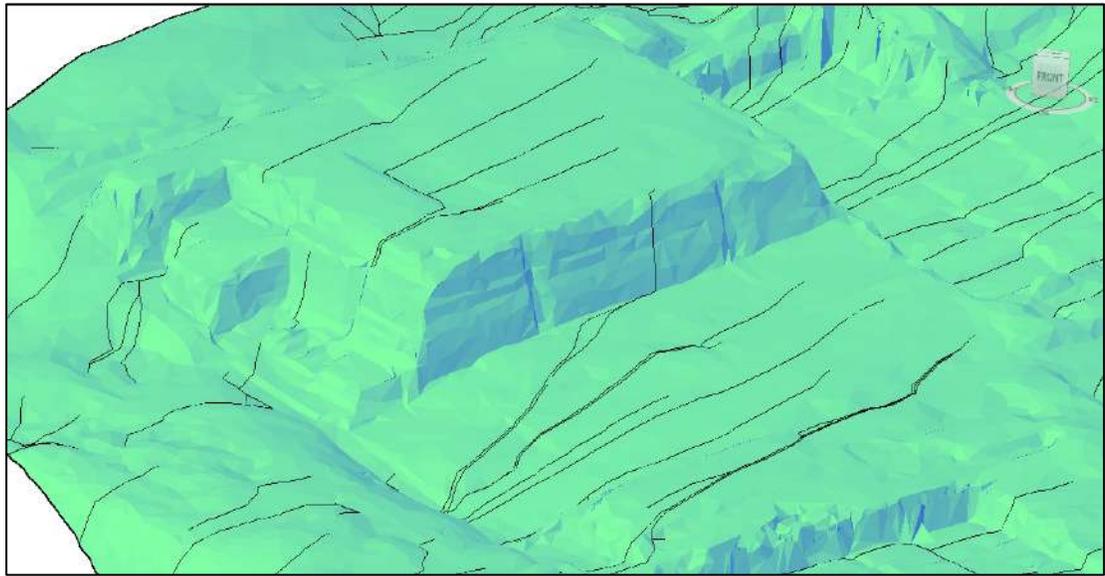


Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal – CCSFL



Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

#### 4.13.2 Visualización 3D: escorrentías y acumulación de agua



Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

#### 4.14 PROCESOS DEL SOFTWARE

##### Alignment Parameters

##### Pair preselection (Preselección de par)

El proceso de alineación de grandes colecciones de fotografías puede llevar mucho tiempo. Una parte importante de este período de tiempo que se gasta en la coincidencia de las características detectadas a través de las fotos. Opción de preselección par de imágenes puede acelerar este proceso debido a la selección de un subconjunto de pares de imágenes, que se ajustará. En el modo de preselección Genérico los pares superpuestos de fotos son seleccionados por fotos coincidentes con el menor ajuste de precisión de primera.

En el modo de preselección de referencia de los pares superpuestos de fotos se seleccionan basándose en las ubicaciones de la cámara de medición (si está presente). Para imágenes oblicuas, es necesario establecer el valor de altura del terreno (altura de planta promedio en el mismo sistema que se establece para la cámara de coordenadas de

datos de coordenadas) en el cuadro de diálogo Configuración del panel de referencia para hacer la preselección funciona el procedimiento de manera eficiente. Información de la altitud del suelo debe estar acompañada con guiñada, cabeceo, datos de balance para las cámaras. Guiñada, cabeceo, datos de balance debe ser de entrada en el panel de referencia. Adicionalmente los siguientes parámetros avanzados se pueden ajustar.

### **Límite de puntos clave**

El número indica el límite superior de puntos de características en cada imagen para ser tenido en cuenta durante la etapa de procesamiento actual. Utilizando el valor cero permite PhotoScan para encontrar la mayor cantidad de puntos clave como sea posible, pero puede dar lugar a un gran número de puntos menos fiables.

### **Límite de punto de unión**

El número indica el límite superior de hacer coincidir los puntos para cada imagen. Utilizando el valor cero no se aplica ningún tipo de filtrado punto de unión.

### **Limitar las funciones de máscara**

Cuando se activa esta opción, las áreas con máscara se excluyen del procedimiento de detección de características. Para obtener información adicional sobre el uso de máscaras, consulte la sección Uso de máscaras.

### **Point cloud generation based on imported camera data (La generación de nubes de puntos en base a datos de la cámara importada)**

PhotoScan compatible con la importación de parámetros de orientación de la cámara externa e interna. Por lo tanto, si los datos de la cámara precisa están disponibles para el proyecto, es posible cargarlos en PhotoScan junto con las fotos, que se utilizará como

información inicial para el trabajo de reconstrucción en 3D. Para importar parámetros de la cámara externos e internos:

1. Cámaras comando Seleccionar Importar en el menú Herramientas.
2. Seleccionar el formato del archivo a importar.
3. Buscar el archivo y haga clic en el botón Abrir.
4. Los datos se cargan en el software.

Los datos de calibración de la cámara pueden ser inspeccionados en el diálogo Calibración de la cámara, pestaña, disponible en el menú Herramientas ajustado. Si el archivo de entrada contiene algunos datos de referencia (datos de la posición de la cámara en algún sistema de coordenadas), los datos se muestran en el panel de referencia, en la ficha Vista estimado.

La cámara se pueden cargar en uno de los siguientes formatos: PhotoScan \* .xml, BINGO \* .dat, \* Bündler .out, VisionMap Informe detallado \* .txt, \* Realviz RZML .rzml.

Una vez cargados los datos, PhotoScan ofrecerá la construcción de nubes de puntos. Este paso implica la detección de puntos de características y procedimientos correspondientes. Como resultado, un punto de enturbiamiento escaso - representación 3D de los datos de puntos de enlace, se generará. Construir el comando Punto nube está disponible en Herramientas - Lazo menú de puntos. Parámetros que controlan Construir Point procedimiento de la nube son los mismos que los utilizados en Align Fotos etapa.

### **Building dense point cloud (La construcción densa nube de puntos)**

PhotoScan permite generar y visualizar un modelo de nube de puntos densa. Sobre la base de las posiciones estimadas de la cámara el programa calcula la información de profundidad para cada cámara que se combinan en un solo punto de enturbiamiento denso. PhotoScan

tiende a producir nubes adicionales densas de puntos, que son de casi la misma densidad, si no más densa, como nubes de puntos LIDAR. Un punto de niebla densa se puede editar y clasificar dentro del entorno PhotoScan o exportarse a una herramienta externa para su posterior análisis. Para construir una densa nube de puntos

1. Comprobar el cuadro de límite de volumen de reconstrucción. Para ajustar el cuadro delimitador utilizar los botones de la barra de cambio de tamaño y rotación Región. Girar el cuadro delimitador y arrastre las esquinas de la caja a las posiciones deseadas.
2. Seleccionar la construcción densa nube comando desde el menú de flujo de trabajo.
3. En el cuadro de diálogo densa nube Build seleccione los parámetros de reconstrucción deseados. Haga clic en el botón OK cuando haya terminado.
4. Aparecerá el cuadro de diálogo de progreso que muestra el estado de procesamiento actual. Para cancelar el procesamiento clic botón Cancelar.

### **Reconstruction parameters (parámetros de reconstrucción)**

#### **Quality (Calidad)**

Especifica la calidad de la reconstrucción deseada. Los valores más altos de calidad se pueden utilizar para obtener la geometría más detallada y precisa, pero requieren más tiempo para su procesamiento. Interpretación de los parámetros de calidad aquí es similar a la de la configuración de precisión dada en la sección de fotos de alineación. La única diferencia es que en este caso ajuste Ultra Alta calidad significa el procesamiento de fotos originales, mientras que cada paso siguiente implica la reducción de escala preliminar tamaño de la imagen en un factor de 4 (2 veces por cada lado). Adicionalmente los siguientes parámetros avanzados se pueden

ajustar.

### **Depth Filtering modes (modos de filtrado de profundidad)**

En la etapa de reconstrucción densa nube de punto de generación PhotoScan calcula mapas de profundidad para cada imagen. Debido a algunos factores, como imágenes con ruido o mal enfocadas, no puede haber algunos valores atípicos entre los puntos. Para solucionar los valores atípicos PhotoScan tiene varios algoritmos de filtrado integradas que respondan a los retos de los diferentes proyectos.

Si hay pequeños detalles importantes que se distinguen espacialmente en la escena que ser reconstruido, a continuación, se recomienda establecer el modo de filtrado de profundidad leve, de las características importantes de no ser resuelto como atípicos. Este valor del parámetro también puede ser útil para proyectos aéreos en caso de que el área contiene mal textura techos, por ejemplo.

Si el área a ser reconstruido no contiene pequeños detalles significativos, entonces es razonable para elegir el modo de filtrado de profundidad agresiva para resolver la mayor parte de los valores atípicos. Este valor del parámetro normalmente recomendada para el procesamiento de datos de la antena, sin embargo, el filtrado de leve puede ser útil en algunos proyectos, así (ver techos mal textura comentan en la descripción del parámetro valor leve arriba).

Modo de filtrado de profundidad moderada aporta resultados que se encuentran en los enfoques entre leves y agresivo. Usted puede experimentar con la configuración en caso de que tenga dudas el modo a escoger.

Además filtrado de profundidad se puede desactivar. Sin embargo, esta opción no se recomienda como la nube densa resultante podría ser muy ruidoso.

## **Building mesh (malla de construcción)**

### **To build a mesh (Para construir una malla)**

1. Comprobar el cuadro de límite de volumen de reconstrucción. Si ya se ha hecho referencia el modelo, el cuadro delimitador debe estar correctamente posicionado de forma automática. De lo contrario, es importante para controlar su posición manualmente. Para ajustar manualmente la caja de contorno, utilice los botones de la barra de cambio de tamaño y rotación Región. Girar el cuadro delimitador y arrastre las esquinas de la caja a las posiciones deseadas - sólo una parte de la escena dentro del cuadro delimitador será reconstruida. Si el método de reconstrucción de campo Altura se va a aplicar, es importante controlar la posición de la parte roja del rectángulo de selección: se define plano de reconstrucción. En este caso, asegúrese de que el cuadro delimitador está orientado correctamente.
2. Seleccionar la fabricación de malla comando desde el menú de flujo de trabajo.
3. En el cuadro de diálogo Generar Malla seleccione los parámetros de reconstrucción deseados. Haga clic en el botón OK cuando haya terminado.
4. Aparecerá el cuadro de diálogo de progreso que muestra el estado de procesamiento actual. Para cancelar el procesamiento clic botón Cancelar.

### **Reconstruction parameters (parámetros de reconstrucción)**

PhotoScan admite varios métodos de reconstrucción y configuraciones, que ayudan a producir reconstrucciones óptimas para un determinado conjunto de datos.

### **Surface type (tipo de superficie)**

Tipo de superficie arbitraria puede ser utilizado para el modelado de cualquier tipo de objeto. Debe seleccionarse para objetos cerrados, tales como estatuas, edificios, etc. No tiene ninguna hipótesis sobre el tipo del objeto que está siendo modelado, que tiene un costo de un mayor consumo de memoria.

Altura tipo de superficie campo está optimizado para el modelado de superficies planas, tales como terrenos. Debe seleccionarse para la antena de procesamiento de la fotografía como se requiere menor cantidad de memoria y permite el procesamiento más grandes conjuntos de datos.

### **Source data (Datos fuente)**

Especifica la fuente para el procedimiento de generación de la malla. Nube Dispersa se puede utilizar para la generación de modelo rápido 3D basado únicamente en el punto de enturbiamiento escasa. Configuración densa nube resultará en el tiempo de procesamiento más largo, pero generará una salida de alta calidad basado en el punto de niebla densa previamente reconstruida.

### **Polygon count (número de polígonos)**

Especifica el número máximo de polígonos en la malla final. Los valores sugeridos (alta, media, baja) se calculan con base en el número de puntos en el punto de niebla densa generada con anterioridad: la ración es 1/5, 1/15, 1/45 y respectivamente. Presentan número óptimo de polígonos para una malla de un nivel correspondiente de detalle. Todavía es posible para un usuario para indicar el número de destino de polígonos en la malla final de acuerdo con su elección. Se podría hacer a través del valor de encargo del parámetro número de polígonos. Tenga en cuenta que, si bien demasiado pequeño número de polígonos es probable que resulte en malla demasiado áspero, demasiado enorme número personalizado

(más de 10 millones de polígonos) es probable que cause problemas de visualización en el modelo de software externo.

Adicionalmente los siguientes parámetros avanzados se pueden ajustar.

### **Interpolation (Interpolación)**

Si se encuentra deshabilitado el modo de interpolación que conduce a resultados de la reconstrucción exacta, ya que se reconstruyen sólo en las zonas correspondientes a los puntos densas nubes de puntos. Orificio de llenado manual se requiere generalmente en la etapa de post-procesamiento.

Con el modo de interpolación Habilitado (predeterminado) PhotoScan interpola algunas áreas de superficie dentro de un círculo de un determinado radio alrededor de cada punto de niebla densa. Como resultado, algunos agujeros pueden cubrirse de forma automática. Sin embargo, algunos agujeros aún pueden estar presentes en el modelo y se cubrirán en la etapa de post-procesamiento.

En el modo extrapolado el programa genera la geometría extrapolada. Grandes áreas de la geometría adicional se pueden generar con este método, pero podrían ser eliminados fácilmente más tarde usando herramientas de selección y cultivo.

### **Point clases (clases de punto)**

Especifica las clases del punto de nube densa que se utilizarán para la generación de mallas. Por ejemplo, seleccione sólo "puntos de tierra" para producir un DTM en oposición a un DSM. La clasificación preliminar densa procedimiento puntos de turbidez se debe realizar para esta opción de generación de mallas para estar activo.

### **Building model texture (El modelo del edificio de la textura)**

Para generar el modelo 3D de la textura

1. Elegir Versión de textura comando desde el menú de flujo de trabajo.
2. Seleccionar los parámetros de generación de textura deseados en el cuadro de diálogo Generar textura. Haga clic en el botón OK cuando haya terminado.
3. Aparecerá el cuadro de diálogo de progreso que muestra el estado de procesamiento actual. Para cancelar el procesamiento clic botón Cancelar.

**Texture mapping modes (Modos de mapeado de texturas).**-El modo de asignación de texturas determina cómo la textura objeto será embalado en el atlas de texturas. Textura selección adecuada modo de asignación ayuda a obtener embalaje textura óptima y, en consecuencia, una mejor calidad visual del modelo final.

**Generic (Genérico).**-El modo por defecto es el modo de asignación genérica; que permite parametrizar atlas de textura para la geometría arbitraria. No hay supuestos con respecto al tipo de la escena para ser procesados, estén hechas; programa trata de crear como textura uniforme posible.

**Adptive orthophoto (ortofoto adaptativo).**-En el modo de asignación de ortofotos adaptativa la superficie del objeto se divide en la parte plana y regiones verticales. La parte plana de la superficie es de textura utilizando la proyección ortográfica, mientras que las regiones verticales son de textura por separado a mantener una representación exacta de la textura en tales regiones. Cuando está en el modo de asignación adaptativa de ortofotos, el programa tiende a producir una representación textura más compacta para las escenas casi planas, manteniendo una buena calidad de la textura de las superficies verticales, tales como paredes de los edificios.

**Orthophoto (ortofoto).**-En el modo de asignación de ortofotos toda la superficie del objeto es de textura en la proyección ortográfica. El

modo de asignación de ortofotos produce la representación de textura aún más compacta que el modo de ortofotos de adaptación a expensas de la calidad de la textura en las regiones verticales.

**Spherical (Esférico).**-Modo de asignación esférica es apropiado sólo para una determinada clase de objetos que tienen una forma similar a una bola. Permite atlas textura continua siendo exportados para este tipo de objetos, por lo que es mucho más fácil de editar más tarde. Al generar la textura en modo de asignación esférica es crucial para definir el cuadro delimitador correctamente. Todo el modelo debe estar dentro del cuadro delimitador. El lado rojo del cuadro delimitador debe estar bajo el modelo; que define el eje de la proyección esférica. Las marcas en el lado frontal determinan el meridiano 0.

**Single photo (una sola foto).**- El modo de asignación de una sola foto permite generar la textura de una sola foto. La foto que se utilizará para el texturizado se puede seleccionar entre "textura" de la lista.

**Keep UV (Mantenga UV).**-El modo de asignación Keep ultravioleta genera atlas textura utilizando parametrización textura actual. Se puede utilizar para reconstruir atlas textura utilizando diferentes resoluciones o para generar el atlas para el modelo parametrizado en el software externo.

### **Texture generation parameters (parámetros de generación de textura)**

Los siguientes parámetros controlan varios aspectos de la generación de texturas atlas:

#### **Texture from (Single photo mapping mode only)**

La textura de (modo de asignación de una sola foto solamente) Especifica la foto que se utilizará para el texturizado. Disponible sólo en el modo de asignación de una sola foto.

### **Blending mode (not used in Single photo mode)**

Modo de mezcla (no se utiliza en el modo de una sola foto)  
Selecciona la forma en cómo se combinan los valores de píxeles de diferentes fotos en la textura final.

**Mosaic (Mosaico)** - Implica enfoque en dos etapas: no la mezcla de componente de baja frecuencia de las imágenes superpuestas para evitar problema de la línea de costura (media ponderada, el peso depender de una serie de parámetros que incluyen la proximidad del píxel en cuestión al centro de la imagen), mientras componente de alta frecuencia, que está a cargo de detalles de la imagen, se toma de una sola imagen - el que presenta una buena resolución para el área de interés, mientras que la vista de la cámara es casi a lo largo de la normal a la superficie reconstruida en ese punto.

Normal - utiliza el valor medio ponderado de todos los píxeles de fotos individuales, siendo el peso depende de los mismos parámetros que se consideran para la componente de alta frecuencia en el modo de mosaico.

Max Intensidad - la foto que tiene la máxima intensidad del píxel correspondiente se selecciona. Intensidad Min - la foto que tiene intensidad mínima del píxel correspondiente se selecciona.  
Discapacitados - la foto adquiere el valor del color para el píxel de que se elija como el uno para el alto componente de frecuencia en el modo de mosaico.

### **Texture size / count (tamaño de la textura / recuento)**

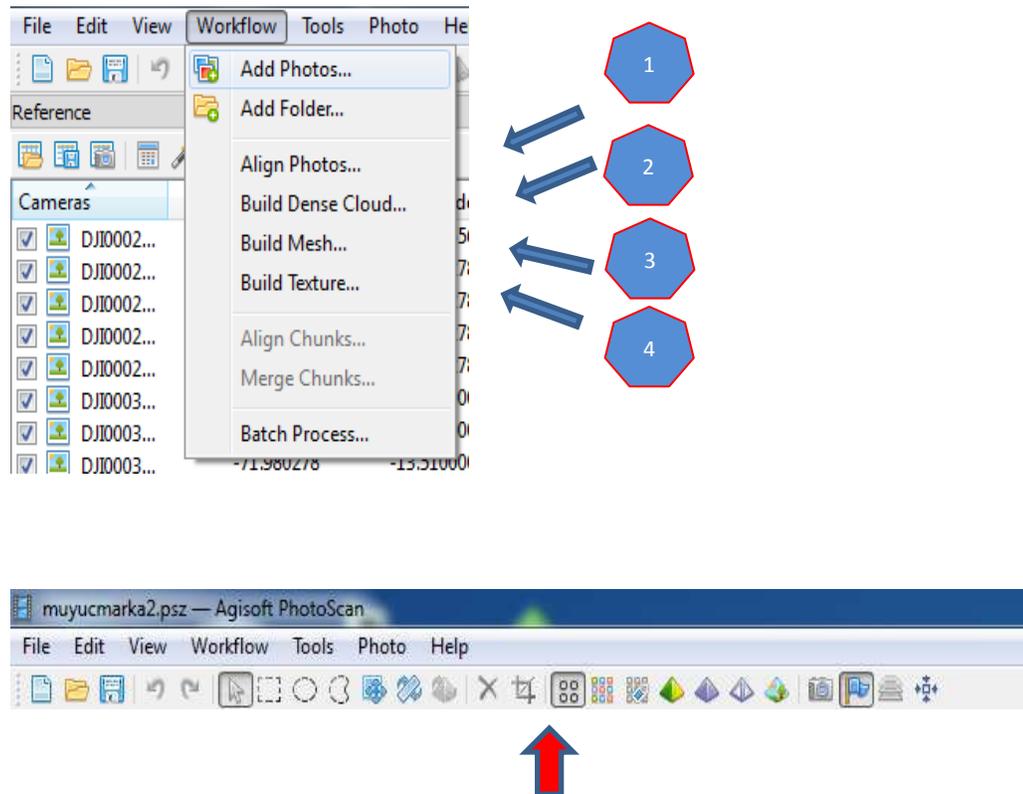
Especifica el tamaño (anchura y altura) de los atlas de textura en píxeles y determina el número de archivos de textura a ser exportados  
a. Exportación de textura a varios archivos permite archivar una mayor resolución del modelo textura final, mientras que la exportación de alta resolución de la textura de un solo archivo puede fallar debido a la RAM limitaciones.

Adicionalmente los siguientes parámetros avanzados se pueden ajustar.

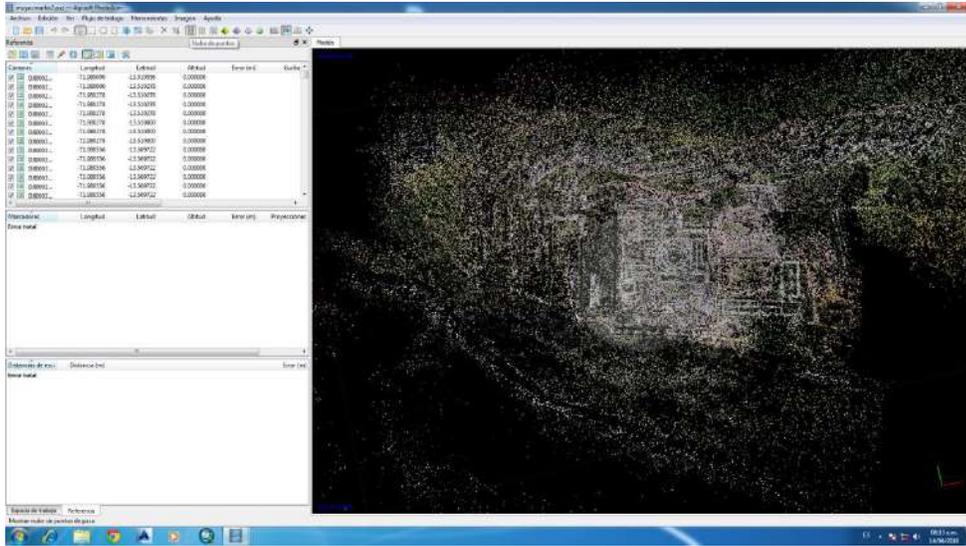
### Enable color correction (Activar la corrección de color)

La función es útil para el procesamiento de conjuntos de datos con variación de brillo extremo. Sin embargo, tenga en cuenta que el proceso de corrección de color toma un tiempo bastante largo, por lo que se recomienda para activar el ajuste sólo para los conjuntos de datos que resultaron de presentar los resultados de mala calidad.

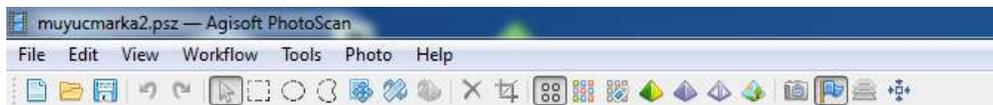
### SECTOR MUYUQMARKA



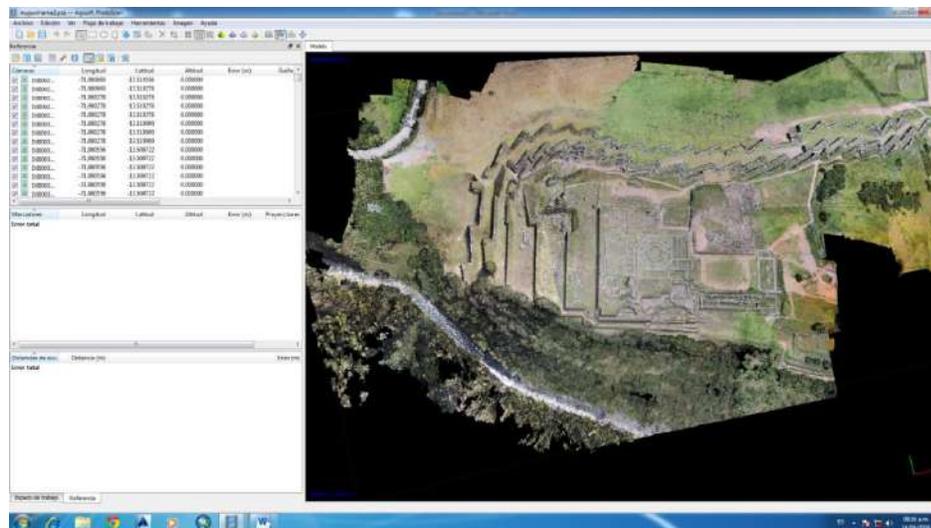
Visualización del Point Cloud (Nube de Puntos)



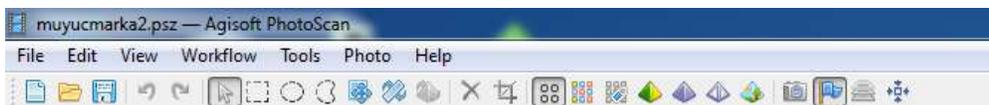
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL



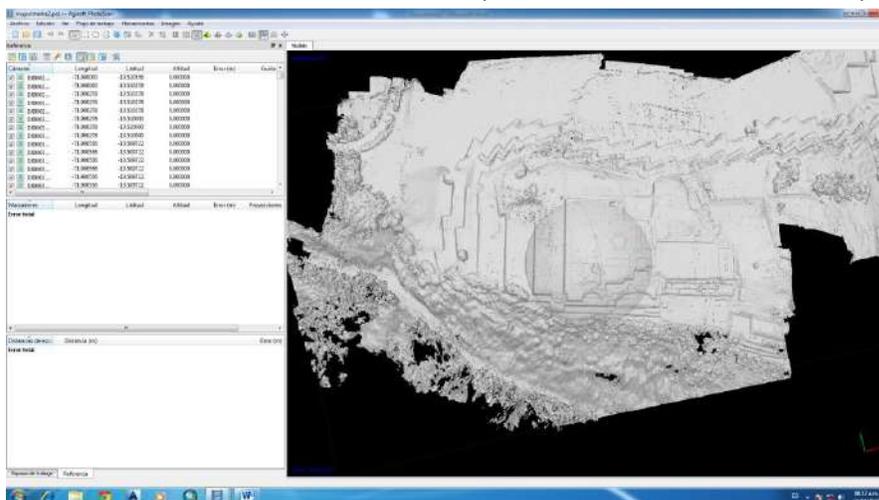
Visualización del Dense Cloud (Nube densa de Puntos)



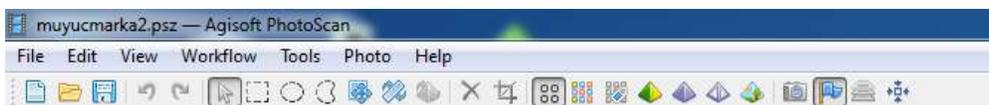
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL



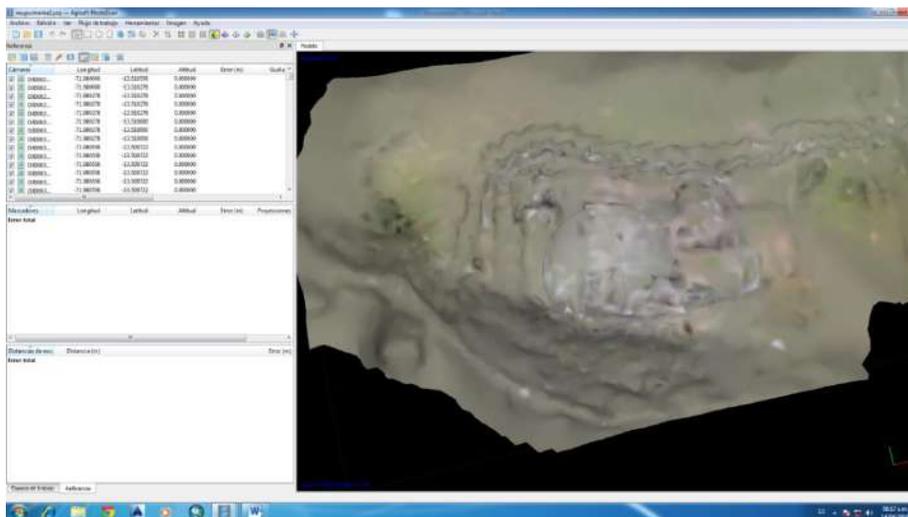
Visualización del Dense Cloud Classes (Clase de Nube densa de Puntos)



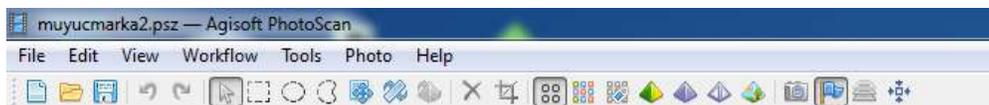
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal – CCSFL



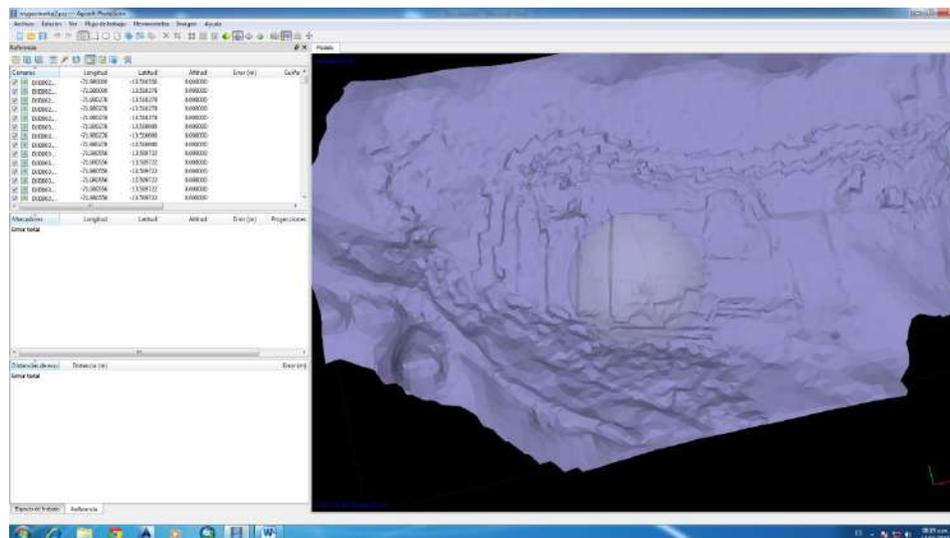
Visualización del Shaded



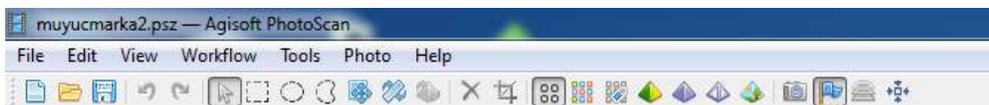
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL



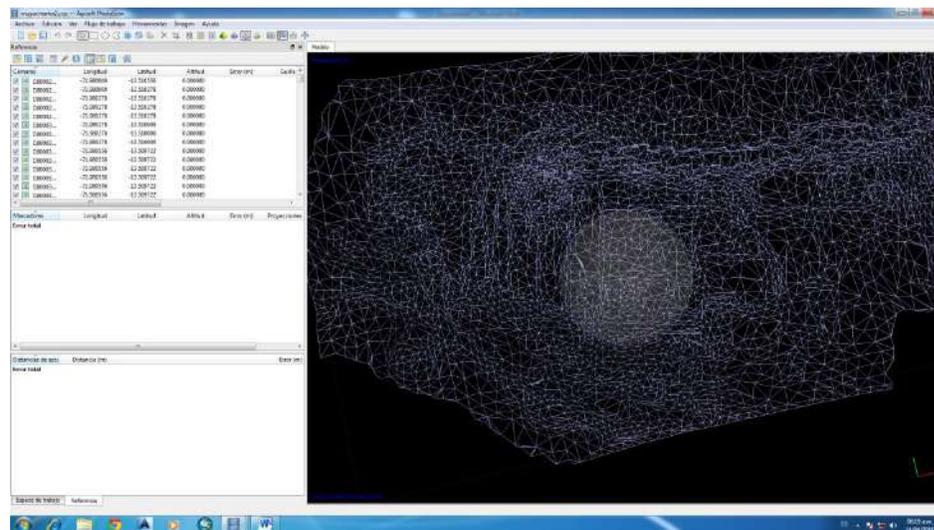
Visualización del Solid



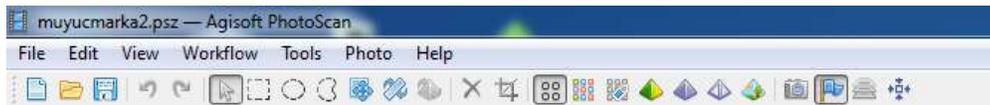
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal – CCSFL



Visualización del Wireframe



Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

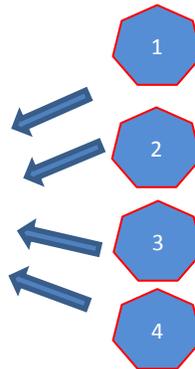
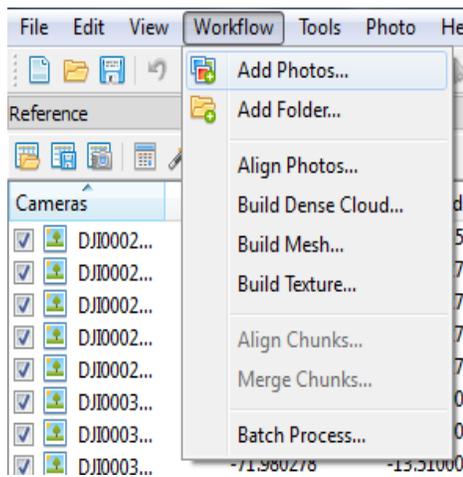


Visualización de Textured

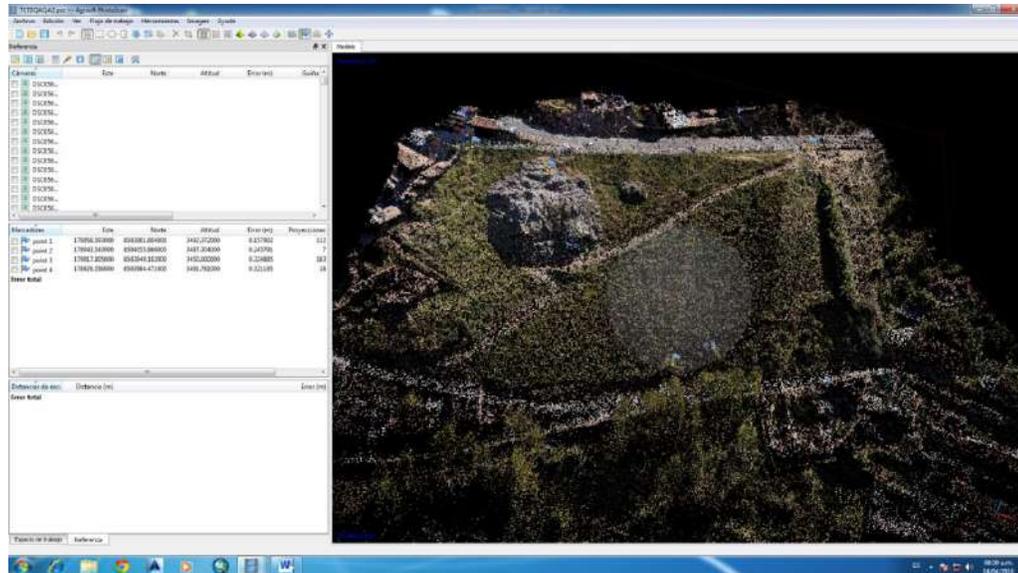


Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL

## SITIO ARQUEOLÓGICO TETEQAQA



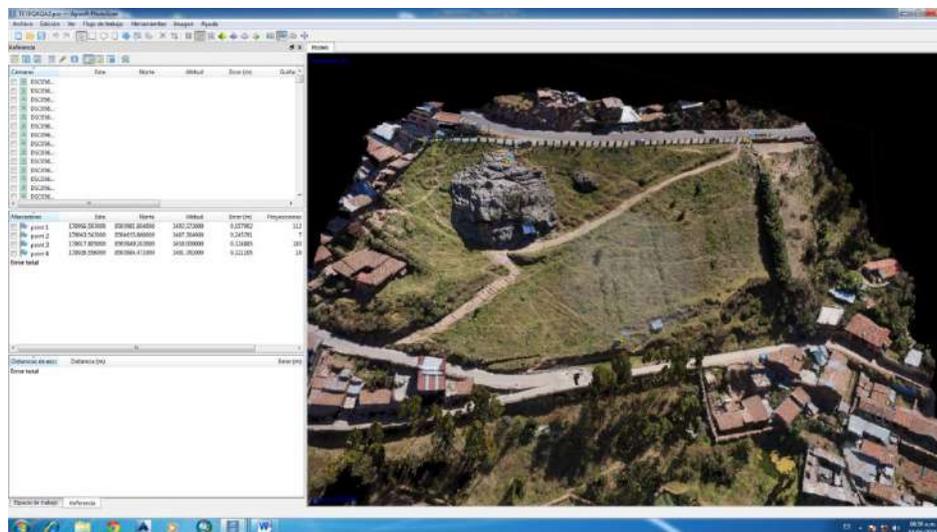
Visualización del Point Cloud (Nube de Puntos)



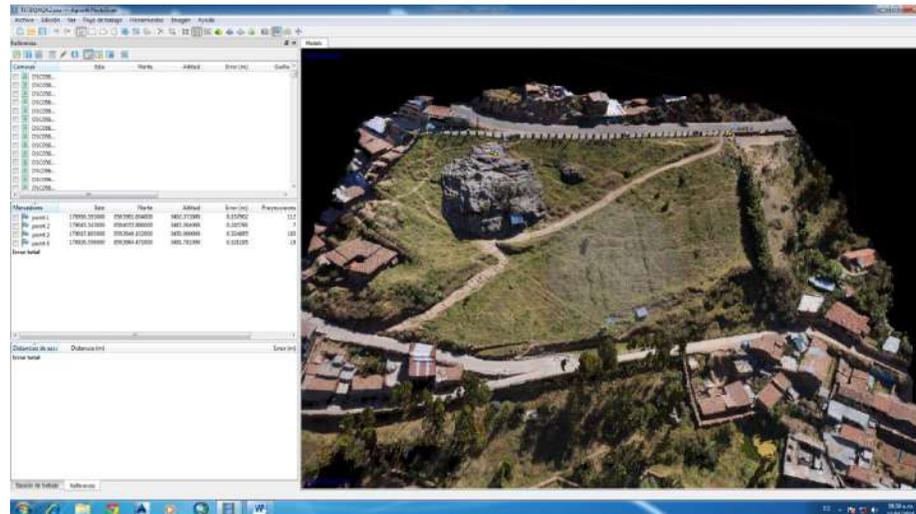
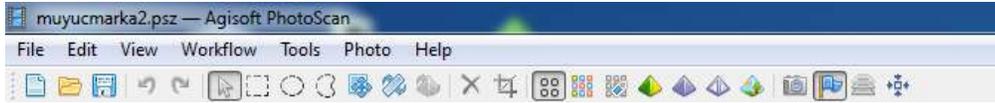
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL



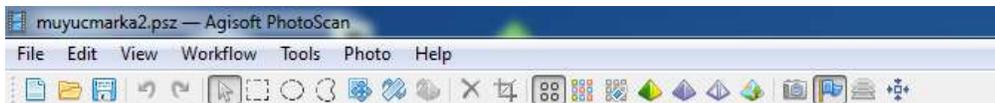
Visualización del Dense Cloud (Nube densa de Puntos)



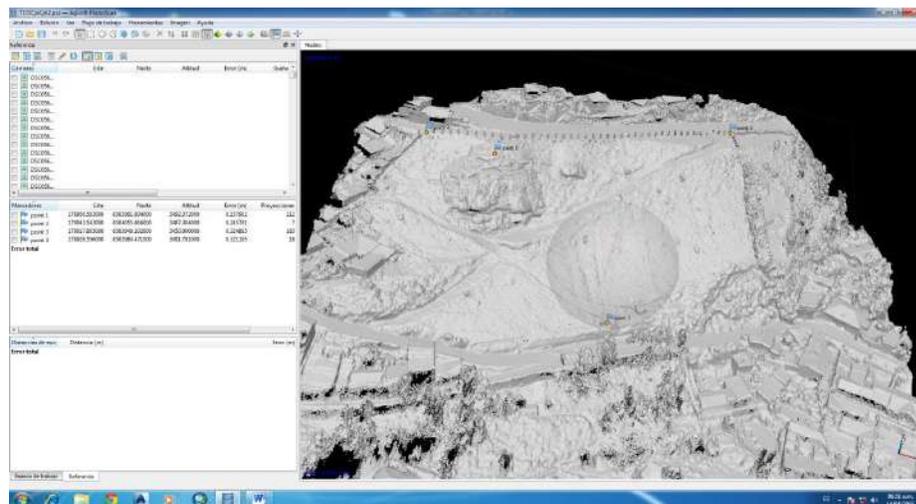
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL



Visualización del Dense Cloud Classes (Clase de Nube densa de Puntos)

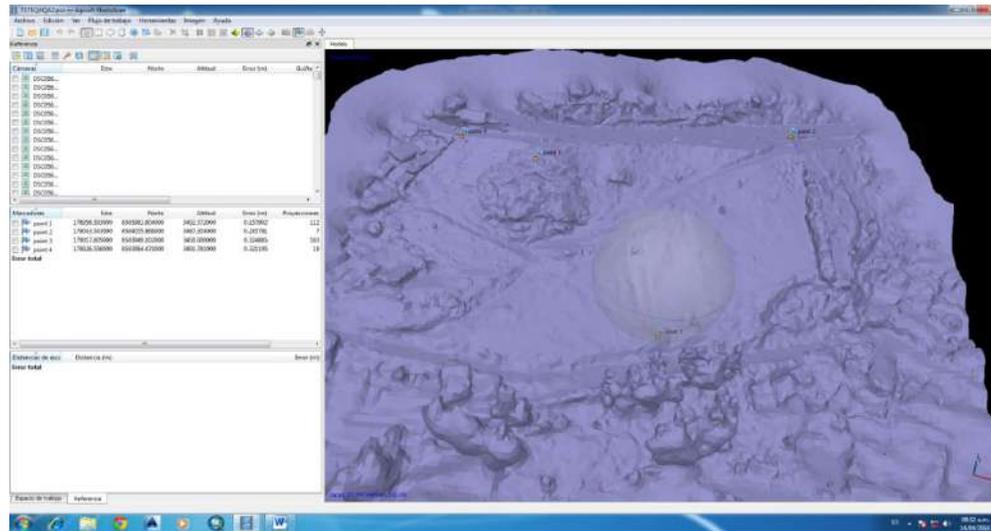


Visualización del Shaded

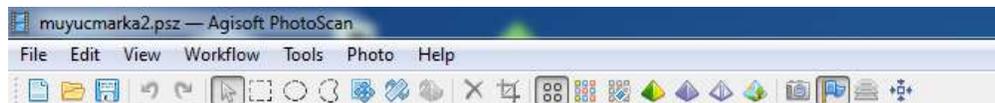




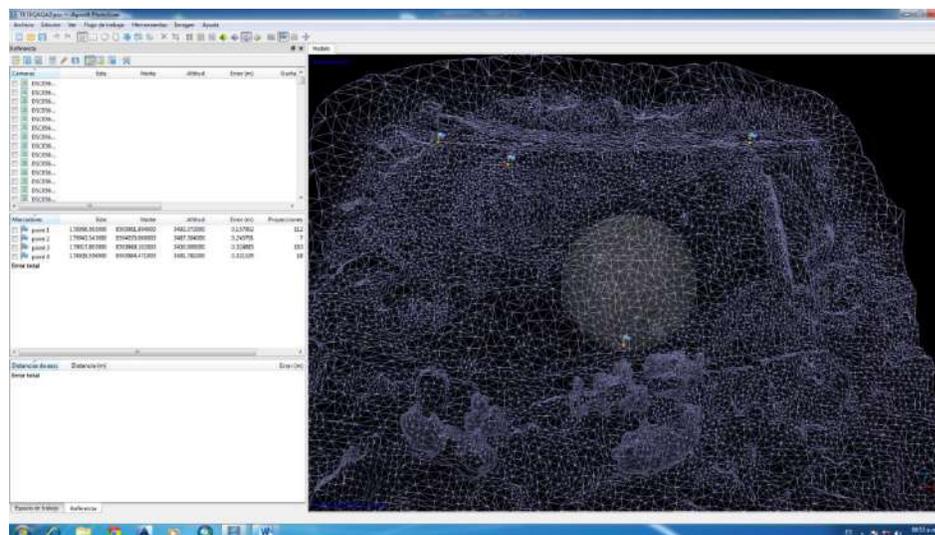
Visualización del Solid



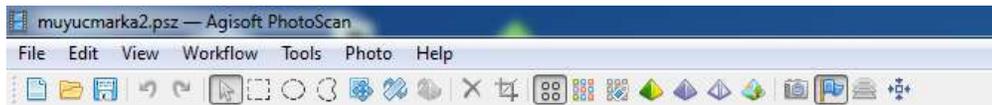
Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal – CCSFL



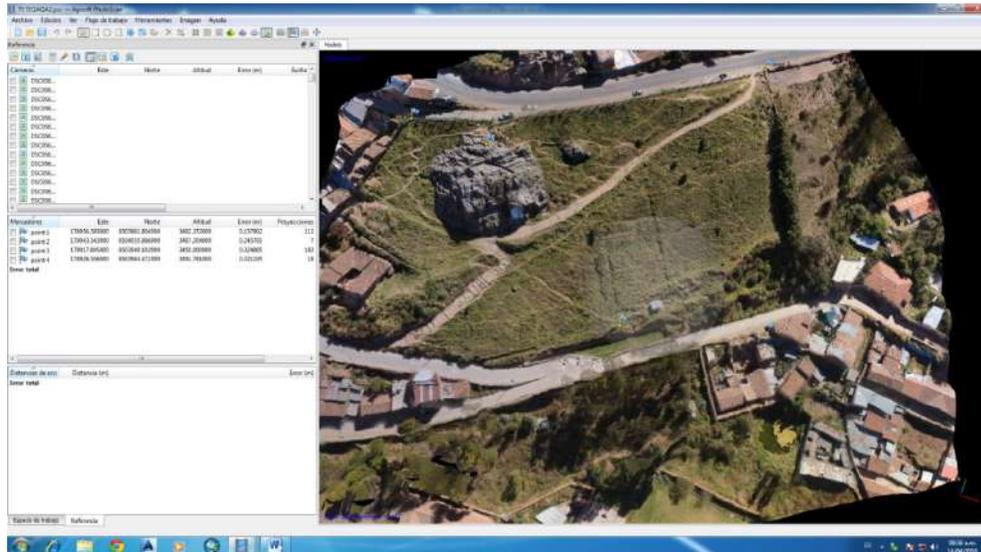
Visualización del Wireframe



Fuente: Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal - CCSFL



Visualización de Textured



## CAPÍTULO V

### CREACION DE UNA OFICINA ESPECIALIZADA

#### 5.1 APORTES PARA LA CREACION DE UNA OFICINA ESPECIALIZADA

El costo mensual para poner en funcionamiento asciende a 25000.00 soles mensuales de los cuales el 40% del presupuesto ya existe y solo faltaría el 60% del presupuesto.

| N° | DESCRIPCION DEL CARGO            | PRESUPUESTO EN SOLES |                | OBSERVACIONES                             |
|----|----------------------------------|----------------------|----------------|---|
|    |                                  | EXISTENTE            | A CONSIDERAR   |   |
| 01 | ingeniero civil                  |                      | 5000.00        | Especialista en catastro y arqueología    |
| 02 | Dron                             | 15000.00             |                |   |
| 03 | Software                         | 6000.00              |                |   |
| 04 | Pc                               | 2000.00              |                |   |
| 05 | asistente de ingeniería          |                      | 2500.00        | Bachiller en ingeniería civil             |
| 06 | Topógrafo                        | 2000.00              |                | Especialista e topografía                 |
| 07 | especialista en manejo de drones | 2500.00              |                | Con conocimientos de tecnología en drones |
| 08 | asistente administrativo         | 1500.00              |                | Con conocimientos administrativos         |
|    | <b>TOTAL MENSUAL</b>             | <b>29000.00</b>      | <b>7500.00</b> | <b>Costo Mensual</b>                      |
|    | <b>PORCENTAJE TOTAL</b>          | <b>70%</b>           | <b>30%</b>     |   |

Fuente: Elaboración Propia

## 5.2 ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

### PRESUPUESTO DE VUELO DE LOS DRONES TIEMPO DE 60 MINUTOS

| N°           | DESCRIPCION                     | UNIDAD                | PRECIO               |
|--------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------|
| 01           | Dron                            | Unidad                | 1000.00 Soles        |
| 04           | Baterías                        | Por hora              | 500.00Soles          |
| 03           | Operador y asistente            | Una persona<br>x hora | 150.00 Soles         |
| 04           | computadora                     | Unidad                | 500.00 Soles         |
| 05           | Cámara fotográfica              | Unidad                | 100.00 Soles         |
| 06           | Análisis/elaboración de informe |                       | 200.00 soles         |
| <b>TOTAL</b> |                                 |                       | <b>2450.00 Soles</b> |

Fuente: Elaboración Propia

### CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES POR SEMANA

| ACTIVIDAD                 | 1°DIA | 2°DIA | 3°DIA | 4°DIA | 5°DIA | 6°DIA | 7°DIA |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| MANTENIMIENTO             | X     | X     |       |       |       |       |       |
| PRUEBAS                   |       |       | X     | X     |       |       |       |
| VUELO                     |       |       |       |       | X     |       |       |
| PROCESAMIENT<br>O         |       |       |       |       |       | X     |       |
| ELABORACION<br>DE INFORME |       |       |       |       |       |       | X     |

Fuente: Elaboración Propia

### CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES POR MES

| ACTIVIDAD                  | 1°S<br>EM | 2°SE<br>M | 3°SE<br>M | 4°SE<br>M |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ELABORACION<br>PRESUPUESTO | X         |           |           |           |
| PRUEBAS Y VUELO            |           | X         |           |           |
| PROCESAMIENTO              |           |           | X         |           |
| ELABORACION DE INFORME     |           |           |           | X         |

Fuente: Elaboración Propia

### CRONOGRAMA DE CREACION DE OFICINA ESPECIALIZADA POR MES

| ACTIVIDAD                               | 1°S<br>EM | 2°SE<br>M | 3°SE<br>M | 4°SE<br>M |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ADQUISICION DE EQUIPO                   | X         |           |           |           |
| REMODELACION DE<br>INFRAESTRUCTURA      | X         |           |           |           |
| CONTRATACION DE<br>PERSONAL             |           | X         | X         |           |
| ELABORACION DE<br>DOCUMENTOS DE GESTION |           | X         |           |           |
| ELABORACION DE<br>RESOLUCION            |           |           | X         |           |
| CREACION DE OFICINA                     |           |           | X         |           |
| ASIGNACION<br>PRESUPUESTAL              |           |           |           | X         |

Fuente: Elaboración Propia

### CRONOGRAMA DE CREACION DE OFICINA ESPECIALIZADA POR AÑO

| ACTIVIDAD                  | 1° MES | 2°3° MES | 4°5° MES | 6°7° MES | 8°9° MES | 10°11°12 MES |
|----------------------------|--------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| PLANIFICACION DE OFICINA   | X      |          |          |          |          |              |
| ORGANIZACIÓN DE OFICINA    |        | X        |          |          |          |              |
| CAPACITACION DE PERSONAL   |        |          | X        |          |          |              |
| ADQUISICION DE PRESUPUESTO |        |          |          | X        |          |              |
| PLANES DE VUELO            |        |          |          |          | X        | X            |
| INFORMES DE VUELOS         |        |          |          |          |          | X            |

Fuente: Elaboración Propia

### CRONOGRAMA DE VUELO POR AÑO

| ACTIVIDAD     | 1°2° MES | 3°4° MES | 5°6° MES | 7°8° MES | 9°10° MES | 11°12 MES |
|---------------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| CUSCO         | X        |          |          |          |           |           |
| CALCA         | X        |          |          |          |           |           |
| CANAS         |          | X        |          |          |           |           |
| CANCHIS       |          | X        |          |          |           |           |
| ANTA          |          |          | X        |          |           |           |
| PAUCARTAMBO   |          |          | X        |          |           |           |
| ESPINAR       |          |          |          | X        |           |           |
| URUBAMBA      |          |          |          | X        |           |           |
| CHUMBIVILCAS  |          |          |          |          | X         |           |
| LA CONVENCION |          |          |          |          | X         |           |
| QUISPICANCHIS |          |          |          |          |           | X         |
| ACOMAYO       |          |          |          |          |           | X         |
| PARURO        |          |          |          |          |           | X         |

Fuente: Elaboración Propia

**NOTA:**

- Haciendo un presupuesto de vuelos de Drones si pudiéramos alquilar debemos indicar que en siete vuelos se recuperaría todo lo invertido.
- Podemos indicar que anualmente se podría realizar más de cien vuelos tendríamos un ingreso de más de 490000 soles.
- Cada vuelo se podría realizar en un promedio de dos semanas
- Cada cronograma se realizó para tener una buena forma de organización y planes de vuelo de semanas, meses y año.

## CAPÍTULO VI

### PRESENTACIÓN, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se ha hecho una encuesta entre el personal que labora en el área de catastro del Ministerio de Cultura, siendo un universo de 25 encuestados, de donde se ha obtenido los datos sobre el funcionamiento de los equipos y la posibilidad de aperturar una oficina para el uso y especialización trabajos con Drones siendo el detalle de los resultados el siguiente:

#### **6.1 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS A PROBAR**

En este ítem se va a comparar La relación que existe entre el sistema de información geográfica integral actualizada basado en la tecnología digital de drones apropiado con área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco. Resultando que hay una relación directa y es acorde a los avances que posibilita la delimitación del área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco. Con el uso del Sistema de Información Geográfica (SIG), basado en la tecnología de los Drones.

**Tabla N° 1: Descripción de las entradas del SIG**

| Entradas de información geográfica   | Malo |   | Regular |    | Bueno |    | Total |     |
|--|------|---|---------|----|-------|----|-------|-----|
|  | f    | % | f       | %  | f     | %  | f     | %   |
| 1. El Sistema de Información Geográfica con la tecnología de drones con el que cuenta la institución es:     | 0    | 0 | 8       | 32 | 17    | 68 | 25    | 100 |
| 2. El acceso al sistema de información geográfica con la tecnología de drones desde su puesto de trabajo es: | 1    | 4 | 12      | 48 | 2     | 8  | 15    | 60  |

Fuente: Elaboración Propia

#### **Descripción de las entradas de información geográfica basados en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.**

De acuerdo a la tabla se observa que el 68% de los encuestados manifiestan que el Sistema de Información Geográfica con la tecnología de drones con el que cuenta la institución es bueno, y el 48% indica que el acceso al sistema de información geográfica con la tecnología de drones desde su puesto de trabajo es de regular a buena.

**Tabla N° 2: Ingreso del SIG.**

| <b>Entradas de información geográfica</b> | <b>f</b> | <b>%</b> |
|---|----------|----------|
| Inadecuado                                | 0        | 0.0      |
| Regularmente adecuado                     | 7        | 28.0     |
| Adecuado                                  | 18       | 72.0     |
| Total                                     | 25       | 100.0    |

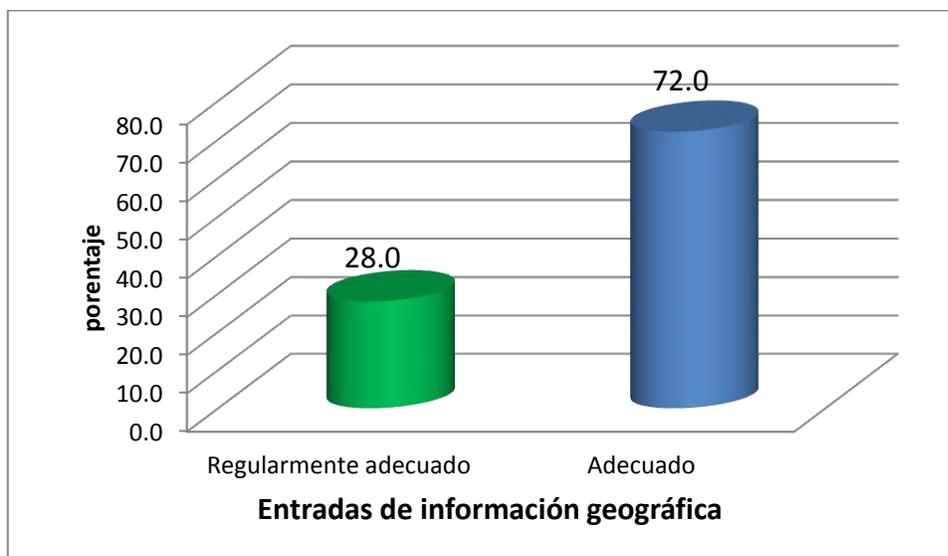
Fuente: Instrumento Aplicado

**Entradas de información geográfica basados en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.**

Las Entradas de información geográfica basados en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco, es mayormente adecuada, así lo manifestaron el 72% de los encuestados, mientras que el 28% manifestó que es regularmente adecuado.

**Figura N° 1**

**Entradas de información geográfica basados en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura de Cusco- 2015.**



Fuente: Tabla N°2

**Tabla N° 3: Descripción del proceso de almacenamiento del SIG**

| Almacenamiento de información geográfica   | Malo |   | Regular |    | Bueno |    | Total |     |
|--|------|---|---------|----|-------|----|-------|-----|
|  | f    | % | f       | %  | f     | %  | f     | %   |
| 3. Considera que el SIG con la tecnología de drones ha sido parametrizado y personalizado adaptándose a las necesidades de la institución  | 2    | 8 | 7       | 28 | 16    | 64 | 25    | 100 |
| 4. Considera que el SIG con la tecnología de drones como herramienta para el control de la visualización del mapa (Zoom +, Zoom -, Zoom extensión, encuadre, medición de distancias, escala) es: | 0    | 0 | 8       | 32 | 17    | 68 | 25    | 100 |
| 5. Considera que la información geográfica está segmentada en capas o niveles de información comunes (ejemplo, capa de calles, capa de carreteras, capa de recursos...) es:                      | 0    | 0 | 10      | 40 | 15    | 60 | 25    | 100 |

Fuente: Instrumento Aplicado

**Descripción del almacenamiento de información geográfica basada en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.**

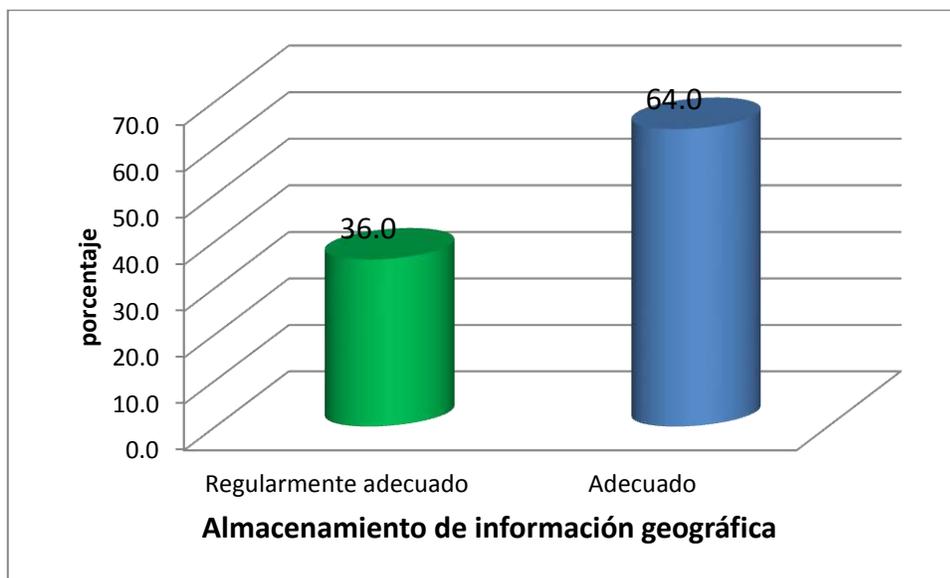
**Tabla N° 4: Almacenamiento del SIG**

| Almacenamiento de información | f  | %     |
|-------------------------------|----|-------|
| Regularmente adecuado         | 9  | 36.0  |
| Adecuado                      | 16 | 64.0  |
| Total                         | 25 | 100.0 |

Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 2**

**Almacenamiento de información geográfica basada en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.**



Fuente: Tabla N° 4

**Tabla N° 5: Descripción del Procesamiento del SIG**

| Procesamiento de información geográfica  | Malo |   | Regular |    | Bueno |    | Total |     |
|--|------|---|---------|----|-------|----|-------|-----|
|  | f    | % | f       | %  | f     | %  | f     | %   |
| 6. Considera que la SIG con la tecnología de drones permite realizar búsquedas para conocer la ubicación de una dirección (Por ejemplo, introduciendo la comunidad y el número el mapa nos lleva a la localización buscada), una carretera (por ejemplo, introduciendo una carretera el mapa nos lleva a la localización buscada) o un punto singular, es: | 0    | 0 | 8       | 32 | 17    | 68 | 25    | 100 |
| 7. Considera que la SIG con la tecnología de drones permite el cálculo de la ruta más óptima entre dos puntos que define el usuario  | 0    | 0 | 5       | 20 | 20    | 80 | 25    | 100 |
| 8. Considera que la SIG con la tecnología de drones permite la localización geográfica de incidentes. Y esa localización cambia por cualquier motivo   | 2    | 8 | 8       | 32 | 15    | 60 | 25    | 100 |
| 9. Considera que la visualización de los incidentes con las alertas en el mapa es:   | 1    | 4 | 8       | 32 | 16    | 64 | 25    | 100 |

Fuente: Elaboración Propia

**Descripción del Procesamiento de información geográfica basada en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.**

**Tabla N° 6: Proceso de Información del SIG.**

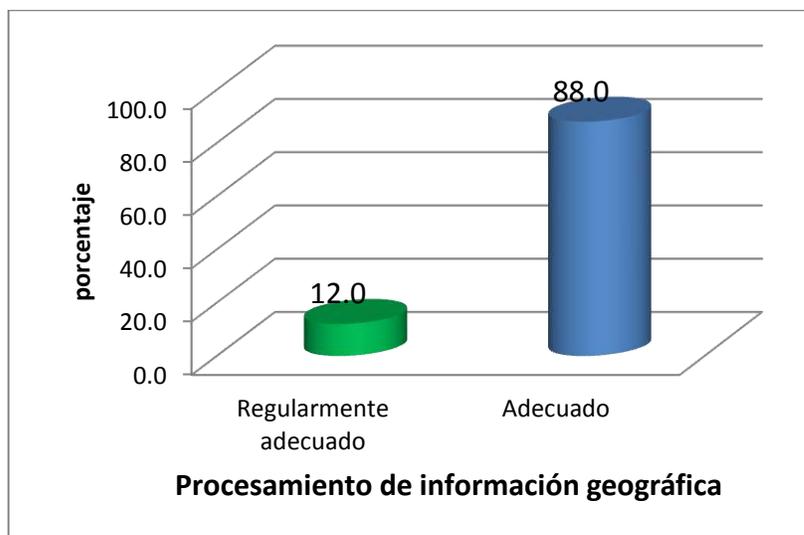
|                       | <i>F</i> | %     |
|-----------------------|----------|-------|
| Regularmente adecuado | 3        | 12.0  |
| Adecuado              | 22       | 88.0  |
| Total                 | 25       | 100.0 |

Fuente: Elaboración Propia

**Procesamiento de información geográfica basada en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.**

**Figura N° 3**

**Procesamiento de información geográfica basada en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.**



Fuente: Tabla N°6

**Tabla N° 7: Descripción del proceso de resultados del SIG**

| Salida de información geográfica  | Malo |   | Regular |    | Bueno |    | Total |     |
|---|------|---|---------|----|-------|----|-------|-----|
|   | f    | % | F       | %  | f     | %  | f     | %   |
| 10. Considera que la aplicación del SIG con la tecnología de drones permite almacenar los planes de emergencia o los mapas apropiados para dar respuesta a una eventual situación de crisis (por ejemplo, mapa de riesgo de inundaciones, mapas de pendiente, mapas de riesgo, etc) | 0    | 0 | 3       | 12 | 22    | 88 | 25    | 100 |
| 11. Considera que los datos obtenidos con los SIG con tecnología de drones como: Datos ambientales y territoriales (ríos, relieve, espacios naturales protegidos, uso del suelo) es:  | 0    | 0 | 7       | 28 | 18    | 72 | 25    | 100 |
| 12. Considera que el software utilizado para el SIG con tecnología de drones, dispone de servicios de mapas accesibles a través de un navegador de internet es.   | 0    | 0 | 9       | 36 | 16    | 64 | 25    | 100 |
| 13. Considera que la información primaria obtenida con los SIG con tecnología de drones es adecuada para el software que la institución utiliza es:   | 1    | 4 | 6       | 24 | 18    | 72 | 25    | 100 |
| 14. Considera que el procesamiento de la información con el SIG con tecnología de drones es:  | 0    | 0 | 6       | 24 | 19    | 76 | 25    | 100 |
| 15. Considera que el almacenamiento de datos e información que genera el SIG con tecnología de drones es:   | 0    | 0 | 5       | 20 | 20    | 80 | 25    | 100 |
| 16. Considera que la base de datos que se logra a través del uso del SIG con tecnología de drones es:   | 0    | 0 | 1       | 4  | 24    | 96 | 25    | 100 |

Fuente: Elaboración Propia

**Descripción de la salida de información geográfica basada en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.**

**Tabla N° 8: Resultados del SIG**

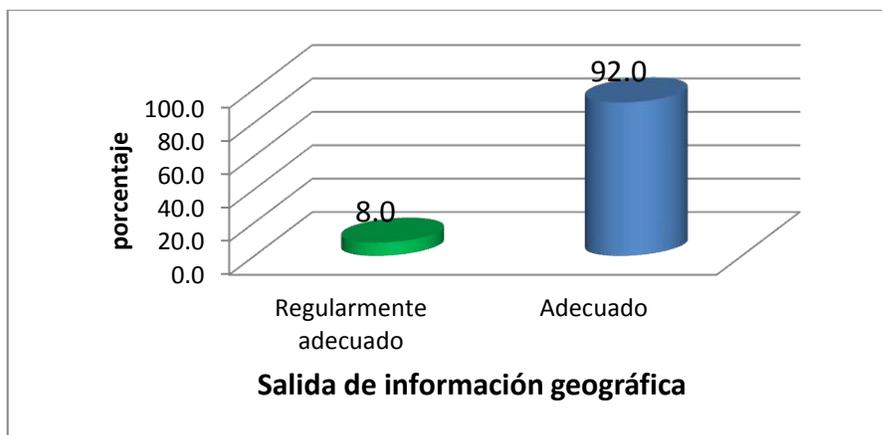
|                       | f  | %     |
|-----------------------|----|-------|
| Regularmente adecuado | 2  | 8.0   |
| Adecuado              | 23 | 92.0  |
| Total                 | 25 | 100.0 |

Fuente: Elaboración Propia

**Salida de información geográfica basada en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.**

**Figura N° 4**

**Salida de información geográfica basada en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.**



Fuente: Tabla N°8

**Tabla N° 9: Dimensiones del SIG**

| <b>Dimensiones del Sistemas de información geográfica</b> | <b>N</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>Media</b> | <b>Desv. típ.</b> |
|---|----------|---------------|---------------|--------------|-------------------|
| Entradas de información geográfica                        | 25       | 2             | 3             | 2.6          | 0.5               |
| Almacenamiento de información geográfica                  | 25       | 2             | 3             | 2.6          | 0.3               |
| Procesamiento de información geográfica                   | 25       | 2             | 3             | 2.7          | 0.4               |
| Salida de información geográfica                          | 25       | 2             | 3             | 2.8          | 0.2               |

Fuente: Elaboración Propia

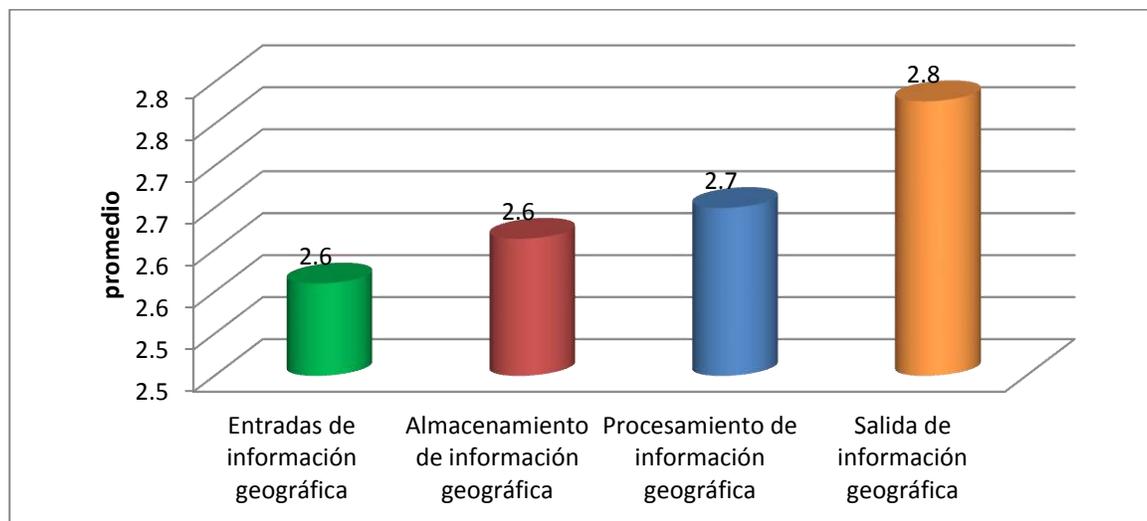
**Dimensiones del Sistemas de información geográfica basado en la tecnología de Drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.**

De la tabla se observa que la salida de información geográfica es aquella característica de los drones que mayormente se destacada con un puntaje promedio de 2.8, seguido por el Procesamiento de información geográfica

con 2.7 , el Almacenamiento de información geográfica y la entradas de información geográfica presentan menor puntaje.

**Figura N° 5**

**Dimensiones del Sistemas de información geográfica basado en la tecnología de Drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.**



Fuente: Tabla N°9

**Tabla N°10: Aplicación del SIG en Área de Catastro Arqueológico – Ministerio de Cultura.**

|                       | <i>f</i> | %     |
|-----------------------|----------|-------|
| Regularmente adecuado | 5        | 20.0  |
| Adecuado              | 20       | 80.0  |
| Total                 | 25       | 100.0 |

Fuente: Elaboración Propia

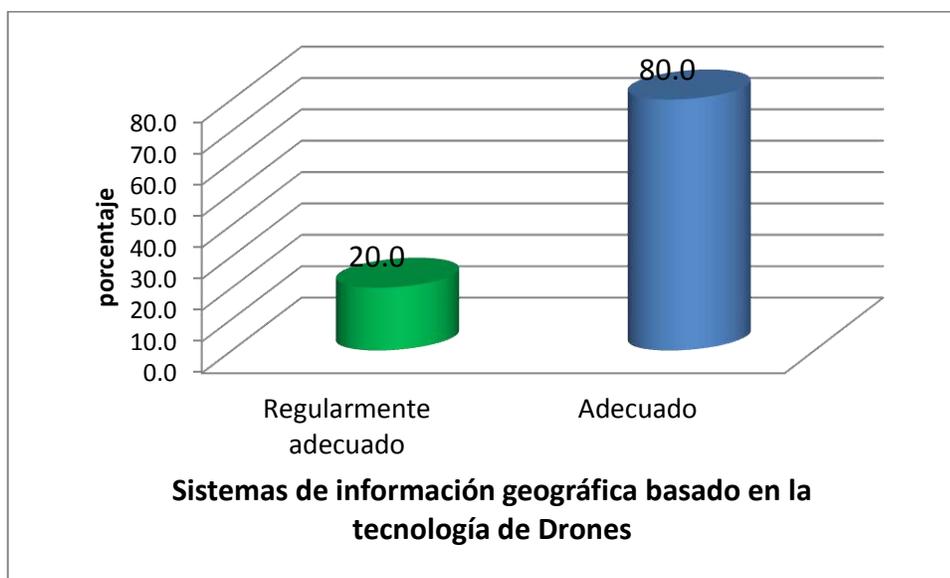
**Sistemas de información geográfica basada en la tecnología de Drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.**

Los sistemas de información geográfica basada en la tecnología de Drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura con mayormente adecuados así lo manifestaron el 80% de los

encuestados mientras que el 20% manifestó que es regularmente adecuado.

**Figura N° 6**

**Sistemas de información geográfica basada en la tecnología de Drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.**



Fuente: Tabla N° 10

## CONCLUSIONES

Las conclusiones son proyecciones puesto que todo el trabajo de investigación que se realiza por medio de las encuestas a los trabajadores del área de catastro de la Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco presenta estadísticas teniendo las siguientes conclusiones:

- Las entradas de información geográfica basados en la tecnología de drones ayudan a la labor en la eficiencia y eficacia de los trabajadores de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco.
- La descripción del almacenamiento de información geográfica basada en la tecnología de drones hace que el trabajo sea más preciso para la realización de planos y ubicación de las zonas arqueológicas en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco.
- El procesamiento de información geográfica basada en la tecnología de drones hace que toda información sea adecuada para la labor aplicada en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco.
- La información obtenida por la tecnología de drones es más adecuada para las labores que requiere el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco.
- El sistema de información geográfica basada en la tecnología de Drones es regularmente adecuado para el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco.
- Las entradas de información geográfica son aplicadas mediante la tecnología de Drones se puede obtener la información de un área geográfica con mayor precisión y en menos tiempo.
- El almacenamiento de información geográfica es obtenido mediante la tecnología aplicada al área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar el sistema de la tecnología de las entradas de información geográfica basados en los drones para tener la eficiencia y eficacia de los trabajadores de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco.

- Se recomienda utilizar la información geográfica basada en la tecnología de drones para la buena realización de planos y ubicación de las zonas arqueológicas en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco.
- Se recomienda que la información geográfica basada en la tecnología de drones sea adecuada para la labor aplicada en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco.
- Se recomienda que la información obtenida por la tecnología de drones es sea utilizada para las labores que requiere el área de catastro arqueológico del ministerio de cultura sede Cusco.
- Se recomienda que la información geográfica basada en la tecnología de Drones sea la más adecuada para el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco.
- Se recomienda que la entrada de información geográfica basada en la tecnología de los drones se aplique en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura.
- Se recomienda que el almacenamiento de información geográfica sea obtenido mediante la tecnología de los drones.
- Se recomienda aperturar una oficina especializada en la utilización de la tecnología de Drones para poder la obtención de datos

## BIBLIOGRAFÍA

- Bosque Sendra, Joaquín, Sistemas de información geográfica. Madrid: Rialp, 1992.
- Bosque, Joaquín; Escobar, Francisco Javier; García, Ernesto; Salado, María Jesús, Sistemas de información geográfica: prácticas con PC ARC/INFO e Idrisi, Addison-Wesley Iberoamericana - RAMA , 1994
- Buzai, Gustavo D. Geografía Global. Buenos Aires: Lugar Editorial, 1999.
- Cebrián de Miguel, Juan Antonio. Información Geográfica y Sistemas de Información Geográfica. Santander: Servicio de Publicaciones, Universidad de Cantabria, 1992. Ediciones Rialp, S.A., 2ª edición
- Felicísimo Pérez, Angel Manuel, Modelos digitales del terreno: principios y aplicaciones en las ciencias ambientales, Pentalfa Ediciones, 1994
- Gavira, Carmen, Sistemas de información geográfica (GIS): sus aplicaciones en redes Moldes Teo, F. Javier; Tecnología de los sistemas de información 1994
- Ozcariz Salazar, Jorge Jornadas Técnicas sobre Sistemas de Información Geografía y Teledetección especial aplicados a la Ordenación del Territorio y el Medio Ambiente 1995

# ANEXOS

# **ENCUESTAS ENTREVISTAS**

## ENCUESTA

### ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Buenos días, somos alumnos de la Escuela Académica profesional de Ingeniería y Arquitectura, de la carrera profesional de Ingeniería Civil y estamos haciendo un trabajo de investigación. Cuyo tema de investigando es; "SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA BASADOS EN LA TECNOLOGIA DE DRONES APLICADO EN EL AREA DE CATASTRO ARQUEOLOGICO DEL MINISTERIO DE CULTURA SEDE CUSCO-2016".

Consideramos que su opinión es sumamente valiosa, quisiéramos hacerle algunas preguntas al respecto. Queremos aclararle que la información brindada por Ud. es estrictamente confidencial.

Edad: \_\_\_\_\_

Género: (M) (F).

| RESPUESTAS<br>PREGUNTAS   | 1 =<br>Mal<br>o | 2=<br>Regula<br>r | 3 =<br>Buen<br>o |
|---|-----------------|-------------------|------------------|
| 1. El Sistema de Información Geográfica con la tecnología de drones con él cuenta la institución es:  |                 |                   |                  |
| 2. El acceso al Sistema de Información Geográfica con la tecnología de drones desde su puesto de trabajo es:  |                 |                   |                  |
| 3. Considera que el SIG con la tecnología de drones ha sido parametrizado y personalizado adaptándose a las necesidades de la institución es:   |                 |                   |                  |
| 4. Considera que el SIG con la tecnología de drones como herramientas para el control de la visualización del mapa (Zoom + ,Zoom –Zoom extensión, Encuadre, medición de distancia, escalas)es:  |                 |                   |                  |
| 5. Considera que la información geográfica está segmentada en capas o niveles de información comunes (ejemplo, capa de calles, capa de carreteras, capa de recursos ...) es:  |                 |                   |                  |
| 6. Considera que el SIG con la tecnología de drones permite realizar búsquedas para conocer la ubicación de una dirección (por ejemplo, introduciendo la comunidad y número el mapa nos lleva a la localización buscada), una carretera (por ejemplo, introduciendo una carretera el mapa nos lleva a la localización buscada) o un punto singular, es: |                 |                   |                  |
| 7. Considera que el SIG con la tecnología de drones permite el cálculo de la ruta más óptima entre dos puntos que define el usuario es:   |                 |                   |                  |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| 8. Considera que el SIG con la tecnología de drones permite la localización geográfica de incidentes. Y esa localización cambia por cualquier motivo, es:  |  |  |  |
| 9. Considera que la visualización de los incidentes con las alertas en el mapa, es:  |  |  |  |
| 10. Considera que la aplicación SIG con tecnología de drones permite almacenar los planes de emergencia o los mapas apropiados para dar respuesta a una eventual situación de crisis (por ejemplo, mapas de riesgo de inundaciones, mapas de pendiente, mapas de riesgo, es: |  |  |  |
| 11. Considera que los datos obtenidos con los SIG con tecnología de drones como: Datos ambientales y territoriales (ríos, relieve, espacios naturales protegidos, usos del suelo) es:  |  |  |  |
| 12. Considera que el software utilizado para el SIG con tecnología de drones , dispone de servicios de mapas accesibles a través de un navegador de Internet es:   |  |  |  |
| 13. Considera que la información primaria obtenida con los SIG con tecnología de drones es adecuado para el software que la institución utiliza es:  |  |  |  |
| 14. Considera que el procesamiento de la información con el SIG con tecnología de drones es:   |  |  |  |
| 15. Considera que el almacenamiento de datos e información que genera el SIG con tecnología de drones es:  |  |  |  |
| 16. Considera que la base de datos que se logra a través del uso del SIG con tecnología de drones es:  |  |  |  |

Agradecemos su gentil colaboración.

# **MATRIZ DE CONSISTENCIA**



| <b>FORMULACION DEL PROBLEMA</b>  | <b>OBJETIVOS GENERALES</b>  | <b>HIPOTESIS GENERAL</b>   |
|--|---|--|
| <p>¿Es aplicable el sistema de información geográfica integral actualizada basado en la tecnología digital de drones apropiado acorde a los avances que pueda posibilitar la delimitación del área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco?</p> <p>¿Cuáles la percepción de la ubicación geográfica basados en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015?</p> <p>¿Cuáles son las entradas de información geográfica basados en la tecnología de drones diseñados en los en los transeptos de acuerdo a la aplicación en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015?</p> <p>¿Cuáles son los post procesos de información geográfica basados en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015?</p> <p>¿Cómo es el almacenamiento de información geográfica obtenida de la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015?</p> <p>¿Cómo es el procesamiento de información geográfica obtenida de la tecnología de drones aplicado en el</p> | <p>Aplicar el sistema de información geográfica basado en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.</b></p> <p>Aplicar la tecnología de Drones para la construcción de un sistema de información geográfica en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.</p> <p>Determinar la aplicación de la información geográfica basados en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.</p> <p>Determinar la administración de información geográfica basados en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.</p> <p>Realizar y precisar la información geográfica basada en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.</p> <p>Obtener y analizar la información geográfica basada en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.</p> <p>Describir las entradas de información geográfica basados en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.</p> <p>Describir el almacenamiento de información geográfica obtenida de la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.</p> | <p>Se puede aplicar el sistema de información geográfica integral actualizada basado en la tecnología digital de drones apropiado acorde a los avances que pueda posibilitar la delimitación del área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco.</p> <p><b>HIPOTESIS ESPECÍFICA</b></p> <p>Se aplica el sistema de información geográfica integral actualizada basado en la tecnología digital de drones apropiado acorde a los avances que pueda posibilitar la delimitación del área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco.</p> <p>Es perceptible de la ubicación geográfica basados en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.</p> <p>Se realiza las entradas de información geográfica basados en la tecnología de drones diseñados en los en los transeptos de acuerdo a la aplicación en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.</p> <p>Se realiza el post proceso de información geográfica basados en la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.</p> <p>Se almacena la información geográfica obtenida de la tecnología de drones aplicado en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.</p> <p>Se aplica el procesamiento de información geográfica obtenida de la tecnología de drones en el área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura sede Cusco- 2015.</p> |

| área de catastro arqueológico del Ministerio de Cultura Sede Cusco- 2015? |   | OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE  |                            |                              | METODOLOGÍA  |  |
|---|---|--|----------------------------|------------------------------|--|--|
|   |   | INDICADOR  | TECNICAS                   | INSTRUMENTO                  |  |  |
| Sistemas de información geográfica basado en la tecnología de Drones      | <input type="checkbox"/> Entradas de información geográfica       | <ul style="list-style-type: none"> <li>El Sistema de Información Geográfica con la tecnología de drones con él cuenta la institución</li> <li>El acceso al Sistema de Información Geográfica con la tecnología de drones desde su puesto de trabajo.</li> </ul>  | Se utilizará las encuestas | Utilizará los cuestionarios. | <b>TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>El diseño que se emplea es explicativa, transeccional y no experimental.</li> </ul> |  |
|   | <input type="checkbox"/> Almacenamiento de información geográfica | <ul style="list-style-type: none"> <li>Considera que el SIG con la tecnología de drones ha sido parametrizado y personalizado adaptándose a las necesidades de la institución.</li> <li>Considera que el SIG con la tecnología de drones como herramientas para el control de la visualización del mapa (Zoom + ,Zoom – Zoom extensión, Encuadre, medición de distancia, escalas).</li> <li>Considera que la información geográfica está segmentada en capas o niveles de información comunes (ejemplo, capa de calles, capa de carreteras, capa de recursos ...)</li> </ul> |                            |                              | <b>POBLACIÓN:</b><br>La población estará formada por todos los trabajadores del área de catastro del INC.<br><br><b>POBLACION TOTAL</b>                              |  |
|   |   |  |                            |                              |  |  |

|   |  |   |             |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |   |
|---|--|---|-------------|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|---|
|   | <input type="checkbox"/> Proceso de información geográfica | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Considera que el SIG con la tecnología de drones permite realizar búsquedas para conocer la ubicación de una dirección (por ejemplo, introduciendo la comunidad y número el mapa nos lleva a la localización buscada), una carretera (por ejemplo, introduciendo una carretera el mapa nos lleva a la localización buscada) o un punto singular.</li> <li>• Considera que el SIG con la tecnología de drones permite el cálculo de la ruta más óptima entre dos puntos que define el usuario.</li> <li>• Considera que el SIG con la tecnología de drones permite la localización geográfica de incidentes. Y esa localización cambia por cualquier motivo,</li> <li>• Considera que la visualización de los incidentes con las alertas en el mapa.</li> </ul> | observación | Ficha de observación de registro de notas | <table border="1"> <tr> <td>I</td> <td>T</td> <td>S</td> <td>T</td> </tr> <tr> <td>r</td> <td>o</td> <td>e</td> <td>e</td> </tr> <tr> <td>g</td> <td>p</td> <td>c</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2</td> </tr> </table> | I | T | S | T | r | o | e | e | g | p | c | c | . | . | . | . | 5 | 5 | 3 | 1 |  |  |  | 2 |
| I | T  | S   | T           |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |   |
| r | o  | e   | e           |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |   |
| g | p  | c   | c           |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |   |
| . | .  | .   | .           |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |   |
| 5 | 5  | 3   | 1           |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |   |
|   |  |   | 2           |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |   |

|  |   |  |                    |  |  |
|--|---|--|--------------------|--|--|
|  | <p>□ Salida de información geográfica</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Considera que la aplicación SIG con tecnología de drones permite almacenar los planes de emergencia o los mapas apropiados para dar respuesta a una eventual situación de crisis (por ejemplo, mapas de riesgo de inundaciones, mapas de pendiente, mapas de riesgo, es:</li> <li>• Considera que los datos obtenidos con los SIG con tecnología de drones como: Datos ambientales y territoriales (ríos, relieve, espacios naturales protegidos, usos del suelo)</li> <li>• Considera que el software utilizado para el SIG con tecnología de drones , dispone de servicios de mapas accesibles a través de un navegador de Internet</li> <li>• Considera que la información primaria obtenida con los SIG con tecnología de drones es adecuado para el software que la institución utiliza</li> <li>• Considera que el procesamiento de la información con el SIG con tecnología de drones</li> <li>• Considera que el almacenamiento de datos e información que genera el SIG con tecnología de drones.</li> <li>• Considera que la base de datos que se logra a través del uso del SIG con tecnología de drones.</li> </ul> | <p>observación</p> | <p>Ficha de observación de registro de notas</p> |  |
|--|---|--|--------------------|--|--|

**DECRETOS  
SUPREMOS**

**APRUEBAN TEXTO DE LA NORMA TÉCNICA COMPLEMENTARIA  
“REQUISITOS PARA LAS OPERACIONES DE SISTEMAS DE AERONAVES  
PILOTADAS A DISTANCIA”**

**RESOLUCIÓN DIRECTORAL Nº 501-2015-MTC/12**

Lima, 3 de noviembre de 2015 CONSIDERANDO:

Que, la Dirección General de Aeronáutica Civil del Ministerio de Transportes y Comunicaciones es la entidad encargada de ejercer la Autoridad Aeronáutica Civil del Perú, siendo competente para aprobar y modificar, entre otras, las directivas técnicas, conforme lo señala el literal c) del artículo 9º de la Ley Nº 27261, Ley de Aeronáutica Civil del Perú; Que, el artículo 2º del Reglamento de la Ley de Aeronáutica Civil, aprobado por Decreto Supremo Nº 050-2001-MTC, señala que los aspectos de orden técnico y operativo que regulan las actividades aeronáuticas civiles se rigen entre otros, por las normas técnicas complementarias; Que, los artículos 13º y 14º del Decreto Supremo Nº 001-2009-JUS, Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de proyectos normativos y difusión de normas legales de carácter general, prescriben que las entidades públicas difundirán las normas legales de carácter general que sean de su competencia, a través de sus respectivos Portales Electrónicos, revistas institucionales y en general, en todos aquellos medios que hagan posible la difusión colectiva por un plazo no menor de treinta (30) días antes de la fecha prevista para su entrada en vigencia; Que, en cumplimiento de la referida norma, mediante Resolución Directoral Nº 152-2015-MTC/12 del 09 de abril de 2015 se aprobó la difusión a través de la página web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, del texto de la Norma Técnica Complementaria denominada “Requisitos para las Operaciones de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia”; el cual fue objeto de comentarios y aportes que dieron mérito a la reformulación del texto original; Que, con Resolución Directoral Nº 290-2015-MTC/12 del 13 de julio de 2015 se difundió el nuevo texto de NTC habiéndose recibido nuevos aportes que han sido evaluados y considerados en lo pertinente en el texto final; Que, el texto de la Norma Técnica Complementaria denominada “Requisitos para las Operaciones de Sistemas de

Aeronaves Pilotadas a Distancia” cuenta con opiniones favorables de la Dirección de Regulación y Promoción, la Dirección de Certificaciones y Autorizaciones y la Dirección de Seguridad Aeronáutica así como la conformidad para su aprobación de la Asesoría Legal de la Dirección General de Aeronáutica Civil, emitidas mediante Informe N° 1261-2015-MTC/12.08, Memorando N° 2565-2015-MTC/12.07, Memorando N° 3498-2015-MTC/12.04 y Memorando N° 2115-2015-MTC/12.LEG, respectivamente; De conformidad con la Ley No. 27261,

Ley de Aeronáutica Civil del Perú y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 050-2001-MTC; y, el Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, modificado por el Decreto Supremo N° 014-2012-JUS; SE RESUELVE: Artículo Único.- Aprobar el texto de la Norma Técnica Complementaria denominada “Requisitos para las Operaciones de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia”, el cual forma parte integrante de la presente resolución. Regístrese, comuníquese y publíquese.

JUAN CARLOS PAVIC MORENO Director General de Aeronáutica Civil NORMA TÉCNICA COMPLEMENTARIA NTC : 001-2015 FECHA : 03/11/2015 REVISIÓN : ORIGINAL EMITIDA POR : DCA/DGAC TEMA: Requisitos para las Operaciones de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia.

1. ANTECEDENTES La Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) es la entidad que ejerce la autoridad aeronáutica civil en el país y como tal regula, supervisa, controla, fiscaliza y sanciona todas las actividades aeronáuticas civiles, es decir, las actividades vinculadas al empleo de aeronaves civiles.

Las aeronaves pilotadas a distancia (RPA), al ser aeronaves están sujetas a la legislación aeronáutica vigente en el Perú. En consecuencia, la DGAC es responsable de controlar que el uso de dichas aeronaves en el Perú se realice en el ámbito de la ley y la seguridad. Un sistema de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) constituye un nuevo componente del sistema aeronáutico, que ha alcanzado hoy en día un desarrollo tecnológico que permite su uso en diversas aplicaciones civiles y militares. Sin embargo, la integración segura de los RPAS en el espacio aéreo no segregado será una meta de largo plazo considerando las dificultades que aún existen hoy en día para establecer un sistema de certificación para el

otorgamiento de licencias, la calificación médica de la tripulación RPAS, la certificación de los equipos que componen dicho sistema (aeronave y equipos de control) y la certificación de la operación, de tal modo que se garantice la seguridad cuando estas aeronaves operen en el espacio aéreo que hoy en día está reservado solo a las aeronaves tripuladas. No obstante lo anterior, la operación de estas aeronaves podría permitirse hoy en día bajo determinadas limitaciones que eviten una colisión entre los parámetros de operación de las RPA y los parámetros correspondientes a las operaciones de aeronaves tripuladas; es decir, estableciendo en la medida de lo posible una separación en el ámbito de operación entre las aeronaves tripuladas y las aeronaves pilotadas a distancia. En tal sentido la presente NTC solo pretende establecer limitaciones que permitan una operación restringida de las aeronaves pilotadas a distancia con el objetivo de garantizar la seguridad operacional de los demás usuarios del espacio aéreo así como minimizar los factores que puedan causar daños a las personas y a la propiedad.

2. OBJETIVO Esta Norma Técnica Complementaria (NTC) establece los requisitos y limitaciones para la operación de RPAS de uso civil, con el objeto de garantizar la seguridad operacional de todos los demás usuarios del espacio aéreo así como la seguridad de las personas y bienes en tierra.

3. APLICABILIDAD Esta NTC es aplicable a las personas u organizaciones que pretendan hacer uso de sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) para cualquier actividad civil. No aplica a las aeronaves de Estado, es decir a aquellas que sean utilizadas en servicios militares, de policía o de aduanas.

4. DEFINICIONES AERONAVE. Se consideran aeronaves a los aparatos o mecanismos que pueden circular en el espacio aéreo utilizando las reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra y que sean aptos para el transporte de personas o cosas. AERONAVE NO TRIPULADA. Aeronave destinada a volar sin piloto a bordo.

AERONAVE PILOTADA A DISTANCIA (Remotely Piloted Aircraft - RPA). Una RPA es una aeronave pilotada por un "piloto remoto", emplazado en una "estación de piloto remoto" ubicada fuera de la aeronave (es decir en tierra, en barco, en otra aeronave, en el espacio) quien monitorea la aeronave en todo momento y tiene

responsabilidad directa de la conducción segura de la aeronave durante todo su vuelo.

Una RPA puede poseer varios tipos de tecnología de piloto automático pero, en todo momento, el piloto remoto puede intervenir en la gestión del vuelo. Esta es una subcategoría de las aeronaves no tripuladas. Existen diversas denominaciones de estos vehículos según el origen y etimología y uso entre ellas las más conocidas son: DRONE: denominación del ámbito militar. La etimología de 'drone' viene de dron o dræn, abeja macho o zángano, el cual hace referencia al zumbido producido por sus motores, similares al de los zánganos volando. Para efectos de esta NTC se prescinde de esta denominación que en adelante deberá entenderse como RPA. UAV: Unmanned Aerial Vehicle (vehículo aéreo no tripulado) Término obsoleto.

ÁREA NATURAL PROTEGIDA. Espacio del territorio nacional expresamente reconocido y declarado como tal para conservar la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible del país.

CONTROL DE TRÁNSITO AÉREO. Servicio suministrado con el fin de: a) prevenir colisiones:

1) entre aeronaves; y

2) en el área de maniobras, entre aeronaves y obstáculos; y

b) acelerar y mantener ordenadamente el movimiento del tránsito aéreo. ESPACIO AÉREO CONTROLADO.

Espacio aéreo de dimensiones definidas dentro del cual se facilita servicio de control de tránsito aéreo, de conformidad con la clasificación del espacio aéreo.

ESPACIO AÉREO SEGREGADO. Espacio aéreo de dimensiones especificadas asignado a usuarios específicos para su uso exclusivo. OPERACIÓN CON VISIBILIDAD DIRECTA VISUAL. Operación en la cual la tripulación remota mantiene

contacto visual directo con la aeronave para dirigir su vuelo y satisfacer las responsabilidades de separación y anticolisión. PERSONAS NO INVOLUCRADAS EN LA OPERACIÓN. Toda persona, a excepción del piloto del RPAS, que se encuentre ubicada en las proximidades del despegue, lanzamiento, vuelo, aterrizaje o recuperación del RPA. SISTEMA DE AERONAVE NO TRIPULADA (Unmanned

Aerial System - UAS) Aeronave y sus elementos conexos que operan sin piloto a bordo. SISTEMA DE AERONAVE PILOTADA A DISTANCIA (RPAS). Conjunto de elementos configurables integrado por una aeronave pilotada a distancia, sus estaciones de piloto remoto conexas, los necesarios enlaces de mando y control y cualquier otro elemento de sistema que pueda requerirse en cualquier punto durante la operación de vuelo.

ZONA PELIGROSA. Espacio aéreo de dimensiones definidas en el cual pueden desplegarse en determinados momentos actividades peligrosas para el vuelo de las aeronaves.

ZONA POBLADA. Área donde habitan personas, incluyendo sus viviendas, centros de trabajo y lugares en los que realizan actividades recreacionales y sociales. Incluye edificaciones, calles, plazas, playas y toda infraestructura o espacio público utilizado frecuentemente por un colectivo humano. ZONA PROHIBIDA. Espacio aéreo de dimensiones definidas sobre el territorio o las aguas jurisdiccionales de un Estado, dentro del cual está prohibido el vuelo de las aeronaves.

ZONA RESTRINGIDA. Espacio aéreo de dimensiones definidas sobre el territorio o las aguas jurisdiccionales de un Estado, dentro del cual está restringido el vuelo de las aeronaves, de acuerdo con determinadas condiciones especificadas.

ZONA URBANA. Espacio donde habita una población que cuenta con una red de servicios básicos, tales como alumbrado público o servicios de agua potable. Incluye edificaciones, calles, plazas y toda infraestructura utilizada frecuentemente por un colectivo humano. Todas las capitales de departamento, provincia y distrito, así como las localidades que no siendo capitales, cuenten con una población que exceda el millar de habitantes, son consideradas zona urbana hasta el límite de instalación de por lo menos uno de sus servicios públicos.

ABREVIATURAS AIP-PERÚ Publicación de Información Aeronáutica del Perú ATC Control de Tránsito Aéreo DGAC Dirección General de Aeronáutica Civil NTC Norma Técnica Complementaria FPV First Person Vision (vuelo con "visión en primera persona") NOTAM Notice To Airmen (Información para aviadores). OACI Organización de Aviación Civil Internacional RAP Regulación Aeronáutica del Perú RPA Remote Piloted Aircraft (Aeronave Pilotada a Distancia) RPAS Remote Piloted

Aircraft System (sistema de Aeronaves Pilotadas a Distancia) UAS Unmanned Aircraft System (Sistema de Aeronave No Tripulada) UAV Unmanned Aerial Vehicle (vehículo aéreo no tripulado) 5. FECHA EFECTIVA Esta NTC entra en vigencia a partir del día siguiente de la fecha de su publicación.

6. BASE LEGAL • Ley de Aeronáutica Civil del Perú – Ley 27261 y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 050-2001-MTC. • Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General. • Decreto Supremo N° 011-2014-IN.

7. DOCUMENTOS RELACIONADOS • Enmienda 43 de las Normas Internacionales, ANEXO 2 al Convenio Sobre Aviación Civil internacional. Capítulo 1. Definiciones • Circular OACI 328-AN/190 • Documento 10019 AN/507 de la OACI "Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)", de abril 2015

8. REGULACION (a) Registro: A partir de la entrada en vigencia de la presente NTC, todo propietario de un RPAS deberá registrarlo en la DGAC, Dirección de Certificaciones y Autorizaciones, para lo cual deberá: (1) Presentar la solicitud (Apéndice A) que contenga la información siguiente: (i) Datos del solicitante: Nombre completo, número de DNI, dirección, teléfono, correo electrónico. (ii) Información técnica del RPAS: Marca, modelo, país de fabricación, número de serie, tipo y cantidad de motores, frecuencia de control, masa (peso) máxima de despegue, autonomía, descripción del equipamiento incorporado (GPS, paracaídas de emergencia, cámara de video, ATC transponder, otros) copia digital del manual de operación del RPAS (aeronave y sistema de control) y fotografía del RPAS en formato jpg. (2) Presentar copia simple de la partida registral actualizada o del certificado de vigencia actualizado de la sociedad, si es persona jurídica. (3) Presentar copia simple del documento en el que conste el poder otorgado al representante que formula la solicitud con la constancia actualizada de su inscripción registral o de ser el caso, copia de la carta poder correspondiente, si es persona jurídica. (4) Efectuar el pago de los derechos de tramitación correspondientes establecidos en el Texto Único de Procedimientos Administrativos – TUPA del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. La DGAC resuelve las solicitudes de registro en el plazo máximo de treinta (30) días hábiles, de conformidad con el Artículo 35 de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General. (b)

Tarjeta de registro del RPAS: Como resultado del proceso de registro, la Dirección de Certificaciones y Autorizaciones de la DGAC otorgará al operador la correspondiente "tarjeta de registro" que contiene los datos básicos del propietario y del RPAS y está numerada correlativamente. (c) Acreditación transitoria del operador/piloto de RPAS: Transcurridos ciento ochenta (180) días a partir de la entrada en vigencia de la presente NTC y en forma transitoria hasta que en fecha posterior se establezca las licencias y habilitaciones del operador/piloto de RPAS, toda persona que opere o pilotee a distancia un RPAS para usos diferentes a la práctica aerodeportiva o recreativa, deberá contar con una acreditación de Operador RPAS, la cual será tramitada ante la Coordinación Técnica de Licencias de la Dirección de Certificaciones y Autorizaciones de la DGAC y para lo cual el postulante a la misma deberá: (1) Tener al menos 18 años de edad. (2) Aprobar -con nota mínima de 75%- un examen de conocimientos aeronáuticos básicos pertinentes a la operación de RPAS que incluirán: la presente NTC, reglamento del aire, parámetros de vuelo, factores humanos, meteorología, navegación y principios de vuelo, conforme al instructivo que publique la DGAC en el sitio web del MTC-DGAC y que comprenderá el temario de dicho examen. (3) Presentar una declaración jurada simple (Apéndice B), en la que declare: (i) Leer, escribir, hablar y comprender el idioma español (ii) Haber recibido instrucción teórica y práctica en el modelo de RPAS a operar, a cargo de un piloto acreditado como Operador RPAS o con licencia de piloto emitida por la DGAC, ya sea en un aeroclub o en un Centro de Instrucción de Aeronáutica Civil. (iii) No conocer que adolezca de alguna condición física o mental que pueda interferir con la operación segura de un RPAS. (iv) Estar enterado que deberá conducir una inspección de pre-vuelo antes de cada operación, para asegurar que el RPAS (la aeronave y su estación de control) esté en condiciones seguras para operar; la inspección debe comprender la verificación de que el mantenimiento previo del RPAS se haya cumplido conforme a lo que establece el manual del fabricante. (v) Estar enterado que deberá registrar la inspección de pre-vuelo por escrito, en forma correlativa, fechada y firmada. Se aceptará este registro en formato digital siempre y cuando el operador lo solicite y sea aprobado por la DGAC. (vi) Compromiso para conservar dicho registro por un período mínimo de dos años posteriores al vuelo, de

manera que esté disponible a ser supervisado por la DGAC. (vii) Compromiso de reportar en los meses de mayo y noviembre vía correo electrónico la totalidad de vuelos realizados en el semestre, según formato digital que se publique en la página web de la DGAC. El reporte podrá ser presentado por un aeroclub, sin embargo la responsabilidad de la presentación fidedigna y oportuna del reporte, recae en la persona del operador/piloto. (viii) Compromiso para reportar a la DGAC, en caso de accidente por operación que resulte en lesiones a personas o daño a la propiedad, dentro de las 72 horas siguientes. (ix) Facilitar a la DGAC, a solicitud de ésta -para inspección o prueba- el RPAS y toda la documentación asociada. (4) Efectuar el pago de los derechos de tramitación correspondientes establecidos en el Texto Único de Procedimientos Administrativos – TUPA del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. La DGAC resuelve las solicitudes de acreditación en el plazo máximo de treinta (30) días hábiles, de conformidad con el Artículo 35 de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General. La acreditación de operador RPAS es otorgada por el Director de Certificaciones y Autorizaciones de la DGAC. El incumplimiento de una o más de las condiciones establecidas como requisito para esta acreditación es causal para revocar la acreditación otorgada. (d) Autorización para operar un RPAS: Transcurridos ciento ochenta (180) días a partir de la entrada en vigencia de la presente NTC, toda persona que opere o pilotee a distancia un RPAS para usos diferentes a la práctica aerodeportiva o recreativa, deberá contar previamente con una autorización de la DGAC. Para obtener dicha autorización el explotador deberá presentar una solicitud cumpliendo los requisitos siguientes: (1) Contar con Tarjeta de registro del RPAS (2) Contar con la acreditación del operador/piloto (3) Presentar una declaración jurada de responsabilidad solidaria (Apéndice C), aplicable en los casos en que el operador y el propietario del RPAS sean personas distintas y eventualmente intervenga una tercera entidad como contratante. (4) Presentar copia de la póliza de seguros de responsabilidad civil frente a terceros por los daños que puedan surgir durante sus operaciones. La cobertura mínima será de 10 UITs, pudiendo el propietario y/o operador del RPAS asegurar por un monto superior de acuerdo a la evaluación y consideración del análisis de riesgo señalado en el sub párrafo (h). (5) Efectuar el pago de los

derechos de tramitación correspondientes establecidos en el Texto Único de Procedimientos Administrativos – TUPA del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. La DGAC resuelve las solicitudes de autorización en el plazo máximo de sesenta (60) días hábiles contados a partir del día siguiente de la fecha de presentación de la solicitud acompañada de la documentación completa o desde que esta se complete, de conformidad con el Artículo 95.2 de la Ley N° 27261, Ley de Aeronáutica Civil del Perú. Tal autorización se otorgará en forma transitoria por la Dirección de Certificaciones y Autorizaciones mediante Oficio y se mantendrá vigente hasta que se apruebe la Regulación Aeronáutica del Perú, en adecuación al reglamento regional de la OACI, norma que prescribirá los requerimientos y procedimientos para la certificación de equipo RPAS y sus operaciones. (e) Limitaciones de Operación: Ninguna persona podrá operar un RPAS: (1) Si la masa máxima de despegue del RPA excede los 25 Kg. (2) Sobre zonas pobladas, salvo los casos excepcionales que autorice la DGAC de acuerdo a lo señalado en el párrafo 8, subpárrafo (f), de esta norma. (3) En áreas de concentración de personas. (4) Sin contar con el manual del fabricante del RPAS. (5) Cuando no se cumplan todas las prescripciones indicadas en dicho manual referentes al mantenimiento y operación del RPAS. (6) Sin antes haber realizado una inspección de pre-vuelo para determinar que el RPAS se encuentra en condiciones seguras para operar y haber registrado y firmado dicha inspección. (7) Sin haber presentado plan de vuelo al ATC correspondiente en los casos que sea aplicable. (8) Sobre personas no involucradas en la operación. (9) En proximidad de personas u obstáculos, debiendo mantener una separación vertical del RPA mayor de 20 metros y horizontal mayor de 30 metros, en relación a cualquier obstáculo. Dichos márgenes aplican al despegue/lanzamiento, aterrizaje/recuperación y durante todas las fases del vuelo y en adición a las restricciones operacionales propias de cada modelo de RPA establecidas en el correspondiente manual. (10) Por encima de 500 ft (152.4 m) de altura sobre el terreno. (11) A más de 100 mph (87 Kt) de velocidad aérea. (12) Fuera de condiciones de una operación con visibilidad directa visual. (13) En condiciones nocturnas (después de la puesta o antes de la salida del sol). (14) Durante más de una hora continuada. (15) Durante más del 80% de la autonomía

establecida por el fabricante. (16) Con un piloto que no haya sido acreditado y/o que no haya sido autorizado. (17) Descuidando la atención exclusiva al control de la operación del RPAS. Está prohibido entregar el control a otro piloto/operador mientras el RPA está en vuelo y comandar dos RPA simultáneamente. (18) Operar un RPAS bajo la influencia de las drogas o el alcohol. (19) A menos de 4 km de un aeródromo, excepto para fines de prevención de impactos con aves, conforme a lo estipulado en el inciso (g) de este párrafo. (20) Sobre vías de comunicación, incluyendo toda infraestructura vial (viaductos, carreteras, caminos, senderos, puentes), infraestructura de transmisión eléctrica y de telecomunicaciones (postes, torres, cables y antenas), cursos de agua navegables y ductos para transporte de hidrocarburos. Sin perjuicio de ello, los RPA podrán volar próximos a estas vías, manteniendo una separación horizontal mayor de 30 metros, del borde o extremo de las mismas. (21) No se podrá dejar caer ni lanzar objetos, material o fluidos desde el RPAS salvo en los casos en que cuente con autorización expresa de la DGAC sobre la base de informes técnicos de impacto ambiental emitidos por la autoridad competente. (22) "En zonas peligrosas, zonas prohibidas y zonas restringidas publicadas en la AIP-PERÚ o en los NOTAM incluidos en el sitio web de CORPAC". Una desviación a esta restricción se sujetará a la autorización escrita de parte de la Entidad responsable de la reserva de la zona en cuestión. (23) En una navegación aérea internacional o en alta mar, salvo que cuente con una autorización apropiada de la DGAC y de acuerdo a lo establecido en el Apéndice M de la RAP 91. (f) Operación en zonas urbanas: La operación de un RPAS en zonas urbanas podrá autorizarse excepcionalmente a los RPA con un peso máximo de despegue de hasta 6 kg equipados con paracaídas de emergencia, sólo en los siguientes casos y según el procedimiento señalado más adelante en el sub párrafo (i): (1) Entidades gubernamentales por razones de seguridad ciudadana y otras actividades calificadas de interés público por la propia entidad. (2) Entidades privadas contratadas por entidades gubernamentales para actividades calificadas de interés público por la entidad contratante. (3) Entidades privadas que prestan servicios declarados de interés público por Resolución de la Entidad competente. Tales servicios pueden incluir la protección del patrimonio arqueológico, investigación científica, prevención

de desastres, etc. (4) Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú y el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), en actividades de búsqueda y salvamento, en el combate de incendios y otras emergencias. (g) Operación de RPAS para control de peligro aviario: La DGAC podrá autorizar el uso de RPAS dentro de los límites de un aeródromo y en la proximidad de este, bajo un "Protocolo de Seguridad de Uso de RPAS para el Control de peligro Aviario", el mismo que deberá estar aprobado por el explotador del aeródromo y que deberá contener como mínimo las siguientes previsiones:

- (1) Delimitación del espacio aéreo del aeródromo, características del aeródromo y zonas de riesgo
- (2) Características de la fauna aviar vinculada a incidentes en el aeródromo y localización del peligro aviar
- (3) Mantenimiento del equipo RPAS
- (4) Comprobaciones de seguridad de operación de los equipos
- (5) Seguridad en las maniobras de vuelo
- (6) Climatología del aeródromo
- (7) Presentación de plan de vuelo y aceptación por el Servicio de Tránsito Aéreo
- (8) Comunicaciones
- (9) Registros (h) Análisis de riesgo: A excepción de las operaciones de emergencia realizadas por las Entidades establecidas en sub párrafo (f) inciso (4) precedente, toda operación en zonas urbanas y en la vecindad de aeródromos requiere que se efectúe una evaluación de riesgo según el Apéndice D (identificando los peligros y las acciones de mitigación y gestión del riesgo) a cargo del explotador o funcionario responsable designado por la entidad que opera el RPAS. Dicha evaluación fechada y firmada por el mencionado funcionario, antes de la operación deberá remitirse en copia escaneada por correo electrónico a la DGAC y ser registrada en un archivo disponible a la DGAC en el domicilio declarado por la entidad, conjuntamente con la copia de la póliza de seguros. (i) Procedimiento de autorización para operación de RPAS en zonas urbanas y en la proximidad de aeródromos: Un explotador autorizado a operar un RPAS conforme lo estipulado en el párrafo 8. sub párrafo (d) de esta NTC, podrá ser autorizado excepcionalmente por la DGAC, mediante Oficio

de la Dirección de Certificaciones y Autorizaciones, a operar en zonas urbanas o en la proximidad de aeródromos, sujeto a cumplir los requisitos detallados en los sub párrafos (f) (g) y (h), precedentes y presentando los documentos siguientes: (1) Solicitud de autorización y análisis de riesgo conforme al formato que se indica en el sub párrafo (h) precedente. (2) Constancia de pago de los derechos de tramitación correspondientes establecidos en el Texto Único de Procedimientos Administrativos – TUPA del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. La DGAC resuelve las solicitudes de autorización en el plazo máximo de sesenta (60) días hábiles contados a partir del día siguiente de la fecha de presentación de la solicitud acompañada de la documentación completa o desde que esta se complete, de conformidad con el Artículo 95.2 de la Ley N° 27261, Ley de Aeronáutica Civil del Perú. (j) Operaciones de los RPAS en recintos cerrados: Los recintos completamente cerrados (un coliseo cerrado, un hangar cerrado, pabellón industrial o deportivo, un centro de convenciones, un domicilio particular, etc.) no están sujetos a la jurisdicción de la DGAC, al no formar parte del espacio aéreo. Los titulares de esos recintos son responsables de autorizar el vuelo de RPAs en su interior.

8. CONTACTOS PARA MAYOR INFORMACIÓN Para cualquier consulta adicional referida a esta NTC, dirigirla a la Coordinación Técnica de Autorizaciones, teléfono: +51-1-6157800, anexos 1523 y 1156, o al correo electrónico: [rpas-dgac@mtc.gob.pe](mailto:rpas-dgac@mtc.gob.pe)

#### APÉNDICE "A" FORMATO DE SOLICITUD DE REGISTRO DE DATOS DE "RPAS"

Lima, Sres. Dirección General de Aeronáutica Civil Dirección de Certificaciones y

Autorizaciones Por medio del presente documento, declaro ser propietario de un

RPAS de acuerdo a los datos que suscribo a continuación y en virtud de ello solicito

la emisión de la tarjeta de registro correspondiente: 1. Datos del solicitante: Nombre

completo del propietario: \_\_\_\_\_ Número de

DNI: \_\_\_\_\_ Dirección:

\_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_, correo

electrónico: \_\_\_\_\_ 2. Información técnica del RPAS:

Marca: \_\_\_\_\_; Modelo: \_\_\_\_\_ País de fabricación:

\_\_\_\_\_, Número de serie: \_\_\_\_\_ Tipo de motores: \_\_\_\_\_, Cantidad de

motores: \_\_\_\_\_ Frecuencia de control: \_\_\_\_\_ Hz, Masa (peso) máxima de

despegue: \_\_\_\_\_ Kg. Autonomía: \_\_\_\_\_ minutos. Descripción del equipamiento incorporado: Equipo Disponible Marca/Tipo (sí) (no) GPS ♦ ♦ \_\_\_\_\_ Paracaídas de emergencia ♦ ♦ \_\_\_\_\_ Cámara de video ♦ ♦ \_\_\_\_\_ ATC transponder ♦ ♦ \_\_\_\_\_ Otros equipos incorporados (detallar): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Documentación adjunta:

- Copia simple de la partida registral actualizada o del certificado de vigencia de la sociedad, si es persona jurídica.
  - Copia simple del documento en el que conste el poder otorgado al representante que formula la solicitud con la constancia actualizada de su inscripción registral o de ser el caso, copia de la carta poder correspondiente, si es persona jurídica.
  - Copia digital del manual de operación del RPAS (aeronave y sistema de control).
  - Fotografía del RPAS en formato jpg.
- Atentamente, (Nombre del solicitante) (Firma del solicitante)

#### APÉNDICE "B" DECLARACIÓN JURADA SIMPLE DE SOLICITANTE DE ACREDITACIÓN TRANSITORIA DE OPERADOR/PILOTO DE RPAS

Sres. Dirección General de Aeronáutica Civil Dirección de Certificaciones y Autorizaciones Por medio del presente documento suscrito en la ciudad de \_\_\_\_\_, En la fecha (día/mes/año) \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_; yo (nombres y apellidos completos) \_\_\_\_\_, de profesión/ocupación \_\_\_\_\_, domiciliado en \_\_\_\_\_,

\_\_\_\_\_, distrito de \_\_\_\_\_, provincia de \_\_\_\_\_, departamento de \_\_\_\_\_, DECLARO BAJO JURAMENTO que: 1. Puedo leer, escribir, hablar y comprender el idioma español. 2. He recibido instrucción teórica y práctica para operar el RPAS modelo \_\_\_\_\_, de (nombre y apellidos del piloto instructor) \_\_\_\_\_, con acreditación de piloto RPAS o licencia emitida el (fecha) \_\_\_ de \_\_\_ de 20\_\_\_, en (nombre del aeroclub o CIAC) \_\_\_\_\_ en el distrito de \_\_\_\_\_, provincia de \_\_\_\_\_, departamento de \_\_\_\_\_.

2. No conozco que adolezca de alguna condición física o mental que pueda interferir con la operación segura de un RPAS. Estoy enterado de que deberé cumplir con las limitaciones de operación establecidas en el párrafo 8 sub párrafo (e) de esta Norma y con las siguientes obligaciones: 4. Conducir una inspección de pre-vuelo antes de cada operación, para asegurar que el RPAS (la aeronave y su estación de control) esté en condiciones seguras para operar; la inspección debe comprender la verificación de que el mantenimiento previo del RPAS se haya cumplido conforme a lo que establece el manual del fabricante. 5. Registrar la inspección de pre-vuelo por escrito, en forma correlativa, fechada y firmada, o en formato digital aprobado por la DGAC. 6. Conservar dicho registro por un período mínimo de dos años posteriores al vuelo y hacerlo accesible a ser supervisado por la DGAC. 7. Reportar, los meses de mayo y noviembre vía correo electrónico, la totalidad de vuelos realizados en el semestre, según formato digital que estará publicado en la página web de la DGAC. 8. Reportar a la DGAC, en caso de accidente por operación que resulte en lesiones a personas o daño a la propiedad, dentro de las 72 horas siguientes. 9. Facilitar a la DGAC, a solicitud de ésta -para inspección o prueba- el RPAS y toda la documentación asociada. 10. Presentar y registrar una evaluación de riesgo para los casos de operaciones en zonas urbanas y en la vecindad de aeródromos, prescritos en el párrafo 8 subpárrafo h) de la referida NTC. Atentamente, (Nombre del solicitante) (Firma del solicitante)

#### APÉNDICE "C" DECLARACIÓN JURADA SIMPLE DE RESPONSABILIDAD SOLIDARIA

Por medio del presente documento suscrito en la ciudad de \_\_\_\_\_, en la fecha \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_; yo \_\_\_\_\_, de profesión/ocupación \_\_\_\_\_, domiciliado en \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, por mí mismo / en representación de \_\_\_\_\_ Empresa del sector de \_\_\_\_\_ con domicilio en \_\_\_\_\_

DECLARO / DECLARAMOS BAJO JURAMENTO que asumo / asumimos solidariamente la responsabilidad civil o penal que pudiera derivarse de las operaciones que se efectúen mediante el uso de sistema(s) de aeronave(s) pilotadas a distancia RPAS, registradas en la DGAC con tarjeta de registro número \_\_\_\_\_, cuyo propietario es \_\_\_\_\_ (Nombre del solicitante) (Nombre del operador) (DNI) (DNI) (Firma del solicitante) (Firma del operador)

APÉNDICE "D" FORMATO DE SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGO PARA UNA OPERACIÓN DE SISTEMA DE AERONAVE PILOTADA A DISTANCIAS EN ZONAS URBANAS O EN LA VECINDAD DE AERÓDROMOS 1.

Número correlativo del formato de evaluación de riesgo: \_\_\_\_\_, total de páginas: \_\_\_\_\_ 2. Resolución que califica la operación de interés público

\_\_\_\_\_ 3. Número de tarjeta de registro del RPAS

\_\_\_\_\_ 4. Fecha y hora de la operación: Día: \_\_\_\_\_ mes: \_\_\_\_\_ año: \_\_\_\_\_ 5. Para operación en la

vecindad de aeródromos, adjuntar copia del "Protocolo de Seguridad de Uso de RPAS para el Control de peligro Aviario", aprobado por el explotador del aeródromo.

Descripción y delimitación de la zona de operación: 6. Coordenadas: S: \_\_\_\_\_ W: \_\_\_\_\_; S: \_\_\_\_\_ W: \_\_\_\_\_; S: \_\_\_\_\_ W: \_\_\_\_\_; S: \_\_\_\_\_ W: \_\_\_\_\_.

7. Referencias de ubicación: \_\_\_\_\_ 8.

Distrito: \_\_\_\_\_ Provincia: \_\_\_\_\_ Departamento: \_\_\_\_\_

Datos del operador responsable: 9. Nombre de la Entidad responsable de la operación: \_\_\_\_\_ 10. Dirección de la Entidad

solicitante: \_\_\_\_\_ 11.

Nombre del funcionario responsable de la Entidad operadora: \_\_\_\_\_ 12. Nombre del operador/piloto

solidariamente responsable: \_\_\_\_\_ Evaluación del

riesgo (seguir los lineamientos del Documento 9859, "Manual de gestión de la seguridad operacional" de la Organización de aviación Civil Internacional; capítulo 5, publicado en:

[http://www.mtc.gob.pe/transportes/aeronautica\\_civil/sistema\\_gestion/documentos/SM S/DOC%209859\\_cons\\_es%20OACI.pdf](http://www.mtc.gob.pe/transportes/aeronautica_civil/sistema_gestion/documentos/SM_S/DOC%209859_cons_es%20OACI.pdf); y la Circular de Asesoramiento CA 11-305-2014, párrafo 7.2:

[http://www.mtc.gob.pe/transportes/aeronautica\\_civil/normas/documentos/circulares2/2014/CA\\_11\\_305\\_2014\\_Analisis\\_riesgo\\_sobre\\_metodos\\_alternos\\_de\\_exencions\\_corrregido.pdf](http://www.mtc.gob.pe/transportes/aeronautica_civil/normas/documentos/circulares2/2014/CA_11_305_2014_Analisis_riesgo_sobre_metodos_alternos_de_exencions_corrregido.pdf) Deberá agregarse páginas adicionales numeradas, cuando se requiera espacio adicional: 13. Identificación de los peligros (equipo, procedimientos, organización, presencia de obstáculos, proximidad de personas): 14. Análisis de riesgo (probabilidad y severidad): 15. Evaluación del riesgo y tolerabilidad: 16. Control/mitigación del riesgo [aplicación de defensas (tecnología, reglamentos, entrenamiento)]: 17. Conclusión: Los que suscriben declaran, en virtud de la gestión de riesgo realizada, que (marcar el casillero que corresponda): ♦ Es posible realizar la operación en condiciones seguras ♦ No es posible realizar la operación en condiciones seguras Fecha:\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (Nombre de la entidad/empresa solicitante)

(Firma del funcionario responsable) (DNI) \_\_\_\_\_

(Nombre del operador/piloto) (Firma del operador/piloto) (DNI) 1327461\_1

**OPINIONES A CARGO DE LAS  
JEFATURAS DEL MINISTERIO DE  
CULTURA**

- **JEFE DE AREA COORDINACION DE CATASTRO  
ARQUEOLOGO FRANCISCO SOLIS DIAZ.**

La opinión que tiene respecto a la creación de un área exclusiva para la obtención de datos utilizando la tecnología de Drones es favorable de acuerdo al presupuesto que está incluido en este documento, quien enviara la propuesta a las instancias correspondientes.

- **COORDINACION DEL PARQUE ARQUEOLOGICO DE SAQSAYWAMAN  
ARQUEOLOGO MARCO DEL PEZO BENAVIDES.**

De acuerdo al documento que fue revisado por el coordinador del parque arqueológico de Saqsaywaman la opinión que tiene es poder utilizar los Drones para controlar y supervisar el área arqueológica a su cargo

- **DIRECTOR DEL MINISTERIO DE CULTURA  
ECON. DANIEL MARAVI VEGA CENTENO**

Al revisar este documento el Director del Ministerio de Culturo indico que puede ser favorable la creación de una oficina dedicada a la obtención de datos utilizando la tecnología de Drones y será remitido dicho documento a las instancias correspondientes para que se tome a consideración la apertura de dicha oficina.

# **FOTOGRAFIAS**

# TETEQAQA



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



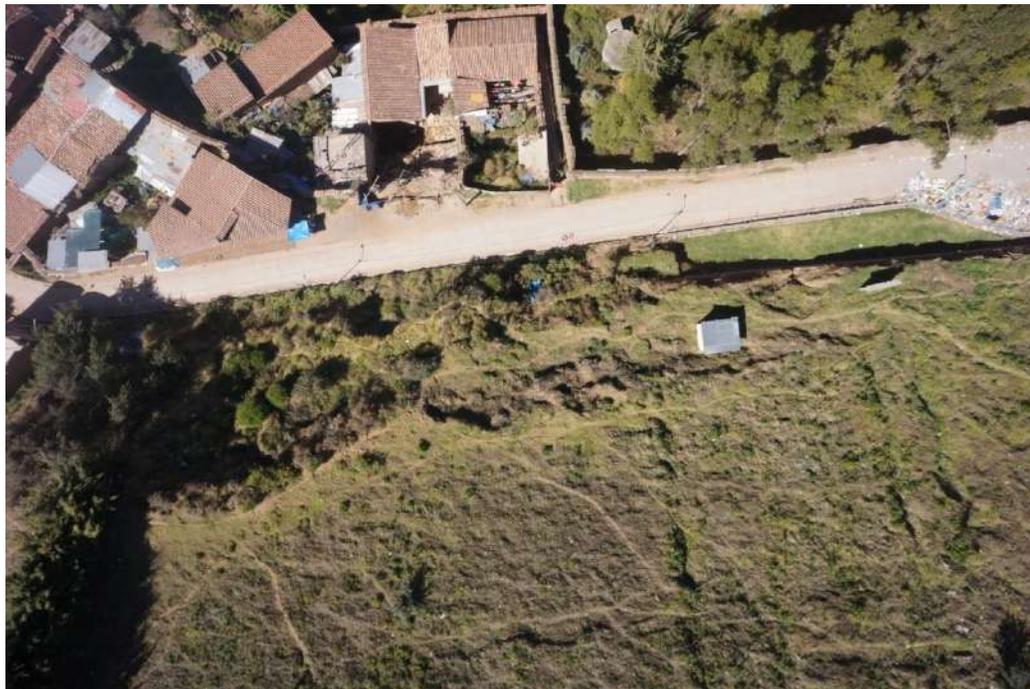
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente:

Elaboración Propia

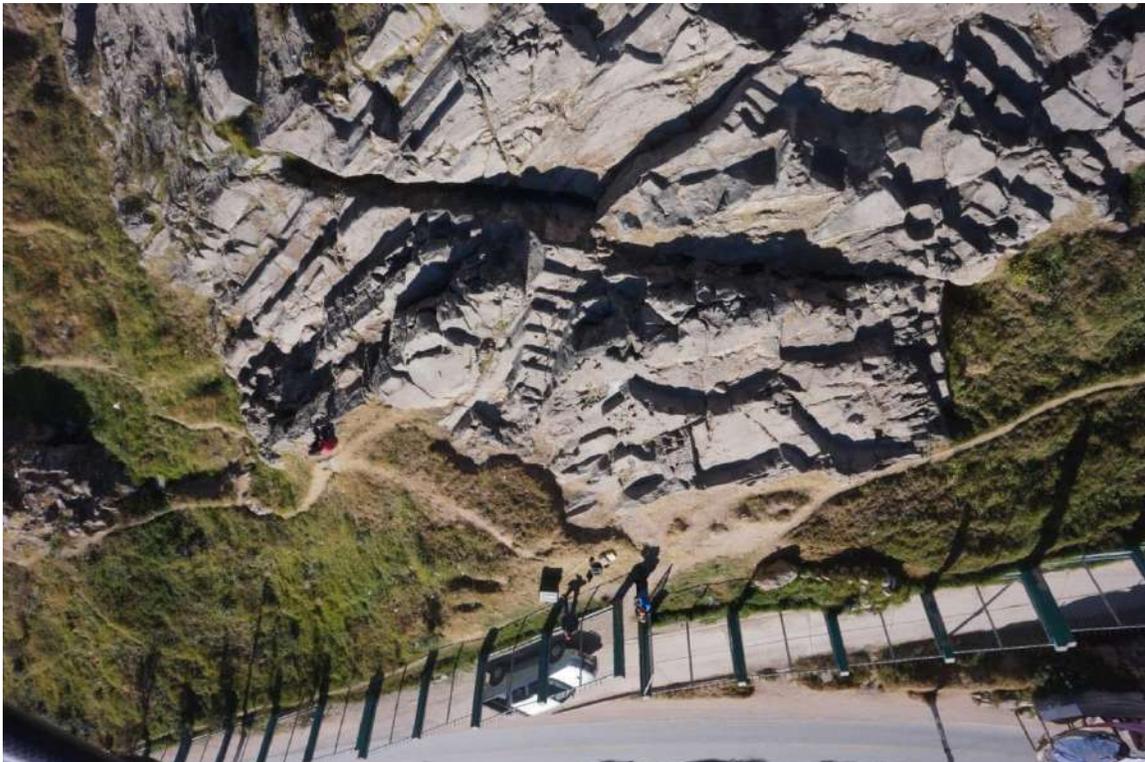


Fuente:

Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

# MUYOCMARKA



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



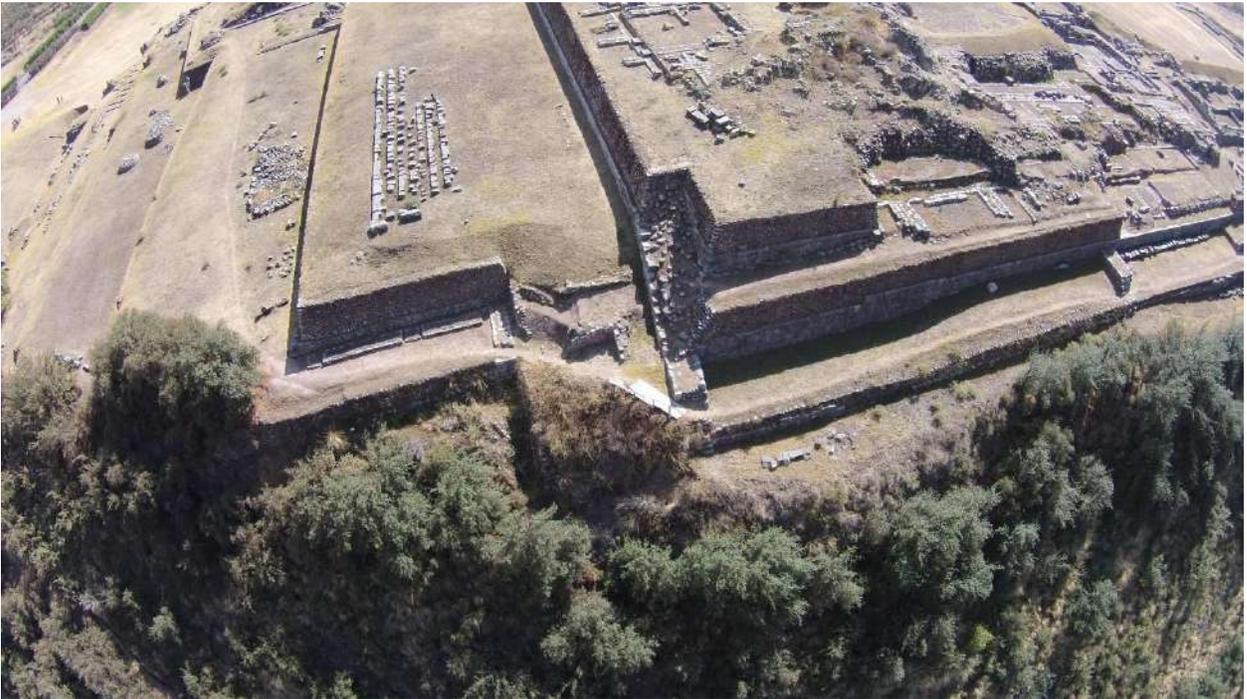
Fuente: Elaboración Propia



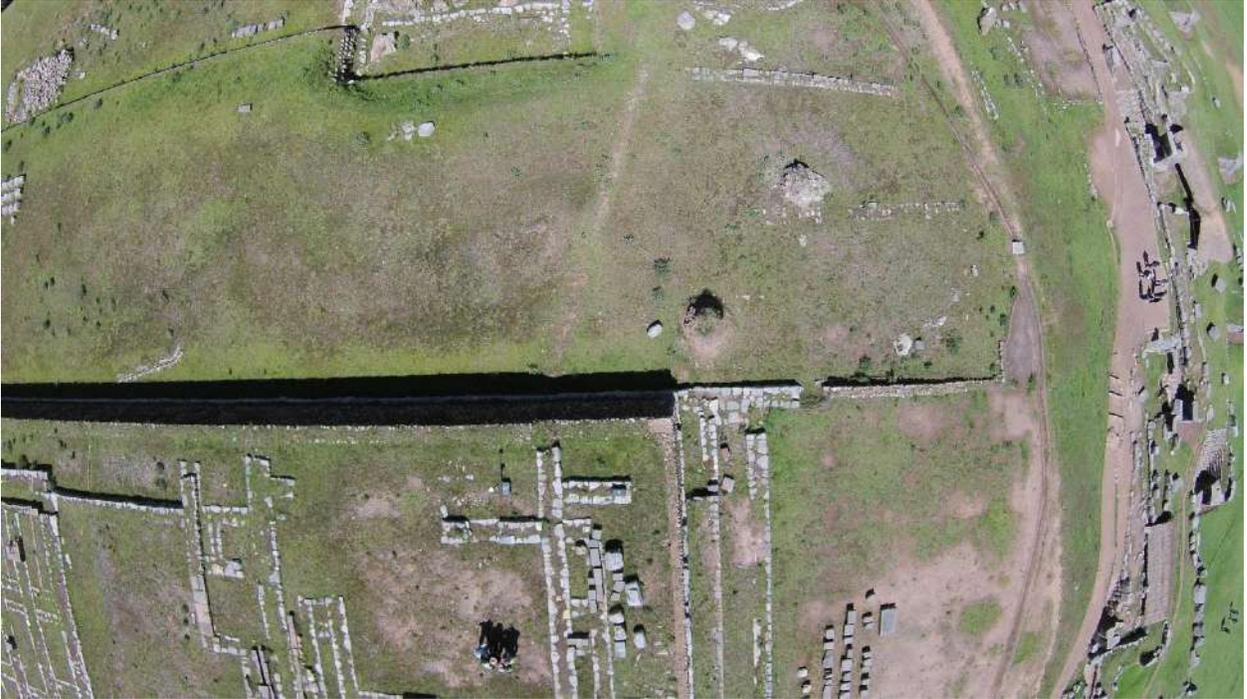
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



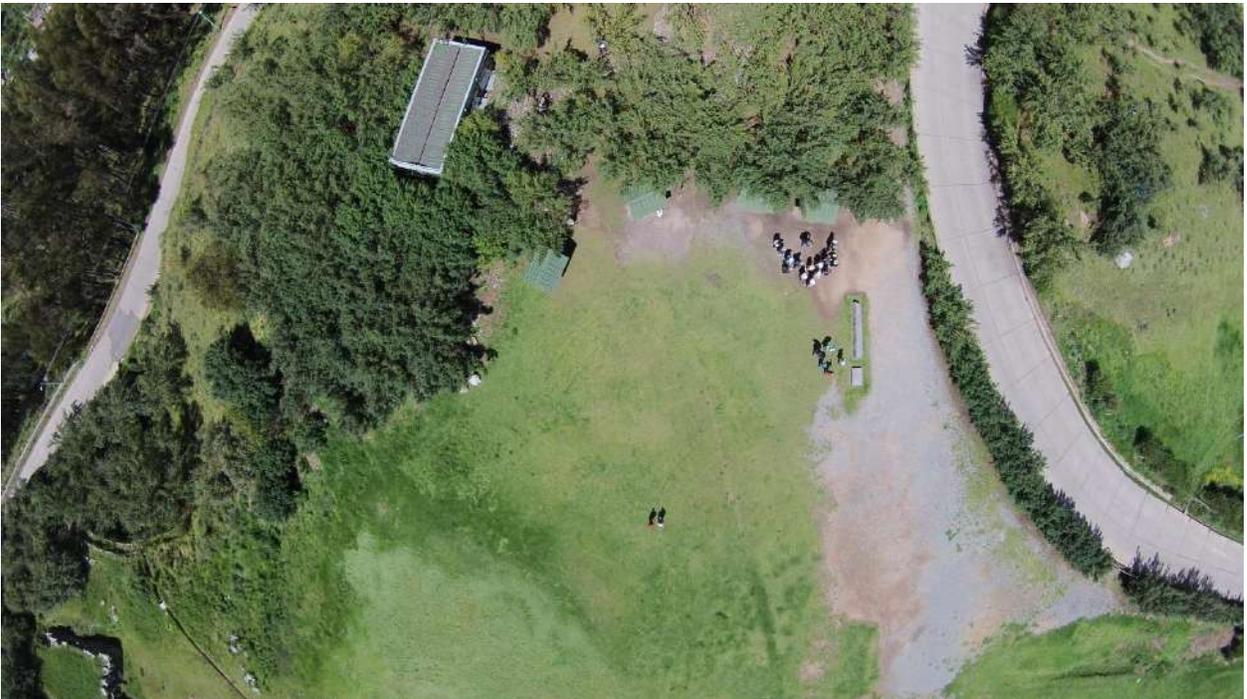
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

# PLANOS