

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE  
HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL  
Y UN DRONE (UAV) eBee DE SENSEFLY, PARA LA  
DEMARCACIÓN DEL CENTRO EXPERIMENTAL  
WAYLLAPAMPA, PACAYCASA, AYACUCHO, 2017**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:  
TIMOTEO QUISPE FLORES**

**AYACUCHO - PERÚ  
2017**

## **DEDICATORIA**

A nuestro Dios por las bendiciones de darme una familia, que me inspira a la superación del día a día.

A mi esposa, Vitaliz por su amor, comprensión, tolerancia y permanente espíritu alentador para lograr mis metas y objetivos propuestos.

A mis hijas: Camila y Luciana, por constituir la fuente de mi inspiración.

A mis padres y hermanos, por su constante ayuda en mi vida universitaria.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, alma mater de mi formación profesional.

A la Facultad de Ciencias Agrarias; y a los profesores de la gloriosa Escuela Profesional de Agronomía, quienes con sus enseñanzas y experiencias han contribuido en mi formación profesional.

A los docentes y personal obrero del Centro Experimental Wayllapampa; por su valioso aporte para la realización del presente trabajo.

Al Ing. Moisés Quispe Cadenas, asesor del presente trabajo, con su constancia por sus orientaciones hasta el término del trabajo.

Al Ing. Orlando Sulca Castilla, por el apoyo brindado durante el tiempo que duró la ejecución del trabajo de tesis.

## ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice general	iv
Índice de cuadros	vi
Índice de figuras	vii
Índice de fotos	ix
Índice de Planos	x
Resumen	xi
INTRODUCCIÓN	1
<b>CAPITULO I. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>4</b>
1.1 Antecedentes	4
1.2 Definición de Términos	5
1.3 Derecho de Propiedad	12
1.4 Topografía y Geodesia	13
1.5 Sistemas GNSS (Global Navigation Satellite System)	13
1.6 Fundamentos de un Sistema GNSS	25
1.7 Puntos Geodésicos	31
1.8 Levantamiento Topográfico con Estación Total	34
1.9 Fotogrametría	35
<b>CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>48</b>
2.1 Ubicación	48
2.2 Materiales y Equipos	50

2.3 Metodología	51
<b>CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>64</b>
3.1 Levantamiento Con Drone Y Estación Total	64
3.2 Colocación y Ubicación de Puntos Geodésicos	78
3.3 Comparativo Entre Drone y Estación Total	81
<b>CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>83</b>
4.1 Conclusiones	83
4.2 Recomendaciones	87
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	88
ANEXOS	90

## INDICE DE CUADROS

	Pág.
Tabla 1.1 Datos de precisión de GPS diferenciales	29
Tabla 2.1 Coordenadas de puntos geodésicos	63
Tabla 3.1 Áreas levantadas y registro de fotos	70
Tabla 3.2 Coordenadas de los vértices del centro experimental	72
Tabla 3.3 Coordenadas levantadas con estación total	75
Tabla 3.4 Coordenadas para Diseño de Reservorio	78
Tabla 3.5 Coordenadas UTM WGS 84	79
Tabla 3.6 Coordenadas Geográficas	79
Tabla 4.1 Costo y tiempo de levantamiento topográfico con Drone	85
Tabla 4.2 Costo y tiempo de levantamiento topográfico con Estación Total	85
Tabla 4.3 Cuadro comparativo entre un Drone y Estación Total	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.	
Figura 1.1	Elipse	18
Figura 1.2	Las tres superficies de la tierra	19
Figura 1.3	Superficies de la tierra	19
Figura 1.4	Proyecciones cilíndricas de la tierra en vertical y horizontal por Mercator	21
Figura 1.5	Zonas UTM ubicación del Perú	21
Figura 1.6	Zonas UTM ubicación de Perú en Sudamérica	22
Figura 1.7	Líneas del Ecuador y Meridiano	22
Figura 1.8	División de las coordenadas este y norte	23
Figura 1.9	Funcionamiento de un GNSS	26
Figura 1.10	Representación esquemática del funcionamiento del GNSS	27
Figura 1.11	GPS Diferencial Topcon (Rover)	28
Figura 1.12	GPS Diferencial Topcon (Base)	29
Figura 1.1 3	Escala de la fotografía aérea sobre terreno llano	41
Figura 1.14	Escala de fotografía aérea sobre terreno inclinado	42
Figura 1.15	Escala de fotografía aérea sobre diferentes relieves	44
Figura 1.16	Marcas visibles en la pista	46
Figura 2.1	Distribución de los puntos auxiliares (Marcas)	54
Figura 2.2	Colocación de marcas	55
Figura 2.3	Excavación para monumentación del punto geodésico	56
Figura 2.4	Esquema del Punto Geodésico	57

Figura 2.5	Fotografía aérea	59
Figura 2.6	Programación para la simulación de vuelo	60
Figura 3.1	Levantamiento fotográfico del primer vuelo	65
Figura 3.2	Ortomosaico del primer vuelo	65
Figura 3.3	Levantamiento fotográfico del segundo vuelo	66
Figura 3.4	Ortomosaico del Segundo vuelo	67
Figura 3.5	Levantamiento fotográfico del tercer vuelo	67
Figura 3.6	Ortomosaico del tercer vuelo	68
Figura 3.7	Levantamiento fotográfico del cuarto vuelo	68
Figura 3.8	Ortomosaico del cuarto vuelo	69
Figura 3.9	Levantamiento fotográfico de los cuatro vuelos juntos	70
Figura 3.10	Ortomosaico unificado de los cuatro vuelos	71
Figura 3.11	Modelo del reservorio	78
Figura 3.12	Punto del control T-01	80
Figura 3.13	Punto del control T-02	80
Figura 3.14	Punto del control T-03	81

## ÍNDICE DE FOTOS

		Pág.
Foto 1	Drone ebee plus de sensefly antes de iniciar el vuelo	91
Foto 2	Con los miembros del jurado en la zona de levantamiento	91
Foto 3	Lectura de coordenadas en las marcas	92
Foto 4	Lectura de coordenadas en las marcas (esquina de la estación meteorológica)	92
Foto 5	Preparando el drone para el 1º vuelo	93
Foto 6	Preparando el drone para el 2º vuelo	93
Foto 7	Instalación del gps diferencial en el punto T-3	94
Foto 8	Gps diferencial instalado en el punto T-2	94
Foto 9	Levant. topográfico con estación total para reservorio	95
Foto 10	Levant. topográfico con estación total para reservorio	95
Foto 11	El drone ebee en pleno vuelo	96
Foto 12	Aterrizaje del drone	96

## ÍNDICE DE PLANOS

		Pág.
Plano 1	Perímetro, linderos y coordenadas UTM, ubicación y localización	99
Plano 2	Perímetro, linderos y coordenadas UTM, en curvas de nivel	100
Plano 3	Perímetro, linderos y coordenadas UTM, y Ortomosaicos	101
Plano 4	Proyecto construcción de reservorio para un volumen de 28,500 m3. con Drone Ebee	102
Plano 5	Proyecto construcción de reservorio para un volumen de 28,500 m3. con estación total	103

## RESUMEN

El presente trabajo profesional consiste en realizar el linderamiento del Centro Experimental Wayllapampa con el uso de un dron Ebee Plus de Sensefly, donde se ha monumentando tres puntos geodésicos con dos GPS diferenciales, dos de los cuales tienen sus placas respectivas y una se encuentra monumentado con una varilla de fierro corrugado de 3/4", todas están empotrados en concreto, según los reglamentos y procedimientos contemplados por el Instituto Geográfico Nacional del Perú (IGN), institución que validó los puntos geodésicos.

Con este trabajo se busca dar una alternativa de solución a los problemas que tiene la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga referente a sus linderos con la comunidad de Wayllapampa, Orcasitas y algunos propietarios de los alrededores.

El levantamiento topográfico del Centro Experimental con el Dron (UAV), permitió obtener detalles bien definidos en calidad y precisión, de fácil reconocimiento de los vértices y linderos, sin poner en riesgo alguno a los ayudantes, además se obtuvo mayor información (millones de puntos), que fácilmente se puede interpretar en gabinete sin necesidad de volver al campo para su verificación.

Como resultado del trabajo, se pudo conocer el área y perímetro del C.E. Wayllapampa, que fueron los siguientes:

Área : 503.365 ha.

Perímetro : 10,878.682 m.

## INTRODUCCIÓN

La geodesia es una de las ciencias más antiguas aplicadas por el hombre, su objeto de determinar la forma y dimensiones de la tierra, ha llevado a muchos científicos, matemáticos, físicos, astrónomos, navegadores, a buscar la forma de medir la tierra, su forma irregular hace que su medición hasta en pleno siglo XXI no tenga un patrón de sistema de referencia que funciones en toda los continentes. Muchos países tienen diversos sistemas de referencia, esto debido a que la tierra tiene más semejanza a un geoide y que su centro gravitacional difiere en otros países cuando se sobrepone el geoide con el elipsoide. El Perú forma parte del SIRGAS y tiene como sistema de referencia el WGS 84.

La geodesia es aplicable a la topografía, cartografía, fotogrametría, navegación e ingenierías de todo tipo, incluyendo los fines militares.

Desde el lanzamiento del primer satélite artificial en 1957 por la Unión Soviética, la geodesia ha tenido una evolución a pasos agigantados, en

estos tiempos los equipos para control geodésico son muy sofisticados, así tenemos los GPS diferenciales que pueden medir la tierra con aproximaciones de hasta 10 mm de error.

Con la ayuda de los puntos geodésicos, el uso de los Drones han alcanzado altos niveles de precisión, además estos drones cuentan con un GPS incorporado para su orientación y están compuestos de un sensor óptico de alta velocidad y un lente que puede estimar la distancia al suelo con alta precisión y los resultados se obtienen en 3D,

Hoy en día el uso de los drones está alcanzando grandes niveles de aceptación para realizar levantamientos topográficos; catastrales, forestales, viales, eléctricos, agricultura, desastres naturales, etc., por ser prácticos, livianos y de fácil disponibilidad.

En varios países el uso de los drones está regulado por el estado, países como Argentina, Colombia, Chile, se necesita permisos especiales para realizar el vuelo. En Perú aún no están reglamentados los procedimientos para su uso, aunque ya existen proyectos en el congreso

Por las consideraciones indicadas se ha planteado el presente trabajo donde queremos entregar una nueva alternativa para llegar a los objetivos siguientes:

### **Objetivo General**

Realizar la Demarcación y Linderación del Centro Experimental Wayllapampa, Pacaycasa, Ayacucho, 2017.

### **Objetivo Específico**

- Realizar levantamientos topográficos con Drone (UAV) y Estación Total y obtener planos detallados
- Comparar los resultados del Levantamiento Topográfico entre una Estación Total y un Drone (UAV).
- Ubicar y colocar puntos geodésicos con GPS diferencial para definir con precisión la posición del Centro Experimental Wayllapampa, Pacaycasa, Ayacucho.

# **CAPITULO I**

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **1.1 ANTECEDENTES**

EL PROYECTO ESPECIAL TITULACIÓN DE TIERRAS Y CATASTRO RURAL PETT, fue creado en el año de 1992, según decreto Ley N° 25902, para cumplir tres aspectos importantes que son: Regularizar la propiedad de los predios rurales, consolidar e institucionalizar el catastro rural, y establecer un sistema único y automatizado de Registro de la Propiedad Rural.

COFOPRI (1996), se crea como un Organismo de Formalización de la Propiedad Informal (COFOPRI), según decreto Legislativo N° 803, publicado el 27 de marzo de 1996, como una institución encargada de la promoción del acceso a la propiedad formal y su mantenimiento dentro de la formalidad.

En Ayacucho el catastro de predios, se empezó a trabajar en 1997, con la finalidad de regularizar el patrón catastral, su condición jurídica y el vínculo jurídico entre el predio y el propietario. Este proyecto tuvo vigencia hasta fines del año 2005.

En el 2007 el PETT se fusiona por decreto supremo N° 005-2007 con el organismo de Formalización de la Propiedad Informal (COFOPRI).

Ahora la información del catastro rural se encuentra en manos del MINAGRI, con la puesta en marcha de la tercera etapa del Proyecto de Titulación y Registro de tierras (PTRT3).

Según el D.S. N° 018-2014-VIVIENDA, y el D.S. 005-2016-VIVIENDA celebrada entre COFOPRI y el MINAGRI, este Ministerio asume la consolidación, normalización y administración del Catastro Rural, información que entre otras aplicaciones permite el saneamiento y Titulación de Predios Rurales, Comunidades Campesinas y Comunidades Nativas.

## **1.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

### **1.2.1 Catastro**

Para el Ministerio de Agricultura (1997) el término Catastro significa designar al censo o registro que tiene el Estado de los diferentes tipos de propiedades privadas y establecimientos existentes en su territorio. El objetivo principal del catastro es el conocimiento de tales espacios a fin de

poder aplicar de manera adecuada y proporcional los correspondientes impuestos.

Según el tipo de bienes que son materia de inventario, los catastros se clasifican en los siguientes: urbano, rural, forestales, mineros, hidroeléctricos, de vías férreas, de naves, de servicios, etc., cada una de estas tiene un manual de procedimientos de cómo se debe realizar los levantamientos.

Según estos manuales se recomienda, que los catastros rurales es más justificada la aplicación de método indirecto, por lo que las extensiones de las zonas a catastrar son extensas y económicamente serían más rentables.

Según Núñez (2000), el catastro rural tiene por objeto el levantamiento del inventario físico de los predios rurales de una nación con la finalidad de:

- Determinar el valor de los bienes, establece el registro tributario y controlar el pago del impuesto a la propiedad rural.
- Determinar la forma de tenencia con fines de reforma agraria y ordenamiento rural.
- Establecer un régimen adecuado de distribución de las aguas de riego.
- Posibilitar los estudios inherentes al establecimiento de la estadística agraria.

Según Ortiz s/f el catastro es definido como una herramienta para procurar y garantizar la ordenación del espacio geográfico con fines de desarrollo, a través de la adecuada, precisa y oportuna definición de los tres aspectos más relevantes de la propiedad inmobiliaria: descripción física, situación jurídica y valor económico.

El catastro debe proveer y mantener al día un inventario de los inmuebles, tanto urbanos como rurales de la nación.

### **1.2.2 Tipos de Catastro**

#### **a) Catastro Rural**

El catastro rural se orienta a la captación y sistematización de información sobre los predios rurales de los municipios, con dos propósitos:

- Detectar los usos productivos del suelo rural
- Ubicar a los propietarios de los predios rurales´

En el catastro rural, lo importante es destacar la utilidad productiva del suelo en materia agropecuaria, razón por la cual las construcciones, aunque tomadas en cuenta, no tienen el mismo interés que los predios. Este tipo de catastro proporciona una serie de catálogos municipales de los predios rurales. En caso de que sean necesarias acciones de regularización, se hacen las revisiones y dictámenes correspondientes por las autoridades competentes, con base en los expedientes prediales proporcionados por el catastro rural.

## **b) Catastro Urbano**

El catastro urbano tiene como propósito principal la ubicación y registro de bienes inmuebles de uso múltiple.

El catastro urbano es más complejo debido a que el uso de los predios y construcciones es más diverso, lo que permite que la propiedad inmobiliaria se destine a fines industriales, comerciales y sociales.

Que el catastro urbano es el inventario de los bienes inmuebles de la ciudad (debidamente actualizado y clasificado), con el objeto de lograr su correcta identificación física, jurídica, fiscal y económica".

Que es difícil administrar técnicamente un país y dirigir su economía cuando se carece de información básica, correcta y actualizada de la propiedad urbana en conjunto (catastro urbano) y existe evasión tributaria en porcentajes altos, situación que prevalece en nuestros gobiernos locales.

Hoy en día ha cobrado importancia para todas las administraciones edilicias debido al importante peso que significa el impuesto al Valor del Patrimonio Predial dentro del presupuesto de las municipalidades.

Que en los momentos actuales el catastro urbano constituye una fuente permanente de información para el ordenamiento urbano, coadyuvando a la elaboración de proyectos de desarrollo para las ciudades.

Los métodos y procesos utilizados por el Catastro Rural fueron inicialmente establecidos siguiendo recomendaciones hechas por consultores colombianos, por lo que fue necesario acomodarlos para incorporar las especiales características establecidas en la Ley de Tierras, que son muy diferentes a las instituciones legales de Colombia.

En el área rural la situación está caracterizada por diversos problemas que encuentran su expresión más marcada en dos aspectos centrales: la tenencia de la tierra y la productividad.

Para poder lograr seguridad jurídica, garantías para la inversión, así como para promover planes de desarrollo en los ámbitos social y económico, es preciso contar con la información gráfica de la tierra rural.

La información requerida por organismos dedicados a la planificación es más compleja. Planificación significa "buscar lo óptimo social", empleando los avances de las ciencias tecnológicas, de la economía y sociología, que a su vez, han originado el movimiento social, la problemática urbana y la dificultad en el área rural.

Nuestra sociedad se desarrolla cada vez más en el área urbana (un conjunto dinámico con obras de arte que acarrearán problemas tecnológicos de obras y servicios), interrelacionado con el compendio humano lo cual genera problemas sociales (de ingreso, recursos financieros, empleos, energía, inversión, producción, mercado, etc.).

El organismo encargado de la planeación urbana requiere de información general de:

- A. Uso de suelo, topografía, hidrografía y geología.
- B. Densidad, condición y evolución de las edificaciones.
- C. Capacidad y servicio del sistema vial.
- D. Localización de las actividades de la población (comercios, oficinas, industrias, escuelas, parques, etc.)
- E. Uso del terreno (comercial, residencial, industrial, edificios públicos, superficies de aguas, terrenos sin construir, etc.)
- F. Vivienda (descripción de los elementos de calidad, edad, conservación y valor).
- G. Industria (localización, tamaño, producción y contaminación)
- H. Población (migración, origen)
- Densidad por vivienda, salud, educación, ocupación, etc.).

### **c) Catastro Rural en Ayacucho**

En el año de 1965, según decreto Ley N° 15037, se creó en el Perú la ley de la Reforma Agraria, por ello se crea la V región como Oficina Nacional de Reforma Agraria (O.N.R.A.), cuya sede fue el Departamento de Ayacucho, la V región comprende los Departamentos de Ayacucho, Huancavelica y Apurímac. Al inicio se tomó el levantamiento catastral con mayor énfasis en Apurímac por ser declarado como Área de Reforma Agraria, para lo cual se crea dentro de su estructura orgánica el “Departamento de Catastro e Ingeniería”, una oficina exclusiva para

realizar los levantamientos catastrales de los predios o fundos en toda la V Región de la O.N.R.A.

Desde 1965 hasta 1972, los levantamientos catastrales se hicieron por el método directo, con equipos convencionales. A partir del año (1972), se incluye el levantamiento catastral por el método indirecto, con el empleo por primera vez de las aerofotogrametrías.

#### **d) Unidad Orgánica Catastral**

Según el Ministerio de Agricultura (2009), en su Manual de Levantamiento Catastral Rural, manifiesta que es el área de terreno, dentro del cual se organiza el inventario físico de los predios rurales y está definida por:

El área comprendida dentro de un formato de 5 por 5 kilómetros (50 x 50 cm. En un plano escala 1/10000), con una extensión de 2500 ha. Referidas a un sistema de coordenadas UTM. Se emplea para el catastro de predios bajo riego o seco.

Cuando se trata de predios de pastos naturales dedicados a explotación extensiva, generalmente pecuaria, la unidad orgánica catastral es la superficie de terreno encerrada dentro del formato de una hoja de plano a escala 1/25000.

### **e) Predios Rústicos o Rurales**

Según Núñez (2000), se denomina así a la superficie de terreno con continuidad física, dedicada a la explotación agrícola y/o pecuaria de propiedad de una sola persona natural o jurídica. El derecho de propiedad incluye los aires, el casco, las instalaciones y las plantaciones que se encuentran sobre él. Excluye el subsuelo que es de propiedad del estado.

## **1.3 DERECHO DE PROPIEDAD**

Según Ortiz (2010), es el poder jurídico más amplio que existe sobre un bien. Permite usar, disfrutar, disponer y reivindicar o recuperar un bien. La propiedad debe ejercerse en armonía con el interés social.

Según Núñez (2000), es el vínculo jurídico que relaciona al objeto (predio) con el sujeto (propietario), y que permite a este, usufructuar de aquel, dentro de las limitaciones que las leyes lo establecen.

Los posesionarios en ciertos casos tienen la condición de propietarios potenciales y pueden acceder al derecho de propiedad si satisfacen determinadas condiciones que la ley establece.

### **1.3.1 Unidad Catastral**

Es la unidad de inventario del catastro, geo referenciada, susceptible de ser inscrita en los registros públicos. Se considera como tal a la propiedad inmobiliaria que cuenta con independencia física destinada a una o varios

usos, sobre la cual se ejercen responsabilidades administrativas municipales.

### **1.3.2 Código Único Catastral (CUC)**

Es el código único de identificación predial, compuesto por (12) dígitos numéricos asignado a cada predio que vincula la información catastral con el registro de predios.

Los 8 primeros corresponde al rango por distrito en orden secuencial y los 4 últimos serán asignados a las secciones de propiedad exclusiva materia de la ley 27157.

## **1.4 TOPOGRAFÍA Y GEODESIA**

### **1.4.1 Topografía**

Según Cruz (2008), la topografía es una ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones relativas de puntos sobre la superficie de la tierra así como debajo de la misma, mediante la combinación de las medidas según los tres elementos del espacio: distancia, elevación y dirección. La topografía explica los procedimientos y operaciones del trabajo de campo, los métodos de cálculo o procedimiento de datos y la representación del terreno en un plano o dibujo topográfico a escala. El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos en la superficie de la tierra, tanto en planta como en altura, los cálculos correspondientes y la representación en un plano (trabajo de campo más trabajo de gabinete) es lo que

comúnmente se llama “Levantamiento Topográfico”. La topografía como ciencia que se encarga de las mediciones de la superficie de la tierra, se divide en tres ramas principales que son la Geodesia, la Fotogrametría y la Topografía plana.

La Topografía es una ciencia aplicada que se encarga de determinar las posiciones relativas o absolutas de los puntos sobre la tierra, así como la representación en un plano de una porción (limitada) de la superficie terrestre. En otras palabras, la topografía estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones sobre el terreno y su representación gráfica o analítica a una escala determinada. Ejecuta también replanteos sobre el terreno (trazos sobre el terreno) para la realización de diversas obras de ingeniería, a partir de las condiciones del proyecto establecidas sobre un plano. Realiza también trabajos de deslinde, división de tierras (agrodesia), catastro rural y urbano, así como levantamientos y replanteos o trazos en trabajos subterráneos.

#### **1.4.2 Geodesia**

Según Enriquez (2006), estudia la medición de grandes extensiones de la Tierra, en otras palabras, trata de la determinación del tamaño y figura de la Tierra y de la intensidad de su campo gravitacional; es decir, que aquí hay que tomar en cuenta el factor de curvatura y refracción terrestre.

En el aspecto práctico, se encarga de las mediciones y cálculos necesarios para la determinación de las coordenadas de puntos fijos con el objeto de proporcionar el apoyo para los levantamientos topográficos.

La Geodesia se deriva del griego “geo” que significa tierra y “daio” que significa dividir. La Geodesia es una ciencia que se encarga por los medios matemáticos, la forma y dimensiones de la tierra como objetos de estudio y puntos distribuidos por toda la tierra que se llaman puntos Geodésicos y que forman parte de la tierra.

La palabra Geodesia literalmente expresa División de la Tierra, sin embargo diversos autores notables establecen distintas definiciones de este concepto. Para uno existe clara diferencia entre la Geodesia Teórica y la Geodesia Práctica, indicando que la primera “estudia la forma y dimensiones de la tierra”, en cambio la segunda “establece los procedimientos para la medida de porciones terrestres”. Para otros autores esta diferencia no es tan clara, por ello se refieren a la Geodesia como una ciencia cuyo objetivo es la de “proporcionar un armazón o estructura geométrica precisa para el apoyo de los levantamientos topográficos”.

Actualmente la Geodesia se define como la ciencia que resuelve los problemas relacionados con la figura y dimensiones de la tierra.

### **a. Diferencia entre Topografía y la Geodesia**

Según Otero, Ezquerro s/f, la diferencia entre ambas ciencias es que la topografía son un conjunto de posiciones que se utilizan para determinar posiciones de puntos, sobre la superficie de la tierra por medio de medidas según los tres elementos del espacio que son el largo, ancho y alto. Mientras que la geodesia se dedica a dividir geoméricamente la tierra y determinar formas y dimensiones, dependiendo de lo que se va a estudiar.

La diferencia entre la topografía y la Geodesia están en los métodos y procedimientos de medición y cálculo que emplean cada una de estas ciencias, pues la topografía realiza su trabajo en porciones relativamente pequeñas de la superficie terrestre, considerándola como plana, mientras que la geodesia toma en cuenta la curvatura terrestre, pues sus mediciones son sobre extensiones más grandes: poblados, estados, países.

### **b. Proyección Cartográfica**

La proyección cartográfica es la representación de la superficie curva de la tierra, en una superficie plana a través de un plano de proyección.

Son transformaciones matemáticas que permiten representar (proyectar) a la esfera en el plano, y convertir las coordenadas geográficas (Latitud y longitud) en coordenadas cartesianas (X y Y).

Este proceso conlleva distorsiones de la superficie original en 3 dimensiones, al convertirse a una superficie plana de dos dimensiones.

### **c. Formas de la Tierra y Superficies de Referencia**

Según el Instituto Geográfico Nacional (2015), la forma de la tierra es compleja, la tierra está achatada por los polos, el hemisferio sur es un poco más voluminosa que el polo norte, y tiene una cierta rugosidad debida al relieve del terreno.

La geodesia es la ciencia que tiene por objeto estudiar la forma y dimensiones de la tierra, establece una aproximación a la forma de la tierra, denominada elipsoide.

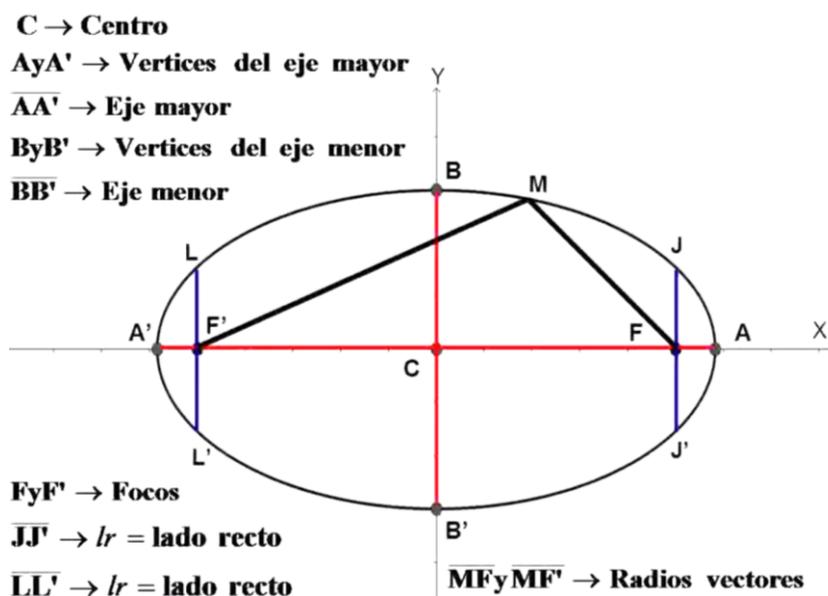
- **Elipsoide**

El elipsoide es una figura matemática que responde a fórmulas analíticas, de manera que permite hacer cálculos apoyándose a él.

Existen diferentes modelos de elipsoides utilizados. Las diferencias entre estos vienen dadas por los valores asignados a sus parámetros más importantes.

**Semieje ecuatorial (a) o semieje mayor:** Es la longitud del semieje correspondiente al ecuador, desde el centro de masas de la tierra hasta la superficie terrestre.

**Semieje Polar (b) o semieje menor:** Es la longitud del semieje desde el centro masas de la tierra hasta uno de los polos. El elipsoide se genera por la revolución de una elipse alrededor del éste.



**Figura 1.1. Elipse**

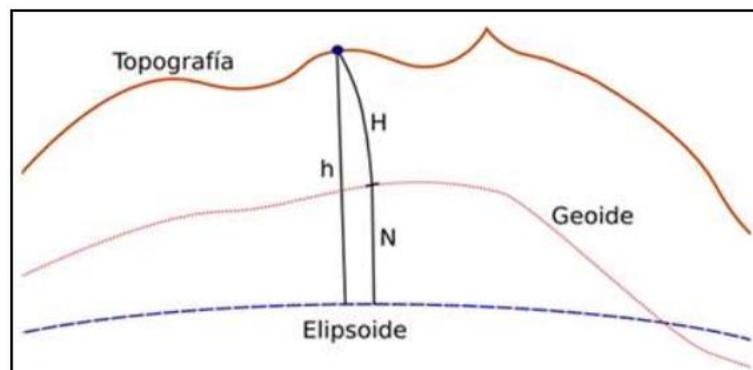
Uno de los elipsoides de referencia más utilizados actualmente es el denominado World Geodetic System 84 (WGS-84), desarrollado por el departamento de defensa de los EEUU, y que tiene como origen el centro de masas de la tierra. Su popularidad se debe a que es utilizado por el Sistema Global de Navegación Satelital (GNSS). Cuando medimos con un receptor de GNSS, las coordenadas calculadas están referidas a este elipsoide.

A pesar de ser una figura matemática sencilla, el elipsoide no es la figura que más se asemeja a la forma terrestre ni es la más adecuada a la hora de medir altitudes, la superficie de referencia adecuada para referir las

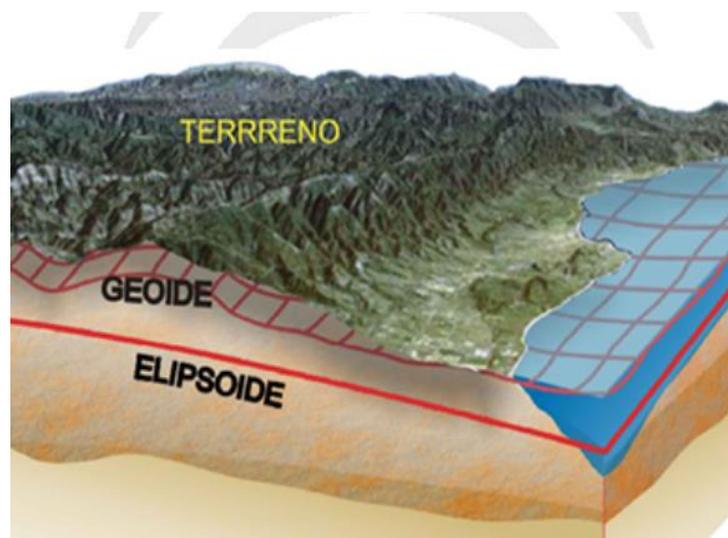
altitudes se asemeja al nivel medio del mar. El agua de los océanos del globo busca estar en equilibrio, y por ello tiende a seguir una superficie gravitatoria equipotencial.

- **El Geoide**

Es definido como la superficie equipotencial del campo gravitatorio de la tierra, que mejor se ajusta al nivel medio global del mar. Una de las consecuencias de esta definición es que el geoide es siempre perpendicular al vector de gravedad local en cada punto.



**Figura 1.2. Las tres superficies de la tierra**



**Figura 1.3. Superficies de la tierra**

- **Datum**

Es un sistema de Referencia Geodésico definido por la superficie de referencia precisamente posicionada y mantenida en el espacio; y es generada por una red compensada de puntos. El Datum Geodésico se define como un conjunto de parámetros que especifican la superficie de referencia o el sistema de referencia de coordenadas utilizado por el apoyo geodésico en el cálculo de coordenadas de puntos terrestres; comúnmente los Datums se definen separadamente como horizontales y verticales.

**Datum Horizontal.** Punto de referencia geodésico para los levantamientos de control horizontal, del cual se conocen los valores: latitud, longitud y azimut de una línea a partir de este punto y los parámetros del elipsoide de referencia.

**Datum Vertical.** Cualquier superficie nivelada que toma como superficie de referencia a partir de la cual se calculan las elevaciones. Usualmente se escoge el geoide, el cual es la superficie equipotencial del campo gravitatorio terrestre que mejor se aproxima al nivel medio del mar.

**d. Coordenadas Geográficas**

- **Proyección Mercator**

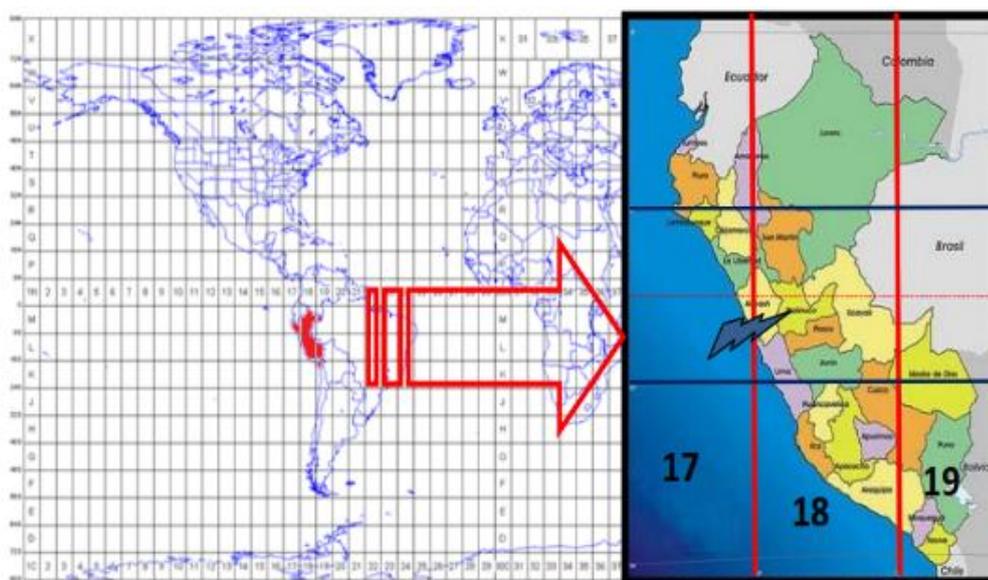
Según Salcedo (2007), Mercator, fue un científico y cartógrafo, que realizó la Proyección de la tierra en un cilindro de posición vertical y horizontal, desarrollando así la Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM).



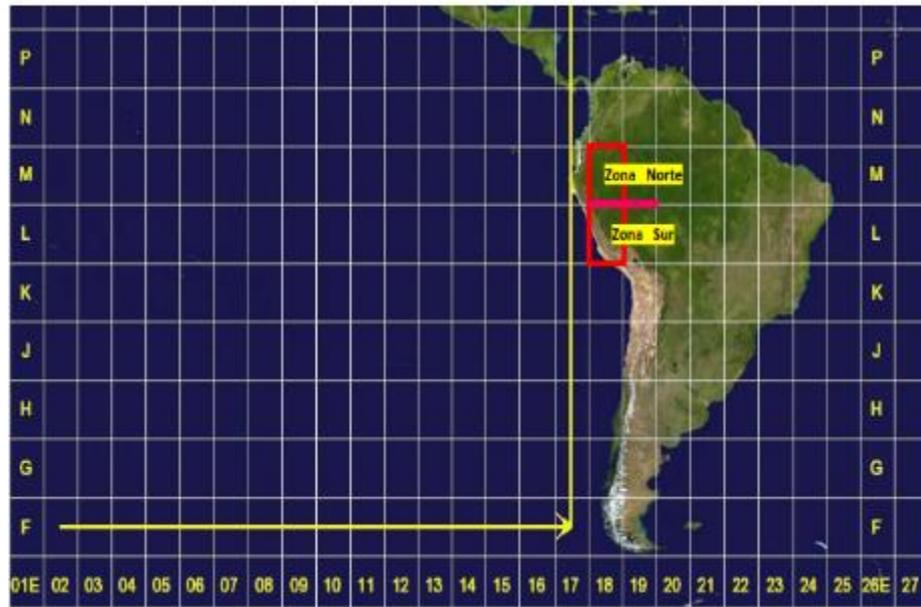
**Figura 1.4. Proyecciones cilíndricas de la tierra en vertical y horizontal por Mercator**

- **Zonas UTM**

Mercator al desarrollar la proyección UTM, dividió la esfera de la tierra en 60 zonas de 6°, El Perú está situado en las zonas 17, 18 y 19

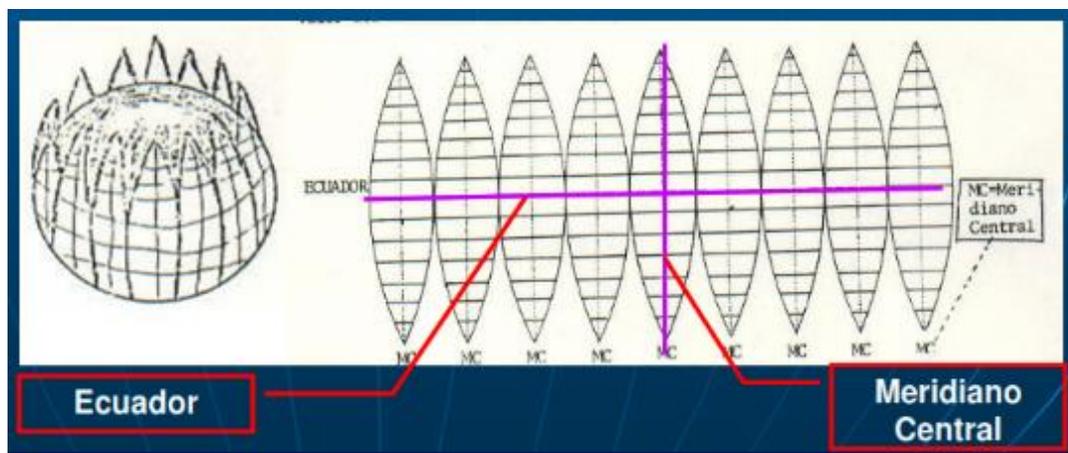


**Figura 1.5. Zonas UTM ubicación de Perú**



**Figura 1.6. Zonas UTM ubicación de Perú en Sudamérica**

Existen 60 zona que cubren la tierra y van de los 84° Norte y los 80° Sur, cada zona mide 6° de ancho y cada zona tiene un meridiano central, esto quiere decir que hay 60 sitios en la tierra, que tienen coordenadas X UTM similares, uno por cada zona.



**Figura 1.7. Líneas del Ecuador y Meridiano**

## Zona y Coordenada

**La coordenada Y.** Se mide a partir del Ecuador.

Hacia el norte, se mide a partir de 0.

Hacia el Sur, el valor de origen en el Ecuador es 10 000 000 y se le va restando.

**La Coordenada X.** Se mide a partir del Meridiano central de cada zona UTM, al cual se le asigna el valor de 500 000.

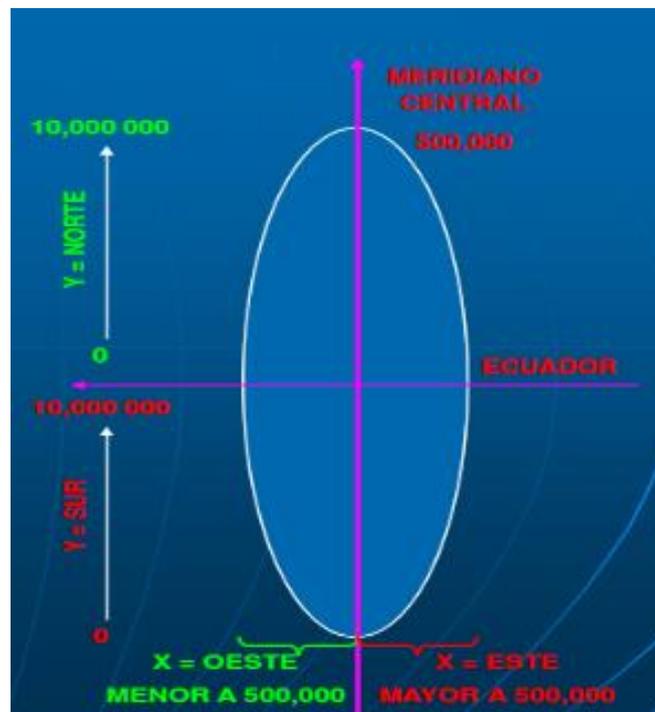


Figura 1.8. División de las coordenadas este y norte

## 1.5 SISTEMAS GNSS (Global Navigation Satellite System)

Según García (2008), la GNSS es un sistema de navegación por satélite, como son el GPS, GLONASS y el reciente Galileo. Es decir los sistemas capaces de dotar en cualquier punto y momento de posicionamiento espacial y temporal.

Los sistemas de navegación por satélite tiene una estructura definida, que se divide en tres segmentos distintos: un segmento espacial, un segmento de control, un segmento de usuarios. No se entiende un GNSS sin uno de estos tres elementos.

### **1.5.1 Segmento espacial**

Es el segmento compuesto por los satélites que forman el sistema, tanto de navegación como de comunicación. Mientras que los primeros orbitan alrededor de la tierra, repartiéndose en distintos planos orbitales, los segundos son los que forman los llamados sistemas de aumento que sirven para la corrección de errores de posicionamiento.

### **1.5.2 Segmento de Control**

Formado por el conjunto de estaciones en tierra que recogen los datos de los satélites. Este segmento es complejo en su definición, siendo propio de cada país o coalición de países, y estructurándolos en función de distintos criterios, como más convenga.

Sus funciones es garantizar las prestaciones del sistema mediante monitoreo del segmento espacial y aplicar correcciones de posición orbital y temporal a los satélites, enviando información de sincronización de los relojes atómicos y correcciones de posicionamiento de órbitas a los distintos satélites.

### 1.5.3 Segmento de Usuario

Formado por los equipos GNSS que reciben las señales que proceden del segmento espacial. Este dispositivo está formado por un conjunto de elementos básicos que es:

- **Antena Receptora** de GNSS a la frecuencia de funcionamiento del sistema, de cobertura hemisférica omnidireccional. Puede ser de muchas formas y materiales, dependiendo de las aplicaciones y del costo del receptor: monopolo, dipolo, dipolo curvado, cónico-espiral, helicoidal o microstrip.

**Receptor:** es el tipo heterodino, basado en la mezcla de frecuencias que permite pasar de la frecuencia recibida en la antena a una faja frecuencia que podrá ser manejada por la electrónica del receptor. Contiene un reloj altamente estable (generalmente un oscilador de cristal) y normalmente una pantalla donde mostrar la información de posicionamiento.

## 1.6 FUNDAMENTOS DE UN SISTEMA GNSS

- **Segmento Espacial:** envía la señal que se recibe en los segmentos de control y usuario.
- **Segmento de Control:** recibe la señal del segmento de espacio, monitoriza y actualiza la información enviando correcciones a los satélites si es preciso.
- **Segmento de Usuario:** recibe información procedente del segmento espacial y calcula su posición.

## CONSTITUCIÓN DE UN SISTEMA DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE



Figura 1.9. Funcionamiento de un GNSS

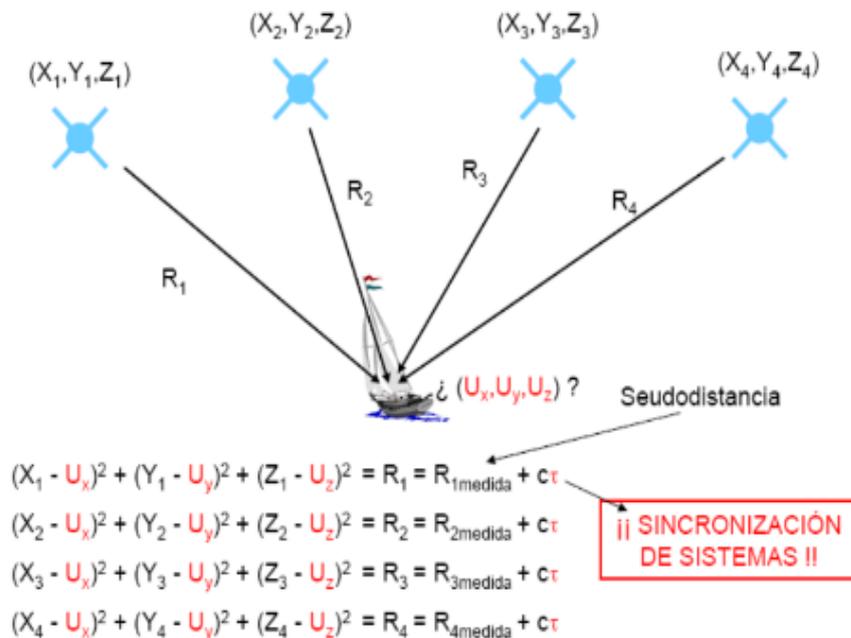
### 1.6.1 ¿Cómo se Calcula la Posición?

El cálculo de la posición depende básicamente de dos parámetros que son la posición del satélite y el reloj del mismo. Dicha información es recogida en la señal enviada por el satélite hasta el receptor, siendo el proceso de cálculo siguiente:

1. La situación de los satélites es conocida por el receptor con base en las efemérides, parámetro que son transmitidos por los propios satélites.
2. El receptor GNSS mide su distancia de los satélites, y usa esa información para calcular su posición. Esta distancia se mide calculando el tiempo que la señal tarda en llegar al receptor. Conocido ese tiempo y basándose en el hecho de que la señal viaja a la velocidad de la luz (salvo algunas correcciones que se aplican), se puede calcular la distancia entre el receptor y el satélite.

3. Cada satélite indica que el receptor se encuentra en un punto en la superficie de la esfera con centro en el propio satélite y de radio la distancia total hasta el receptor.
4. Son necesarios al menos cuatro satélites para obtener la posición, con tres satélites somos capaces de calcular la posición en tres dimensiones, mientras que el cuarto nos permite eliminar los errores de sincronismo.

Podemos resumir esto en el siguiente sistema de ecuaciones:



**Figura 1.10. Representación esquemática del funcionamiento del GNSS**

### 1.6.2 Receptores GPS

- **GPS doble frecuencia**

Son los equipos de mayor precisión, y se utilizan en aplicaciones Topográficas y Geodésicas. Toman observables de las dos portadoras

emitidas por los satélites, realizando medidas de código C/A y P en L1, de código P y L2C en L2, y medidas de fase en L1 y L2.



**Figura 1.11. GPS Diferencial Topcon (Rover)**

Trabajan en tiempo real o en post-proceso alcanzando precisiones del orden de 5 mm. + 1ppm y disminuyendo los tiempos de observación.

Se utilizan en redes Topográficas y Geodésicas, redes de control de deformaciones y control fotogramétrico, con tiempos de observación más cortos que en el caso anterior y distancias mayores de 20 km.

A continuación exponemos un cuadro comparativo de los diversos, tipos de receptores GPS.

**Cuadro 1.1. Datos de Precisión de GPS Diferenciales**

METODO	FRECUENCIA	OBSERVABLES	PRECISION	APLICACIONES
ABSOLUTO	L1	COD. C7A	10 m.	NAVEGACION
DIFERENCIAL	L1	COD. C/A	1 m.	CARTO/GIS
DIFERENCIAL	L1	C/A Y FASE	1 cm. + 2ppm	TOPOGRAFIA
DIFERENCIAL	L1 Y L2	C/A, P, FASE	5 mm + 1ppm	TOPO/GEO

- **Descripción del Receptor**

Los equipos que se utilizan de las aplicaciones y geodésicas constan de los siguientes elementos:

- Antena GPS: Recibe y amplifica la señal recibida de los satélites.
- Receptor GPS: Ordenador que decodifica la señal recibida por la antena y registra las observaciones.
- Terminal: Es un interface de usuario que permite conocer el estado de la recepción, proceso de cálculo, y llevar a cabo la edición de los datos del receptor.



**Figura 1.12. GPS Diferencial Topcon (Base)**

La antena es el elemento al cual viene siempre referido nuestro posicionamiento, está conectada a través de un preamplificador al receptor, directamente o mediante cable. La misión de la antena es la de convertir la energía electromagnética que recibe la corriente eléctrica que se a su vez pasa al receptor.

El receptor GPS consta de una serie de elementos que se encargan de la recepción de las radiofrecuencias enviadas por los satélites. Además suelen poseer diferentes canales para seguir simultáneamente a varios satélites, un procesador interno con su correspondiente soporte lógico, una unidad de memoria para el almacenamiento de la información, teclado de control, pantalla de comunicación con el usuario, diferentes conectores para funciones varias y una fuente de alimentación interna o externa.

Por último, también se emplean trípodes, cables especiales, equipos de control meteorológico y diverso material auxiliar.

- **Tratamiento de los Datos**

Para el tratamiento de los datos generalmente es necesario utilizar un programa informático específico, según la marca del instrumental, aunque cada vez es más frecuente mezclar la información registrada con diferentes receptores, y tratarla con diferentes programas. En programa de tratamiento de datos en general consta de los siguientes:

- Planificación de observaciones
- Descarga de datos, en formato TPS
- Transformación a formatos universales RINEX.
- Gestión de proyectos, como unidades de trabajo.
- Resolución de “Ambigüedades”, calculando la línea-bases.
- Visualizar y editar los datos GPS definitivos.
- Ajuste de los datos redundantes.
- Cálculo de la transformación del sistema WGS-84 al sistema local.
- Edición de las coordenadas definitivas.

## **1.7 PUNTOS GEODÉSICOS**

Según Instituto Geográfico Nacional (2015), un punto Geodésico es una señal informativa permanente que podemos monumentar en el campo, que nos indica la altura exacta de ese punto sobre el nivel del mar, y que forma parte de una red de triángulos cuyas coordenadas se han calculado con la mayor precisión posible. La red de triángulos es de carácter planetario.

### **1.7.1 Clasificación de los Puntos Geodésicos**

Según el Instituto Geográfico Nacional se clasifican en cinco:

#### **a. Punto Geodésico Orden “0”**

Este orden es considerado a nivel continental, y están destinados para estudios sobre deformación regional y global de la corteza terrestre, de sus efectos geodinámicas y trabajos en los que se requiera una precisión

a un nivel máximo de 4.00 mm; estos puntos servirán para la densificación de la Red Geodésica Nacional.

**b. Punto Geodésico Orden “A”**

Este orden debe aplicarse para aquellos trabajos encaminados a establecer el sistema geodésico de referencia continental básico, a levantamientos sobre estudios de formación local de la corteza terrestre y trabajos que se requiera una precisión a un nivel máximo de 6.00 mm.

**c. Punto Geodésico Orden “B”**

Este orden se destina a levantamientos de densificación del sistema geodésico de referencia nacional, conectados necesariamente a la red básica; trabajos de ingeniería de alta precisión, así como de geodinámica y trabajos que se requiera una precisión a un nivel máximo de 8.00 mm. Los trabajos que se hagan dentro de esta clasificación deben integrarse a la red geodésica básica nacional y ajustarse junto con ella.

**d. Punto Geodésico Orden “C”**

Este orden debe designarse al establecimiento de control suplementario en áreas urbanas y rurales, al apoyo para el desarrollo urbano-rural, así como a trabajos que se requiera una precisión a nivel máximo de 10.00 mm.

#### **e. Punto de Apoyo (PFCH)**

Estos son puntos geodésicos característicos de los puntos geodésicos de orden "C", no son monumentados y se destinarán a los puntos de fotocontrol de trabajos básicos de ingeniería en áreas urbanas, rurales y de desarrollo urbano – rural, el nivel de precisión de estos puntos no serán mayores a 10.00 mm.

#### **1.7.2 Elipsoide Geodésico de referencia**

En la norma técnica Geodésica que establece el Instituto Geográfico Nacional tiene especificaciones técnicas para Posicionamiento Geodésico Estático con Receptores del Sistema Satelital de Navegación Global, donde pide tomar como superficie de referencia para Perú, el denominado World Geodetic System 1984 (WGS84) que viene definido por:

- Origen en el geocentro.
- Eje Z paralelo a la dirección del polo terrestre Convencional Internacional (CIO), posición del polo medio épta 1984.
- El eje X es la intersección del plano meridiano de referencia y el plano del ecuador astronómico medio.
- El eje Y, situado en este plano, constituye con X, Z un sistema coordenado rectangular dextrógiro.

Los valores del Elipsoide Geodésico de Referencia son:

Elipsoide : WGS84 (World Geodetic System 1984)  
Datum : Geocéntrico  
Semi Eje Mayor : 6 378 137 metros

Semi eje Menor : 6 356 752,31424 metros

$$f=(a-b)/a$$

Achatamiento : 1/298,257223563

## **1.8 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL**

Según SENCICO (2010), la incorporación de microprocesadores y distansiómetros electrónicos en los teodolitos electrónicos, ha dado paso a la construcción de las estaciones totales.

Con la estación total se pueden medir distancias verticales y longitudinales, ángulos verticales y horizontales, y el microprocesador programado puede calcular las coordenadas topográficas (norte, este y elevación), de los puntos visados. Estos equipos poseen también tarjetas magnéticas para almacenar datos, los cuales pueden ser cargados en el computador y utilizados con el programa de aplicación seleccionado.

Una de las características importantes en la estación total es que puede medir ángulos horizontales en ambos sentidos y ángulos verticales con el cero en el horizonte o en el zenit.

Hoy en día la tecnología en las estaciones totales ha avanzado considerablemente existen equipos robotizados que pueden realizar las lecturas con controladores, también la exportación o importación de puntos se realiza con una USB, por bluetooth o Wi-fi, así como también se puede realizar levantamientos topográficos con correcciones de la curvatura terrestre, el cual cuenta para una configuración.

## 1.9 FOTOGRAMETRÍA

Según Cruz (2011), la palabra **fotogrametría** La componen tres vocablos griegos: Photo, grama y metron, lo que significa medidas graficas por medio de la luz.

Así tenemos en forma general que la **fotogrametría** es una técnica que tiene por objeto la determinación de la forma y dimensión de los objetos con base en las características métricas de sus perspectivas centrales.

Las perspectivas centrales utilizadas son, en este caso, las fotografías. La fotografía aérea es una presentación fiel del terreno en el momento de la exposición y contiene una gran cantidad de información en las diversas áreas relacionadas con el saber humano. La información que puede extraerse de una fotografía aérea sólo está limitada por la capacidad del individuo para interpretar el contenido de este caudal de información.

A partir de las fotografías aéreas se obtienen mapas topográficos y cartas de recursos naturales. Aunque los mapas pueden elaborarse a partir de levantamientos directos de campo, sin el auxilio de fotografías. Más del 95% de los mapas y cartas se elaboran actualmente con fotografías aéreas.

Esta técnica ofrece extraordinarias ventajas cuándo se aplica:

- En la realización de estudios sobre recursos naturales.

- En la programación y proyecto de obras de infraestructura.
- En la planeación racional del desarrollo integral de una zona, región o país.

La fotogrametría es un sistema de captura de información a distancia, actualmente las técnicas de la fotogrametría se consideran integradas con las técnicas de percepción remota y las de fointerpretación, tres técnicas que se complementan entre sí, no obstante se puede afirmar que la fotogrametría se concreta en la interpretación cuantitativa de fotografías aéreas y otros materiales aerofotográficos con el objetivo primordial de obtener mapas.

Dentro siempre de esta idea se han dado distintas definiciones de fotogrametría, entre las que cabe destacar las siguientes:

“Arte, ciencia y tecnología orientada a obtener información relevante de diversos objetos físicos de la corteza terrestre y de su medio ambiente, a través de procesos de medición e interpretación de imágenes fotográficas y de patrones de energía electromagnética radiante” (Herrera, 1987).

“Técnica cuyo objeto es estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías de ese objeto”.

### **1.9.1 Ventajas de la Fotogrametría**

Como ventajas básicas de la fotogrametría sobre otros sistemas de captura de información se pueden señalar los siguientes:

- a. Se obtienen representaciones completas de los objetos (información objetiva).
- b. El registro es instantáneo.
- c. Existe la posibilidad de tratar objetos en movimiento.
- d. El proceso de captura de la información y el posterior de medida no perturba el objeto a estudiar.
- e. Proporciona grandes rendimientos.

En definitiva, hay que esperar de la fotogrametría respecto a la topografía clásica, que tiene evidentemente campos de aplicación donde no es sustituible, mayor comodidad y economía, más facilidad y más rapidez.

En este campo nos proporciona las siguientes ventajas, comparada con los métodos tradicionales:

- a. Levantamientos rápidos, precisos y económicos.
- b. Ejecución de medidas posteriores sin llegar al terreno.
- c. Traslada el terreno al gabinete, permitiendo su análisis en condiciones más ventajosas.
- d. Eliminación del trazo de curvas de nivel por medio de interpolación ya que la fotogrametría nos da facilidad de trazar directamente del modelo óptico.

La variación en la altura de vuelo permite obtener imágenes con una riqueza de detalles acorde a la finalidad que se persigue. El que obtiene la información en el campo siempre observa a escala 1:1.

### **1.9.2 Desventajas de la Fotogrametría**

- a. Visión de la superficie del terreno cuando existe densa cobertura vegetal. en este caso es imposible ubicar la marca flotante sobre el terreno, por lo que se debe presumir una altura promedio de la vegetación con respecto al suelo. Sin embargo, como la cubierta vegetal tiende a suavizar los accidentes topográficos del terreno, siempre existirán errores en la ubicación de las curvas de nivel, aunque se pueda verificar la cota en los claros que existan en la vegetación.
- b. Ubicación de curvas de nivel sobre superficies planas. El determinar la trayectoria de una curva de nivel en un terreno plano tiene un alto grado de dificultad, debido a la imprecisión en la colocación de la marca flotante. En consecuencia, se colocan puntos acotados en la restitución o se complementa con trabajo de campo.
- c. El lugar debe ser inspeccionado para determinar aquellos elementos que no son visibles en forma satisfactoria, o que no cuya naturaleza exacta no puede ser determinada en el estereomodelo.
- d. Siempre es necesario realizar un control de campo.
- e. La aplicación de la fotogrametría requiere una inversión considerable de equipo y de personal especializado, por lo que su costo es elevado.

Para realizar nuevos levantamientos se requiere la obtención de nuevas fotografías.

### **1.9.3 Fotografías Aéreas**

La fotografía aérea es la materia prima de la fotogrametría, con ellas se forman modelos en gabinete de la realidad que se requiere planificar, obteniéndose de este modelo todas las características, en forma y dimensión, de las superficies de las zonas de interés, esta información es vaciada en planos, complementada con información adicional obtenida directamente en campo, estas fotografías son tomadas en este caso por el drone.

#### **a. Fases del proceso Fotogramétrico**

Según Cruz (2011), ya sea mediante fotogrametría clásica o mediante vuelos no tripulados todo proyecto de levantamiento fotogramétrico se divide en las siguientes etapas:

- **Planificación de vuelo:** en la que en función de la resolución que se quiera obtener, la ubicación de la extensión a representar y la orografía del terreno, se obtendrá las posiciones que la cámara de tener en cada toma, programando para ello todos los parámetros necesarios en cuanto a altura de vuelo, velocidad de ascenso y desplazamiento, inclinación de la cámara, número de fotos en cada punto, precisión del sistema de posicionamiento, etc.
- **Apoyo topográfico:** la cual será útil para la correcta georeferenciación del producto final y que consiste a grandes rasgos,

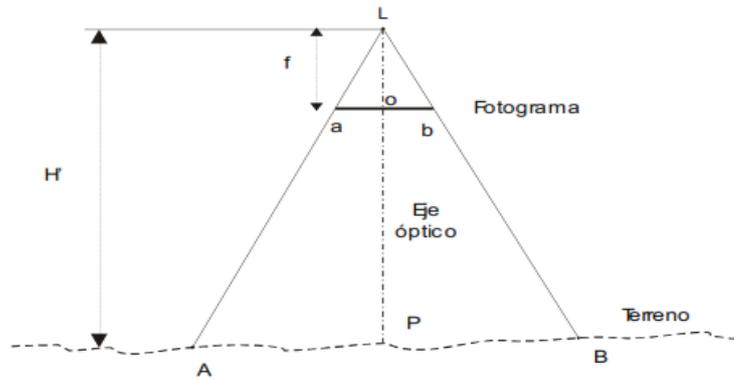
en situar puntos en el terreno con coordenadas conocidas y perfectamente reconocibles en las fotografías a fin de poder resolver la orientación externa y georeferenciar nuestro trabajo.

- **Toma fotográfica:** se puede realizar simultáneamente a la fase anterior. Según el plan de vuelo obtenido en la fase de planificación, se ejecutará la ruta donde se realizará una fotografía en cada punto programado.
- **Procesado y cálculo:** una vez tomadas las fotografías y obtenidas las coordenadas de los puntos de apoyo, se realiza el cálculo de los parámetros de orientación de cada una de las fotografías.

El proceso de cálculo se denomina Aerotriangulación, y es un modelo matemático basado en ecuaciones de colinealidad que incorpora gran cantidad de redundancia al proceso para poder dar robustez al sistema y poder obtener unos resultados con alta fiabilidad.

#### **b. Escala de la Fotografía**

La escala de la fotografía es la relación entre una distancia en la fotografía y la misma distancia sobre el terreno. En una fotografía aérea, la escala varía con las diferentes elevaciones del terreno. Por tanto, la escala sólo será uniforme con respecto a un plano horizontal de referencia, a partir del cual se define dicha escala.



**Figura 1.13. Escala de la fotografía aérea sobre terreno llano**

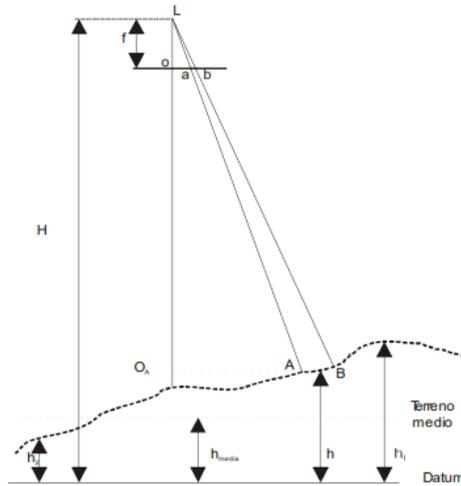
La escala de la fotografía es directamente proporcional a la distancia focal de la cámara e inversamente proporcional a la altura de vuelo sobre el terreno. Tal como se muestra en la figura 2.13.

$$\frac{ab}{AB} = \frac{f}{H} = \frac{1}{E} = \text{Escala de la fotografía}$$

Siendo E, el módulo de la escala. .... (1)

**Escala de la fotografía aérea sobre terreno variable**

Cuando varía la elevación del terreno, varía la altura de vuelo sobre el mismo e igualmente varía la escala de la fotografía. Si aumenta la elevación del terreno, disminuye la altura de vuelo y, por tanto, aumenta la escala. Si, por el contrario, disminuye la elevación del terreno, disminuye la escala de la fotografía. Tal como se muestra en la figura 2.14.



**Figura 1.14. Escala de fotografía aérea sobre terreno inclinado**

Para una imagen a una altura  $h$ :

$$\frac{1}{E} = \frac{f}{(H-h)} \dots\dots\dots (2)$$

Se puede afirmar que cada punto de la fotografía tiene una escala. Para generalizar el concepto de “escala de la fotografía” se recurre a la escala media.

**Escala media**

Es conveniente definir una escala media de una fotografía tomada sobre un terreno variable. Una escala media es la escala de un terreno, considerando una elevación media,  $h$

A partir de la figura del apartado anterior, se puede expresar:

$$\frac{1}{E_m} = \frac{f}{H - h_m} \qquad h_m = \frac{h_1 + h_2}{2} \dots\dots\dots(3)$$

## Otros Métodos De Determinación De La Escala De La Fotografía

Se puede medir, sobre el terreno, la distancia entre varios puntos identificables en la fotografía, para comparar, a continuación, esa distancia sobre la fotografía.

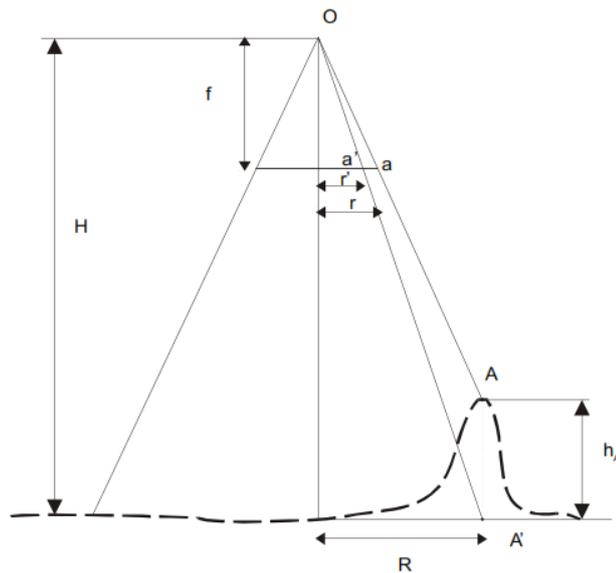
Si existe una cartografía de la zona donde se ha realizado la fotografía, se mide la distancia de dos puntos bien definidos sobre el mapa y sobre la fotografía, de forma que la escala de la fotografía se puede expresar:

$$\frac{1}{E} = \frac{\text{distancia sobre la foto}}{\text{distancia sobre el mapa}} * (\text{escala del mapa}) \dots\dots\dots(4)$$

También pueden determinarse la escala de la fotografía, tomando como longitudes conocidas que aparezcan sobre la fotografía: campos de fútbol, señales kilométricas, Estableciendo una relación entre la distancia real y la distancia sobre el terreno, es posible obtener la escala de la fotografía.

## Desplazamiento debido al relieve

La escala de la fotografía es variable en todos los puntos debido a los cambios de relieve. Como consecuencia de esto la altura de un objeto sobre el datum o plano de referencia provoca un cambio en la posición de ese objeto en la fotografía.



**Figura 1.15. Escala de fotografía aérea sobre diferentes relieves**

La figura 2.15, representa una fotografía tomada a una altura de vuelo  $H$  sobre el datum o plano de referencia, mediante una cámara cuya distancia focal es  $f$ . Se ha fotografiado un punto  $A$ , cuya altura es  $h$ , que se sitúa en la fotografía en  $a$ . El punto imaginario  $A'$ , situado sobre el plano de referencia, es la proyección perpendicular del punto sobre dicho plano que tiene una imagen en la fotografía en el punto  $a'$ .

### **c. Puntos de apoyo Fotogramétrico**

Los puntos de apoyo son puntos del terreno claramente identificados en la fotografía, de los que se conocen las coordenadas.

Como se ha comentado anteriormente, son los puntos que van a permitir dar una orientación exacta al modelo estereoscópico, para obtener una restitución fotogramétrica rigurosa.

De ahí la importancia de su elección, distribución y la correcta determinación de sus coordenadas.

#### **d. Condiciones de los Puntos de Apoyo**

Como condiciones que deben cumplir los puntos de apoyo, se recomiendan las siguientes:

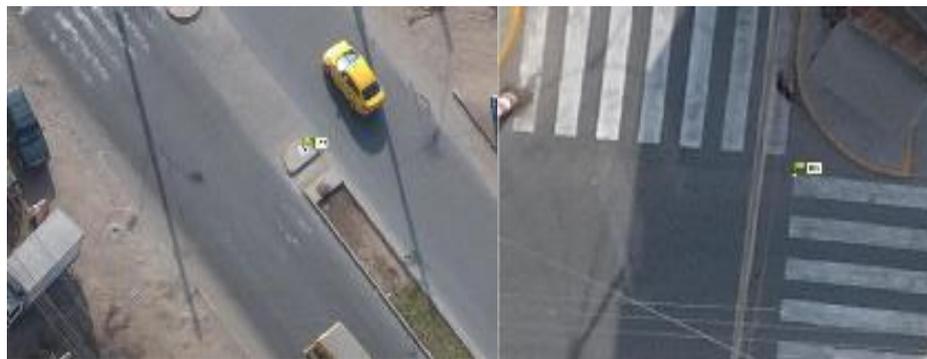
- Buena definición fotográfica de la imagen del punto
- Posibilidad de establecer un buen contacto entre el índice estéreo y la imagen del punto
- Fácil determinación topográfica

El complemento de estas condiciones, y en particular la segunda, dependen en buena parte de la función que va a desempeñar el punto, es decir se va a utilizar para ajuste planimétrico, para ajuste altimétrico, o para ambos, que es el caso más general.

En el ajuste planimétrico, los detalles que permiten una colimación más precisa son aquellos que presentan una superficie reducida y de formas regulares, que aseguren la fácil determinación del centro de figura. Cuando los puntos tienen formas irregulares deben escogerse aquellos detalles que estén mejor definidos, como esquinas de edificios ángulos de tejados, intersecciones, lindes de parcelas; etc.

Como orientación se señalan a continuación, y por orden de preferencia algunos tipos de puntos:

- Intersección en ángulo recto o próximo al recto de ejes de caminos, ferrocarriles, senderos y canales angostos, etc.
- Intersección en ángulo recto o próximo al recto de camino y senderos, con cercas, cercos vivos y linderos de parcelas, etc.
- Intersección en ángulo próximo al recto de cercas, límites de parcela, etc.
- Intersección en ángulo próximo al recto de ejes de zanja con cualquiera de los anteriores o con otras líneas de zanja
- Esquinas de sitios poblados de árboles que tienen límites claramente definidos con respecto al terreno despejado circundante.
- Las bases de árboles pequeños aislados
- El centro de pequeños edificios o construcciones bien definidas
- Esquinas de casas.



**Figura 1.16. Marcas visibles en la Pista**

Para el ajuste altimétrico, en general, serán buenos todos los situados a nivel del suelo y que no presenten altura sobre el terreno, como cruces de caminos, senderos, etc.

En todos los casos, las imágenes de los puntos de apoyo han de tener una buena nitidez y una tonalidad justa y uniforme. Deben, por lo tanto, excluirse aquellos puntos que se presentan en zonas blancas o tonalidad muy semejante, pues el contacto estereoscópico de altura puede ser defectuoso `por presentarse un falso efecto de relieve, que confunden o alteren su aspecto real, y puedan hacer incierta su interpretación.

## **CAPITULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **2.1 UBICACIÓN**

##### **a. Ubicación Política**

El presente fue realizado en el Centro Experimental Wayllapampa, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado políticamente en el distrito de Pacaycasa, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho,

Se encuentra aproximadamente a 16 kilómetros al norte de la ciudad de Ayacucho, capital del Departamento de Ayacucho.

##### **b. Ubicación Geográfica**

Longitud oeste : 74°12'44"

Latitud sur : 13°04'41"

Altitud : 2532 msnm.

En coordenadas UTM:

Norte : 8552600 al 8555800.

Este : 584450 al 587400.

Zona : 18L.

### **c. Hidrología**

La localidad de Wayllapampa está dentro del río Pampas con vertiente al Atlántico, subcuenca del río Pongora y microcuenca del río Pacaycasa: que es la principal fuente de agua

### **d. Clima**

La localidad de Wayllapampa presenta un clima templado cálido. Las precipitaciones pluviales son bien marcadas, presentándose con mayor fuerza entre los meses de diciembre a marzo con una precipitación promedio de 500 mm; mientras en los meses de mayo a setiembre se produce el periodo de sequía.

La distribución de las lluvias es generalmente irregular; pueden ocurrir alternadamente lluvias escasas, torrenciales, lapsos de 14 a 20 días completamente secos u otros fenómenos irregulares.

### **e. Acceso**

Para llegar a la localidad de Wayllapampa, se sigue la vía Ayacucho Huanta, carretera asfaltada, pasando por las localidades de Muyurina y Chacco, luego de 25 minutos de viaje aproximadamente a 22 Km de la ciudad de Ayacucho se llega al Centro Experimental de Wayllapampa.

## **2.2 MATERIALES Y EQUIPOS**

### **2.2.1 Equipo de Trabajo**

Para realizar este trabajo, se contó con el total apoyo del Ministerio de Agricultura, quienes nos facilitaron los manuales y procedimientos para realizar catastros y documentos relacionados al centro Experimental Wayllapampa. También recibimos el apoyo de los profesionales de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (Vice rectorado Académico), Ingenieros de la Facultad de Ciencias Agrarias (Agronomía) y estudiantes de la misma.

### **2.2.2 Material Cartográfico**

- Plano del Centro Experimental Wayllapampa.
- Fotografías aéreas ampliadas.
- Gráficos para ubicación de marcas en campo.

### **2.2.3 Equipo de Topografía**

- GPS Diferencial de doble frecuencia Topcon GR-5
- Estación Total Sokkia
- Dos prismas
- Dos bastones para prisma
- GPS Navegador Garmin
- Trípode de aluminio
- Un Dron Ebee Plus
- Wincha de 50 m.
- Flexómetro de 5 m.

#### **2.2.4 Herramientas**

- Herramientas manuales (pico, pala y barreta)
- 3 varillas de fierro de ¾" de 0.7 m.
- Hormigón.
- Cemento portland T-1.
- Placas geodésicas.

#### **2.2.5 Materiales de Escritorio**

- Computadora
- Impresora
- Plotter
- Papel Bond A4 80 g
- Material bibliográfico
- Libreta de campo
- Plástico 12 m x 1.2 m

#### **2.2.6 Software**

- Emotion 3
- Agisoft Photoscan.

### **2.3 METODOLOGÍA**

#### **2.3.1 Trabajo Pre Campo**

##### **a. Recopilación de Datos**

Se inició con la recopilación de datos, tanto orales, historiales y digitales, los cuales se empezaron con la visita al área de Patrimonio de la

Universidad, donde el personal del área nos facilitó los documentos existentes relacionados al Centro Experimental Wayllapampa.

En el Centro de Patrimonio de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga se verificó los documentos de compra y venta que realizó el señor Efraín Morote Best como representante de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga en calidad de Rector y el señor Néstor Cabrera Bedoya representado por su hijo César Cabrera Arca como propietario del Fundo Wayllapampa en el año de 1962, tal como figura en el testimonio de la compra y venta.

Los límites con los colindantes que aparece en los documentos de compra y venta, se fueron perdiendo en el tiempo, ya que las delimitaciones en la antigüedad se hacían con denominaciones de: ríos, árboles, cercos vivos, nombres de cerros, nombres de quebradas, esquinas de casas construidas y cultivos existentes en la zona. Por todo ello la importancia de realizar este estudio.

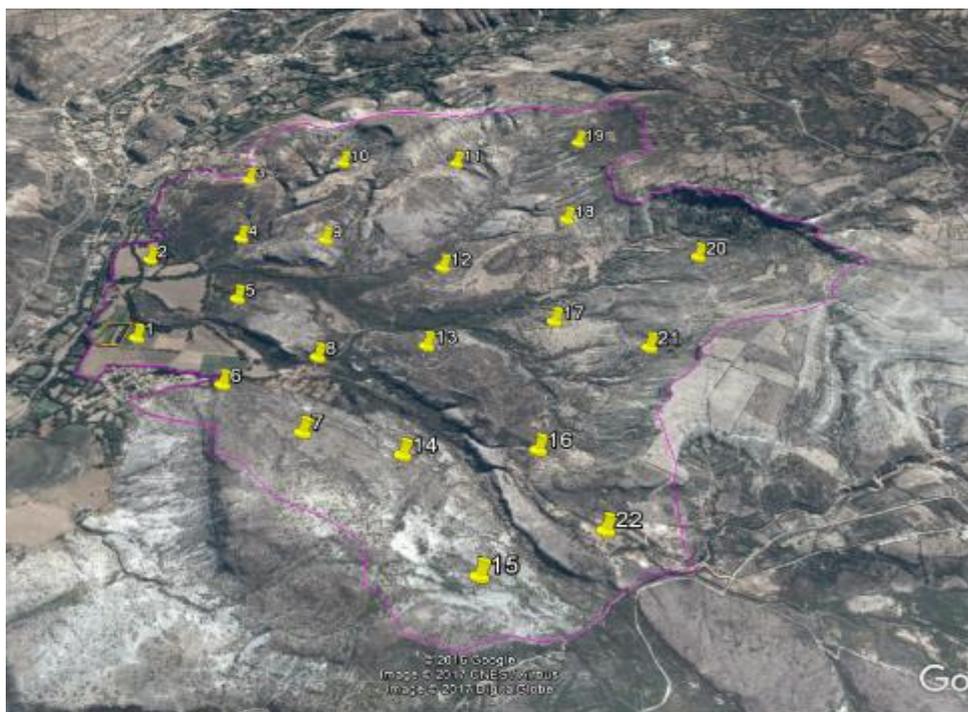
Hasta setiembre del 2016 el señor Juan Lope Mercado, fecha en que fallece, era la única persona viviente que tenía conocimiento de los linderos reales del Centro Experimental Wayllapampa, este señor fue trabajador del primer dueño del fundo antes de realizarse la compra – venta y una vez realizado la compra, pasa a ser trabajador de la Universidad Nacional De San Cristóbal de Huamanga. Pero antes de su fallecimiento hizo el recorrido con algunos trabajadores que hasta el

momento siguen trabajando en el Centro Experimental, dentro de ellos se encuentran los señores: Máximo Pocco Fernández, trabajador desde el año 1983 y Teodoro Lope Laurente quien labora desde el año 1987, por estas razones recurrimos a los señores para realizar el reconocimiento de los linderos.

La recolección de datos cartográficos, tanto los digitales como los satelitales se obtuvieron con la ayuda del programa Google Earth Pro, demarcando la posible área para realizar el levantamiento topográfico, con la ayuda de un trabajador antiguo quien más conoce los linderos del Centro Experimental Wayllapampa aunque no en su totalidad.

Luego de la demarcación en Google Earth Pro, se realizó la distribución de los puntos de apoyo (marcas) de forma adecuada y distancias equitativas para tener el apoyo topográfico, luego se realizó la impresión para salir a campo.

Estas marcas generalmente son hipotéticas ya que en el campo se adecuan de acuerdo a la disponibilidad y/o visibilidad que tendrán a la hora de realizar el vuelo, se observa en la figura 3.1 donde se colocaron 22 marcas.



**Figura 2.1. Distribución de los puntos auxiliares (Marcas)**

#### **b. Reconocimiento de Terreno**

El reconocimiento de terreno se hizo con la ayuda del administrador del Centro Experimental Wayllapampa y los dos trabajadores, con quien se hizo el recorrido por todo el perímetro de la zona, donde la mayor parte del perímetro, de la parte norte y oeste se encuentra delimitado con cercos vivos, en los mismos que no se encontró discrepancias con los propietarios vecinos, pero en la parte sureste y sur, no se encuentran bien definidos los límites del Centro Experimental, por lo cual la delimitación tuvo contratiempos, pero el levantamiento con el drone se realizó incluyendo las zonas en disputa los cuales se sanearon en gabinete, una vez obtenido las ortofotos con la ayuda de los dos trabajadores.

### 2.3.2 Trabajo de Campo

#### a. Colocación de Puntos de Apoyo Topográfico (Marcas)

Se optó el uso de plásticos de color azul con las medidas de 0.6 x 0.6 m de lado, que por experiencias del ingeniero con el que se trabajó, son visibles y fáciles de identificar en las fotos para el apoyo topográfico.

Con la ayuda de los alumnos de Agronomía y personal capacitado en trabajos geodésicos, se realizó la colocación de marcas en el primer día de trabajo (11-05-17), en horas de la mañana, en los puntos que ya teníamos marcado en un plano en toda el área por donde se realizaron los vuelos con el drone, dichas marcas en algunos casos, no se colocaron tal como estaba planificado en el plano preliminar, ya que se encontraron zonas inaccesibles y accidentados por lo cual se buscó áreas visibles que serían fáciles de identificar con la cámara del drone a la hora de realizar el vuelo.



**Figura 2.2. Colocación de Marcas**

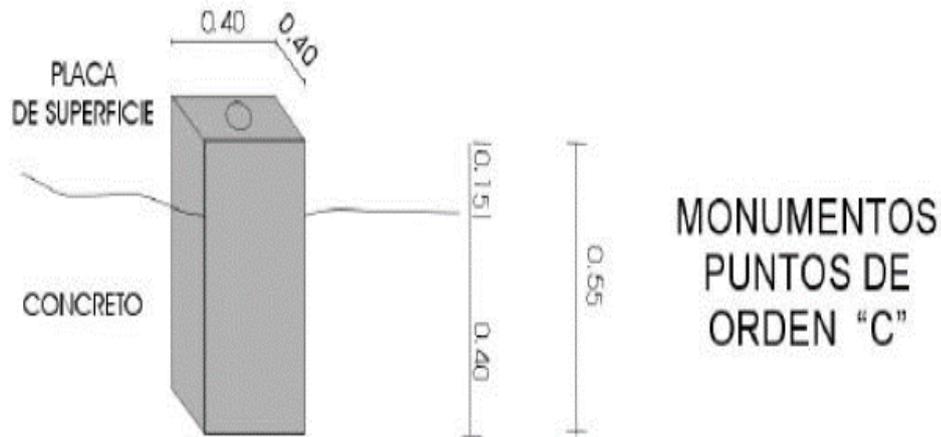
## **b. Monumentación de Puntos Geodésicos**

La excavación para la monumentación de los puntos geodésico se hizo respetando las medidas según las especificaciones que reglamentan el Instituto Geográfico Nacional del Perú, el cual tiene como denominación Normas Técnicas de Levantamientos Geodésicos. Tal como se muestra en la figura 2.4.

Se monumentaron tres hitos de orden C, dos hitos con sus respectivas placas y un hito con acero corrugado de  $\frac{3}{4}$ ".



**Figura 2.3. Excavación para Monumentación del Punto Geodésico**



**Figura 2.4. Esquema del Punto geodésico**

Estos puntos se encuentran en lugares donde no se realizarán ningún trabajo que pueda dañarlos durante muchos años, de esta manera se asegura su permanencia y su estabilidad, ya que dependen de estos puntos la precisión con los que se quiere trabajar posteriormente.

### **c. Lectura de Puntos Geodésicos**

Para el desarrollo del levantamiento de puntos Geodésicos se empleó el método de posicionamiento diferencial estático, este método consiste en el rastreo permanente simultaneo y para ello nos apoyamos con el receptor GPS base cuyas coordenadas ya son conocidas y la información lo maneja el IGN, a esta estación lo denominamos como "Estación Base" (Master), denominado IGN AY01 de orden "0", el que está ubicado en el Jr. Callao dentro del local del Gobierno Regional de Ayacucho. Para los nuevos puntos geodésicos utilizamos un receptor GPS de marca Topcon, el cual se denomina "Rover".

El primer punto, tiene como denominación T-01, en este punto se estacionó el GPS, el día 11/05/2017, iniciando con la lectura a las 11:34:37 am hasta las 01:40:32 pm.

Para el segundo punto, el cual tiene como denominación T-02 se estacionó el GPS, el mismo día 11/05/2017, iniciándose con la lectura a las 02:08:20 pm hasta las 04:40:53 pm.

Al tercer punto, se le denominó T-03, se estacionó el equipo GPS el día 12/05/2017, la lectura se empezó a las 09:21:21 am hasta las 03:03:41 pm.

Paralelamente a las lecturas con el GPS rover, se realizaron las lecturas en los puntos de apoyo topográfico (marcas) con el segundo GPS (rover), para determinar sus coordenadas de las marcar que nos apoyará para hacer las correcciones al momento de procesar las fotografías aéreas.

#### **d. Elección de equipo para las Fotografías Aéreas**

Para realizar este trabajo de levantamiento de fotografías aéreas se optó por el uso de un drone Ebee Plus de Sensefly (Fig. 3.4), se trata de un vehículo aéreo no tripulado que funciona de forma autónoma o manual, que ha sido diseñado para diversos trabajos, dentro de ello los levantamientos topográficos por medio de la fotogrametría como es este caso.



**Figura 2.5. Fotografía Aérea**

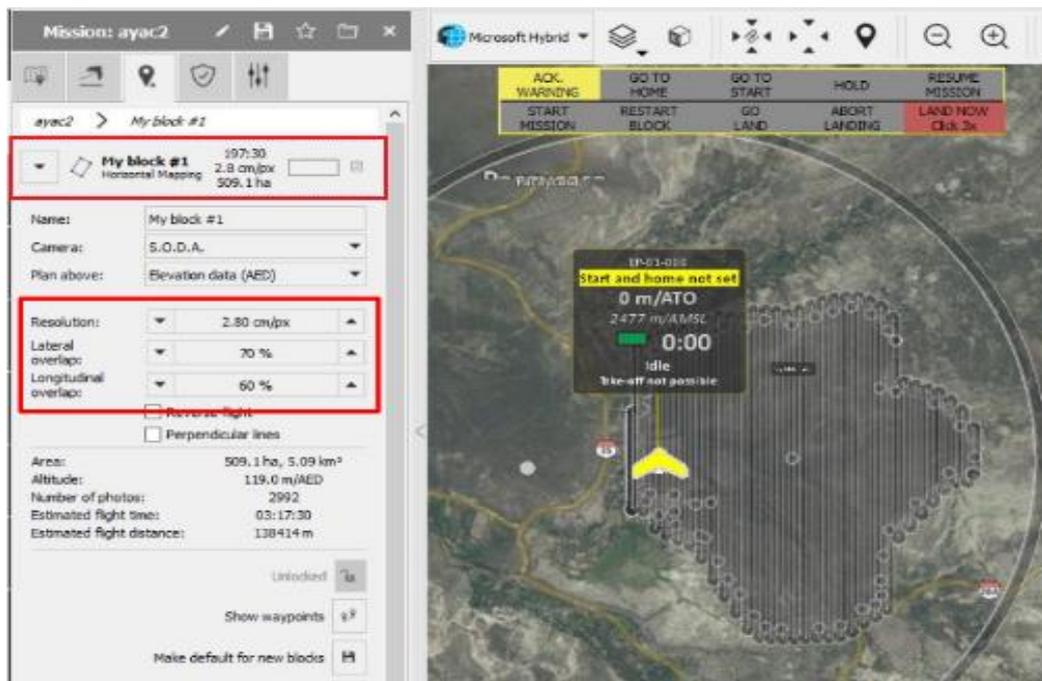
Se eligió el uso de este dron porque da la facilidad de levantar grandes extensiones de terreno en un solo vuelo, también por las experiencias ya conocidas de las bondades de este dron que realiza trabajos de precisión.

El Centro Experimental de Wayllapampa, tiene una extensión que sobrepasa las 500 Ha. Por lo tanto necesitábamos un dron de estas características.

#### **e. Plan de Vuelo**

El plan de vuelo se realizó con el software Emotion 3, cada misión y sus valores asociados se guardan en la memoria del piloto automático para la realización del vuelo y para su posterior utilización en post proceso.

Para determinar la cantidad de vuelos, se realizó una simulación virtual de vuelo, para ello se tuvo que realizar algunos reajustes en la configuración del programa como son: la velocidad (4m/s), la altura de vuelo (120 m), los traslapes (lateral 70% y longitudinal 60%), viendo estos parámetros el software determinó que se tendría un vuelo de 197:30 minutos para cubrir un área de 509.1 ha. área de nuestro trabajo, de donde se obtendrá 2992 fotos. como se muestra en la figura 2.6.



**Figura 2.6. Programación Para la Simulación de Vuelo**

La batería del dron tiene una duración de 60 minutos teóricos como máximo, por lo cual para tener éxito en el levantamiento tenemos que tener reserva para el programar el aterrizaje y/o cualquier inconveniente que se pueda presentar durante el vuelo. Por todo ello se programó realizar cuatro vuelos. Los mismos que se guardaron en la memoria del piloto automático.

#### **f. El Vuelo**

Los vuelos se realizaron a partir de las 2:00 p.m. del primer día de trabajo (11-05-17), ya que por la mañana se procedió a la colocación de las marcas. En este día se realizó un solo vuelo.

En el día dos (12-05-17), se realizaron 3 vuelos, a partir de las 9:00 a.m. y a los parámetros configurados para el vuelo, se realizó una modificación en la altura de vuelo donde se optó por los 500 metros.

#### **g. Procesamiento de Datos en Gabinete**

Para el procesamiento de datos se utilizó el programa Agisoft PhotoScan. La finalidad de este programa es construir un modelo 3D con textura. El procedimiento de procesamiento de fotografías y construcción de modelos 3D comprende cuatro etapas.

1. La primera etapa es la alineación de la cámara. En esta etapa, PhotoScan busca puntos comunes en las fotografías y los combina, así como encuentra la posición de la cámara para cada imagen y refina los parámetros de calibración de la cámara. Como resultado se forma una nube de puntos escasa y un conjunto de posiciones de cámara.

La nube de puntos dispersos representa los resultados de la alineación de las fotografías y no se utilizará directamente en el procedimiento de construcción del modelo 3D (a excepción del método de reconstrucción basado en nubes de punto disperso). Sin embargo, puede ser exportado para su uso posterior en programas

externos. Por ejemplo, el modelo de nube de puntos dispersos se puede utilizar en un editor 3D como referencia.

Por el contrario, el conjunto de posiciones de la cámara es necesario para la construcción de modelos 3D más por PhotoScan.

2. La siguiente etapa es la construcción de nubes de puntos densos. Basado en las posiciones de cámara estimadas y las imágenes en sí, una nube de puntos densos es construida por PhotoScan. La nube de puntos densos puede ser editada y clasificada antes de exportar o continuar con la generación del modelo de malla 3D.

3. Otra etapa es la construcción de malla. PhotoScan reconstruye una malla poligonal 3D que representa la superficie del objeto basada en la nube de puntos densos. Además, existe un método basado en la nube de puntos para la generación de geometría rápida basada únicamente en la nube de nubes dispersas. Generalmente hay dos métodos algorítmicos disponibles en PhotoScan que pueden aplicarse a la generación de malla 3D: Campo de Altura - para superficies de tipo planar, Arbitrario - para cualquier tipo de objeto.

Una vez construida la malla, puede ser necesario editarla. PhotoScan puede realizar algunas correcciones, tales como decimación de malla, eliminación de componentes aislados, cierre de agujeros en la malla, etc. Para una edición más compleja hay que utilizar herramientas externas de edición en 3D. PhotoScan permite exportar la malla, editarla por otro software e importarla de nuevo.

4. Después de reconstruir la geometría (es decir, malla), puede texturarse y/o utilizarse para la generación de ortofotos.

### 2.3.3 Levantamiento Topográfico con Estación Total

Para el levantamiento topográfico con Estación Total, se determinó un área donde está proyectado construir un reservorio para el Centro Experimental Wayllapampa.

Esta proyección del reservorio se hace con fines de obtener datos con la estación total, para hacer un comparativo con los datos obtenidos con el Drone y de esta manera ver los resultados en precisión y detalles,

La construcción del reservorio se proyecta para un volumen de 27000 m<sup>3</sup> por lo que se realizó el levantamiento de aproximadamente 5000 m<sup>2</sup>.

El levantamiento se realizó empleando una estación total de marca Sokkia, el cual cuenta con su respectiva ficha de calibración vigente.

El levantamiento se hizo por el método de radiación utilizando los puntos Geodésicos T-01 y el T-02 como salida, los mismos puntos que se utilizó para el levantamiento topográfico con el drone. Estas coordenadas se muestran en el siguiente cuadro N° 2.1.

**Cuadro 2.1 Coordenadas de puntos Geodésicos**

ID	ESTE (m)	NORTE (m)	ELEVACION (m)
T-01	585315.136	8553859.712	2538.828
T-02	585256.249	8554285.726	2531.550

## **CAPITULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

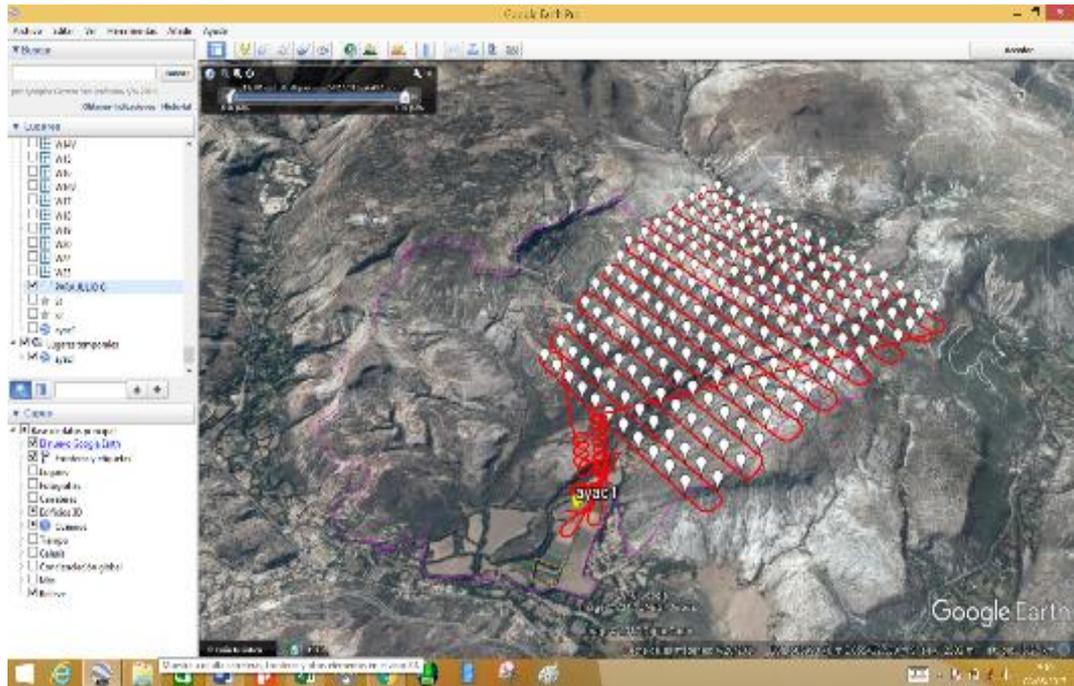
#### **3.1. LEVANTAMIENTO CON DRONE Y ESTACIÓN TOTAL**

##### **3.1.1 Levantamiento Topográfico con Drone**

En los dos días de trabajo se realizamos cuatro vuelos para cubrir el total del área en estudio, donde se obtuvo los siguientes resultados:

##### **- Primer vuelo**

En el primer vuelo se realizó el levantamiento de la parte sur este del área, donde se registró 214 fotos, el seguimiento del plan de vuelo se muestra en la figura 3.1, donde se visualiza la ubicación de cada foto registrado por el drone y la ruta que siguió desde el inicio de vuelo hasta el retorno para su aterrizaje.



**Figura 3.1. Levantamiento Fotográfico en el primer vuelo**

### **Procesamiento del Primer vuelo**

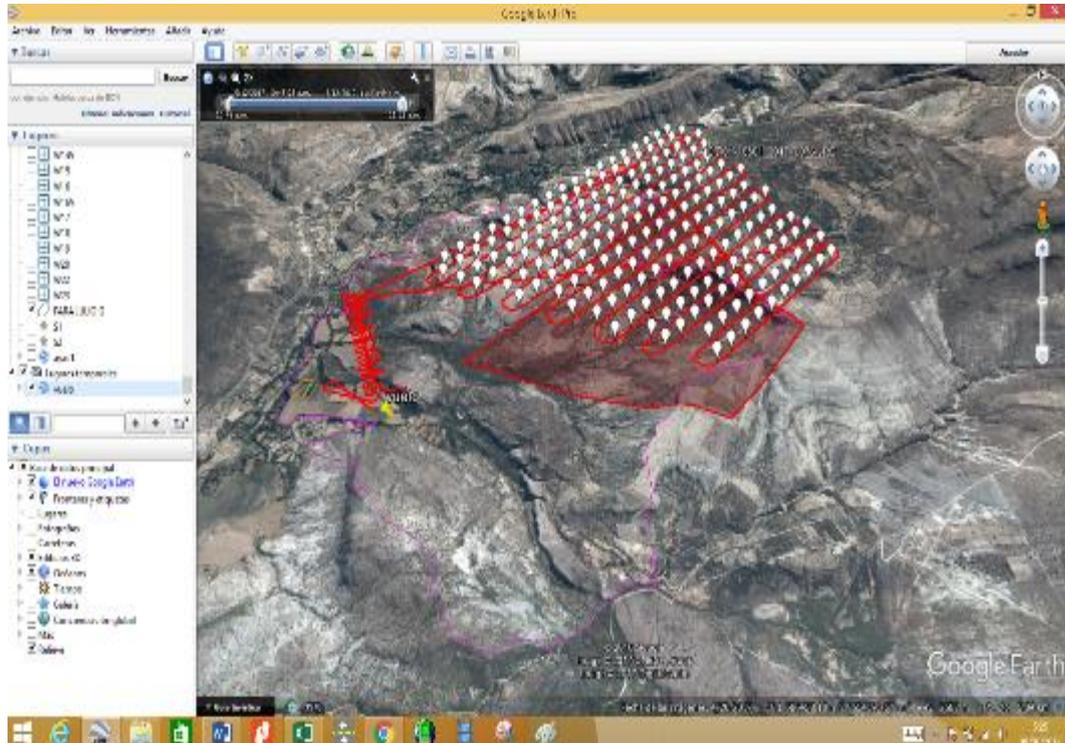
El procesamiento de las 214 fotos del primer vuelo, utilizando el programa Agisoft PhotoScan, obtuvimos la imagen que se muestra en la figura 3.2.



**Figura 3.2. Ortomosaico del Primer Vuelo**

## - Segundo vuelo

Durante el segundo vuelo se realizó el levantamiento de la parte nor este del área en estudio, donde se registró 207 fotos, como se muestra en la figura 3.3.



**Figura 3.3. Levantamiento Fotográfico del Segundo vuelo**

## Procesamiento del Segundo vuelo

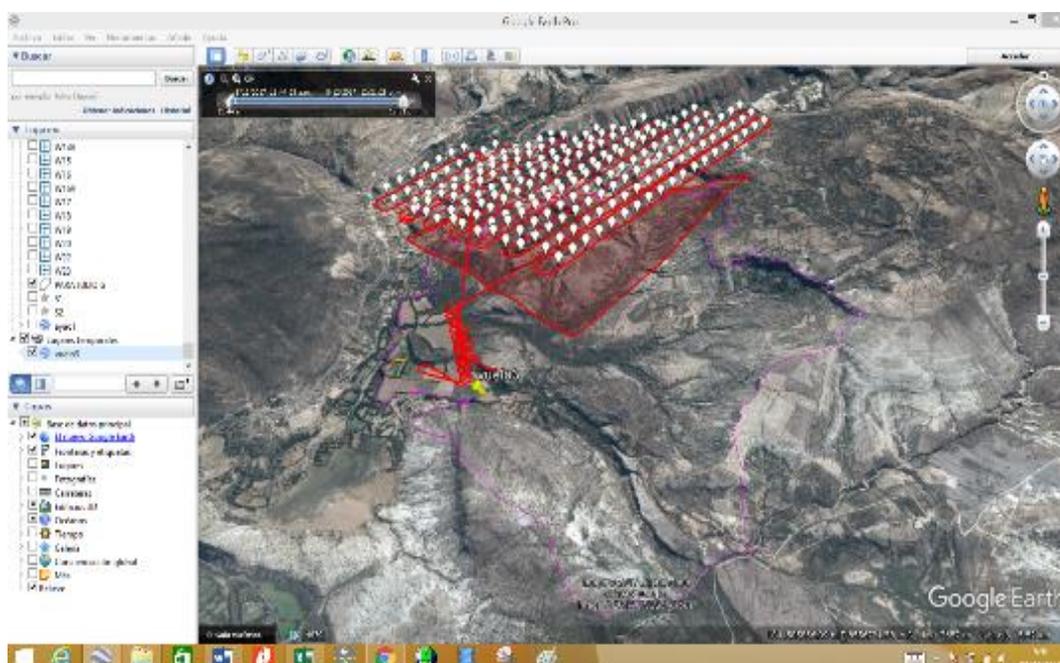
Al procesar las 207 fotos del segundo vuelo dio como resultado la imagen que se muestra en la figura 3.4.



**Figura 3.4. Ortomosaico del Segundo Vuelo**

**- Tercer vuelo**

En el tercer vuelo se realizó el levantamiento de la parte nor oeste del área, donde se registró 203 fotos, como se muestra en la figura 3.5.



**Figura 3.5. Levantamiento Fotográfico del Tercer vuelo**

### Procesamiento del Tercer vuelo

Al procesar las 203 fotos del tercer vuelo, el resultado es la imagen mostrada en la figura 3.6.



Figura 3.6. Ortomosaico del Tercer Vuelo

### - Cuarto vuelo

Durante el cuarto vuelo se realizó el levantamiento de la parte sur oeste del área, donde se registró 163 fotos, como se muestra en la figura 3.7.

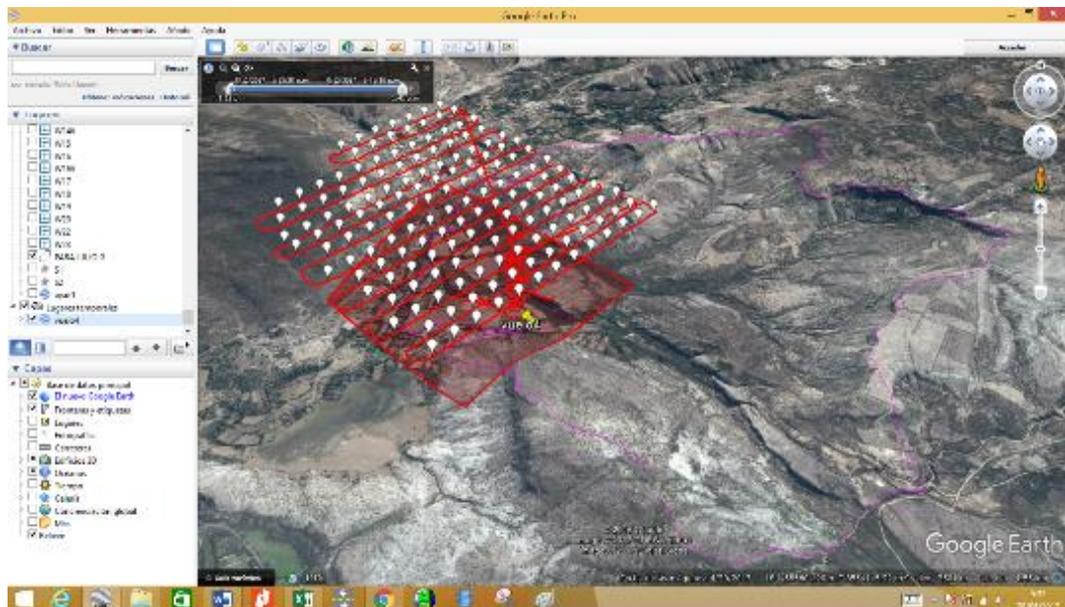


Figura 3.7. Levantamiento Fotográfico del Cuarto vuelo

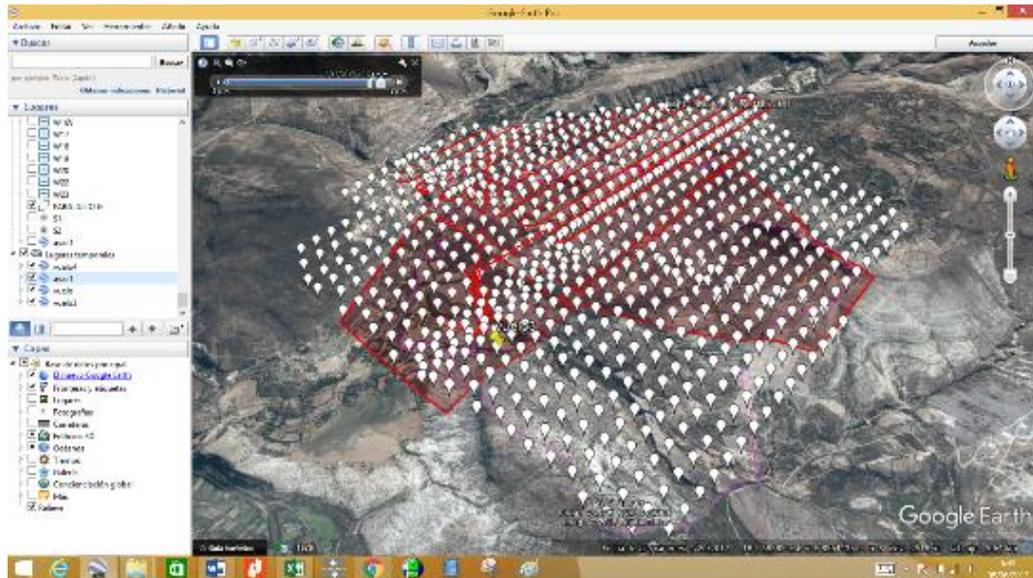
### **Procesamiento del Cuarto vuelo**

Al procesar las 163 fotos del cuarto vuelo dio como resultado la imagen mostrada en la figura 3.8.



**Figura 3.8. Ortomosaico del Cuarto Vuelo**

Al unificar los cuatro vuelos podemos resumir en la figura 3.9, donde se muestra la totalidad de las fotos registrados, tanto la ubicación como la ruta que tomó el dron para obtener los ortomosaicos de todo el C.E. Experimental de Wayllapampa.



**Figura 3.9. Levantamiento Fotográfico de los Cuatro Vuelos Juntos**

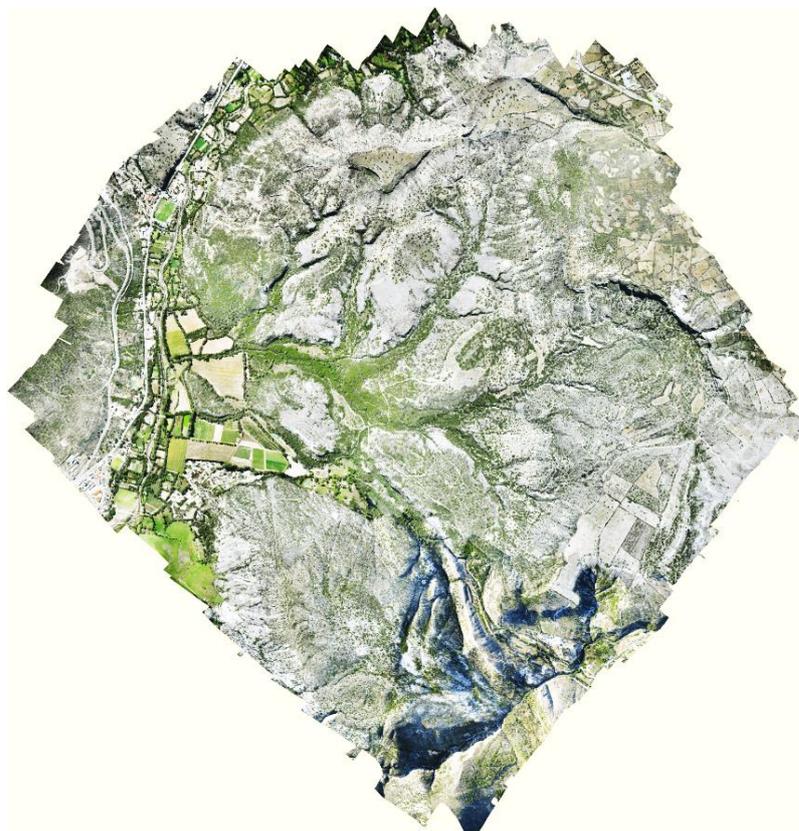
Resumiendo la totalidad de fotos tomadas en los cuatro lo mostramos en el siguiente cuadro:

**Cuadro 3.1. Áreas levantadas y registro de Fotos**

<b>N° DE VUELO</b>	<b>AREA LEVANTADA</b>	<b>N° FOTOS AEREOS</b>
1	SUR ESTE	214
2	NOR ESTE	207
3	NOR OESTE	203
4	SUR OESTE	163
<b>TOTAL</b>		<b>787 FOTOS AEREOS</b>

## **PROCESAMIENTO DEL PRODUCTO FINAL**

Unificando las ortofotos de los cuatro vuelos se obtuvo el producto final, que es la imagen que se muestra en la figura 3.10.



**Figura 3.10. Ortomosaico Unificado de los Cuatro Vuelos**

Para la identificación de las coordenadas en los vértices, tomamos el nube de puntos que el programa Agisoft PhotoScan nos facilita, el cual lo exportamos al programa Auto Cad Civil 3D para su procesamiento, en ella se plasmaron los planos finales donde se pudo conocer, el área, perímetro y las curvas de nivel del terreno, tal como se muestra en los planos 1, 2 y 3, ubicados en el anexo.

El C.E. Wayllapampa cuenta con una superficie de 503.365 ha. Y un perímetro de 10,878.682 m.

Las coordenadas de los vértices se muestran en el plano 1, 2, 3 y en el cuadro 3.2.

**Cuadro 3.2. Coordenadas de los vértices del C.E. Wayllapampa**

CUADRO DE COORDENADAS UTM DEL CENTRO EXPERIMENTAL WAYLLAPAMPA			
VERTICE	ESTE	NORTE	DISTANCIA
1	584704.162	8554281.864	118.917
2	584724.714	8554398.991	83.584
3	584641.277	8554394.030	53.672
4	584630.796	8554341.392	57.159
5	584606.006	8554289.889	64.275
6	584570.213	8554343.276	49.146
7	584569.273	8554392.414	37.752
8	584578.260	8554429.080	38.579
9	584591.260	8554465.403	141.301
10	584594.677	8554606.662	72.231
11	584585.383	8554678.293	98.479
12	584576.851	8554776.401	42.870
13	584567.083	8554818.143	42.791
14	584570.164	8554860.823	46.407
15	584592.365	8554901.575	92.158
16	584684.506	8554903.291	67.280
17	584750.489	8554916.440	31.100
18	584757.722	8554946.687	79.461
19	584698.835	8555000.037	12.999
20	584687.483	8555006.371	7.342
21	584682.556	8555011.815	12.843
22	584681.066	8555024.571	38.622
23	584682.851	8555063.152	28.016
24	584676.580	8555090.457	41.770
25	584676.466	8555132.227	11.486
26	584674.242	8555143.496	28.707
27	584679.266	8555171.760	94.250
28	584678.495	8555266.006	21.136
29	584698.698	8555272.218	24.718
30	584719.803	8555285.084	47.518
31	584725.178	8555332.297	29.517
32	584732.405	8555360.916	59.246
33	584775.660	8555401.401	10.522
34	584786.182	8555401.370	19.288
35	584803.618	8555393.122	32.473
36	584835.505	8555386.984	41.253
37	584870.674	8555365.420	66.070
38	584916.639	8555317.960	45.016
39	584957.600	8555299.290	44.666
40	585002.252	8555298.132	20.062
41	585018.745	8555309.553	31.825
42	585026.384	8555340.448	24.414

43	585021.547	8555364.377	56.402
44	585043.014	8555416.534	124.726
45	585071.007	8555538.078	204.975
46	585258.249	8555621.476	252.517
47	585499.476	8555696.135	181.050
48	585680.410	8555702.613	166.591
49	585846.900	8555696.803	160.498
50	586005.889	8555718.762	72.322
51	586077.079	8555706.018	123.577
52	586192.693	8555749.663	69.011
53	586261.696	8555750.671	114.801
54	586366.166	8555798.267	97.547
55	586458.304	8555766.236	101.171
56	586548.671	8555720.744	77.396
57	586597.058	8555660.339	445.002
58	586541.753	8555218.787	170.069
59	586533.043	8555048.940	74.889
60	586596.341	8555008.919	141.573
61	586731.676	8555050.479	110.567
62	586827.364	8554995.081	106.973
63	586932.468	8554975.171	196.319
64	587065.970	8554831.232	88.792
65	587141.404	8554784.395	77.867
66	587192.314	8554725.476	69.057
67	587187.391	8554656.595	109.458
68	587241.545	8554561.472	136.136
69	587284.221	8554432.198	144.340
70	587190.650	8554322.296	130.333
71	587083.728	8554247.767	138.119
72	586952.848	8554203.641	193.348
73	586824.387	8554059.138	302.202
74	586659.827	8553805.670	132.465
75	586652.160	8553673.427	77.378
76	586580.596	8553644.002	42.469
77	586558.042	8553608.016	63.272
78	586538.581	8553547.811	50.372
79	586572.575	8553510.640	50.451
80	586569.590	8553460.277	167.783
81	586625.125	8553301.952	27.597
82	586597.923	8553297.298	39.731
83	586579.525	8553262.083	37.069
84	586584.485	8553225.348	31.567
85	586569.831	8553197.388	38.164
86	586545.244	8553168.200	18.162
87	586529.090	8553159.900	28.866

88	586500.404	8553156.682	9.993
89	586491.410	8553161.038	21.714
90	586469.715	8553160.131	126.135
91	586355.122	8553107.420	269.640
92	586160.784	8552920.501	86.392
93	586074.450	8552923.636	124.652
94	585952.196	8552899.300	78.018
95	585875.000	8552888.000	101.868
96	585776.000	8552912.000	90.139
97	585690.000	8552885.000	483.382
98	585326.205	8553203.294	633.762
99	585109.231	8553798.758	43.194
100	585069.509	8553815.725	69.994
101	585009.360	8553851.519	128.736
102	584893.158	8553906.926	67.089
103	584837.428	8553944.278	9.605
104	584837.333	8553953.883	19.270
105	584826.870	8553970.065	25.528
106	584808.339	8553987.622	6.895
107	584807.948	8553994.506	6.720
108	584813.193	8553998.708	5.527
109	584818.718	8553998.581	7.262
110	584825.891	8553999.723	27.870
111	584852.144	8554009.076	85.788
112	584926.362	8554052.103	26.919
113	584951.759	8554061.026	30.298
114	584982.018	8554059.498	11.715
115	584993.701	8554060.367	15.918
116	585008.884	8554065.147	23.552
117	585028.810	8554077.704	21.102
118	585049.243	8554082.970	34.285
119	585082.906	8554089.470	31.576
120	585112.826	8554099.563	14.953
121	585113.292	8554114.508	41.682
122	585071.746	8554111.141	44.145
123	585027.825	8554115.588	38.335
124	584991.492	8554127.812	29.612
125	584961.982	8554125.354	93.748
126	584869.885	8554142.872	23.983
127	584881.311	8554163.958	136.521
128	584745.182	8554174.302	52.596
129	584692.592	8554173.497	72.497
130	584679.731	8554102.150	96.484
131	584588.551	8554133.701	157.160

### 3.1.2 Levantamiento Topográfico con Estación Total

Los datos de los puntos recogidos con la estación total se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 3.3. Datos de coordenadas con Estación Total**

N° PUNTO	ESTE	NORTE	COTA
1	585256.249	8554285.73	2531.55
2	585315.131	8553859.71	2538.828
3	585317.742	8554205.26	2528.133
4	585433.111	8554114.99	2477.715
5	585471.318	8554104.87	2478.359
6	585471.184	8554111.67	2478.564
7	585480.341	8554087.39	2478.461
8	585480.835	8554098.06	2478.288
9	585477.657	8554100.41	2478.257
10	585469.632	8554089.89	2476.83
11	585484.271	8554104.01	2478.718
12	585467.741	8554100.27	2478.027
13	585468.709	8554105.45	2478.169
14	585478.731	8554109.86	2480.006
15	585467.989	8554112.18	2478.358
16	585477.815	8554112.36	2478.573
17	585466.752	8554119.07	2478.319
18	585472.537	8554117.46	2478.494
19	585476.379	8554116.34	2478.639
20	585471.372	8554125.81	2478.46
21	585481.497	8554139.65	2479.231
22	585485.114	8554144.2	2479.517
23	585468.116	8554129.62	2478.429
24	585488.012	8554149.36	2479.821
25	585467.797	8554136.54	2478.563
26	585490.874	8554154.95	2480.14
27	585493.555	8554161.35	2480.624
28	585465.773	8554144.66	2479.003
29	585472.45	8554146.55	2479.259
30	585479.926	8554155.43	2479.71
31	585473.062	8554152.34	2479.558
32	585474.058	8554159.97	2479.791

33	585468.051	8554158.69	2479.698
34	585470.674	8554165.91	2480.038
35	585464.397	8554165.1	2480.08
36	585466.366	8554169.83	2480.258
37	585458.409	8554159.22	2479.616
38	585459.138	8554152.94	2479.205
39	585458.888	8554139.51	2478.512
40	585459.742	8554135.43	2478.383
41	585447.527	8554157.97	2479.256
42	585461.223	8554127.91	2478.195
43	585445.788	8554144.13	2478.308
44	585447.259	8554113.22	2477.837
45	585443.455	8554134.37	2478.14
46	585442.528	8554104.97	2477.504
47	585440.036	8554127.84	2478.042
48	585436.343	8554098.42	2477.277
49	585435.725	8554114.35	2477.69
50	585429.486	8554092.7	2476.858
51	585431.097	8554104.25	2477.44
52	585445.918	8554091.46	2477.646
53	585425.751	8554086.12	2475.52
54	585445.992	8554088.44	2476.236
55	585450.697	8554097.08	2477.751
56	585419.437	8554087.12	2475.441
57	585454.039	8554106.1	2477.892
58	585418.36	8554093.87	2475.659
59	585456.985	8554117.92	2478.126
60	585421.747	8554100.03	2477.052
61	585424.851	8554107.58	2477.319
62	585425.947	8554115.83	2477.495
63	585413.751	8554092.53	2475.631
64	585425.329	8554124.62	2477.645
65	585414.186	8554095.62	2475.779
66	585427.541	8554132.55	2477.797
67	585414.154	8554095.63	2475.815
68	585414.018	8554098.13	2476.501
69	585413.943	8554105.65	2477.043
70	585414.712	8554114.58	2477.285
71	585414.745	8554123.48	2477.519
72	585462.535	8554099.69	2477.929
73	585431.151	8554149.13	2478.458

74	585427.53	8554153.91	2478.065
75	585423.951	8554144.29	2477.909
76	585418.87	8554137.2	2477.785
77	585413.866	8554131.71	2477.795
78	585413.792	8554143.03	2477.823
79	585405.036	8554152.4	2478.761
80	585413.068	8554151.97	2478.414
81	585399.279	8554142.48	2477.811
82	585411.057	8554154.86	2478.631
83	585396.668	8554135.67	2477.518
84	585394.726	8554126.17	2477.44
85	585393.448	8554117.97	2477.112
86	585386.526	8554152.93	2478.713
87	585396.318	8554107.89	2476.894
88	585394.99	8554105.74	2476.855
89	585386.234	8554146.11	2477.879
90	585396.646	8554098.15	2476.62
91	585387.525	8554137.37	2477.67
92	585394.618	8554090.97	2475.602
93	585386.381	8554124.36	2477.419
94	585385.383	8554116.89	2476.981
95	585394.693	8554083.37	2475.396
96	585384.878	8554110.77	2477.001
97	585382.765	8554101.06	2476.445
98	585382.531	8554098.2	2476.355
99	585379.36	8554096.29	2476.078
100	585380.512	8554117.05	2476.55
101	585405.383	8554098.66	2476.431
102	585409.344	8554094.05	2475.543

### **Procesamiento de datos de la Estación Total y Dibujo de Plano**

Para el dibujo del reservorio se tomaron los datos de la estación total y del dron por separado, vale decir que se hicieron dos planos:

Plano 1 con datos de la estación total.

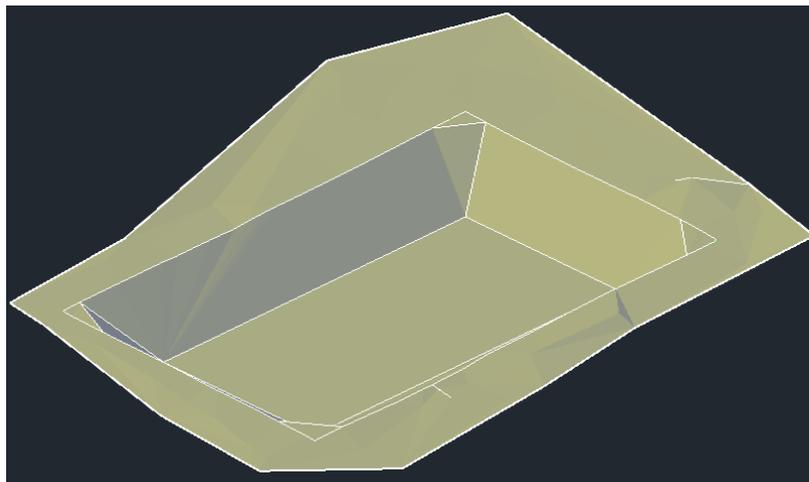
Plano 2 con datos del dron.

(Ver anexo: planos 04 y 05.)

Para ambos planos se tuvo como datos para el reservorio, las mismas coordenadas de ubicación, con las mismas dimensiones y elevaciones tal como se muestra en el cuadro 3.4.

**Cuadro 3.4. Coordenadas para Diseño de Reservorio**

ID	ESTE (m)	NORTE (m)	COTAS (m)
1	585390.687	8554146.771	2477.500
2	585470.687	8554146.771	2477.500
3	585470.687	8554096.771	2477.500
4	585390.687	8554096.771	2477.500
5	585400.687	8554136.771	2467.500
6	585460.687	8554136.771	2467.500
7	585460.687	8554106.771	2467.500
8	585400.687	8554106.771	2467.500



**Figura 3.11. Modelo del reservorio**

### **3.2 COLOCACIÓN Y UBICACIÓN DE PUNTOS GEODÉSICOS**

Para cumplir uno de los objetivos específicos, tenemos la monumentación de los tres hitos georeferenciados con GPS diferencial de doble frecuencia (L1 y L2), validados con el Instituto Geográfico Nacional del

Perú (IGN), estos puntos de control servirán para replantear y ubicar cualquier punto que se encuentre dentro del centro experimental de Wayllapampa, así mismo se podrá uniformizar y ordenar los trabajos que se puedan realizar dentro de esta área y alrededores.

Al procesar los datos de GPS diferencial, de los tres puntos de control, se obtuvieron las siguientes coordenadas tal como se muestran en el cuadro 3.5 y 3.6.

**Cuadro 3.5. Coordenadas UTM WGS 84**

ID	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Factor de escala combinada
AY01	583813.369	8545117.050	2762.668	0.9992482743
T-01	585315.136	8553859.712	2538.828	0.9992864652
T-02	585256.249	8554285.726	2531.550	0.9992874798
T-03	585711.491	8554124.254	2518.308	0.9992905115

**Cuadro 3.6. Coordenadas geográficas**

ID	Latitud (Global)	Longitud (Global)	Altura (Global)	Factor de escala combinada
AY01	S13°09'33.54353"	W74°13'35.88148"	2800.190	0.9992482743
T-01	S13°04'48.81493"	W74°12'46.90438"	2576.338	0.9992864652
T-02	S13°04'34.95390"	W74°12'48.90368"	2569.065	0.9992874798
T-03	S13°04'40.16376"	W74°12'33.77079"	2555.850	0.9992905115



**Figura 3.12. Punto de Control T-01**



**Figura 3.13. Punto de Control T-02**



**Figura 3.14. Punto de control T-03**

### **3.3 Comparativo Entre Drone y Estación Total**

Al realizar el comparativo del levantamiento con la Estación Total y el drone se ve mucha diferencia en muchos aspectos.

- El tiempo de levantamiento con la estación total se realizó con 4 personas, durante 2 horas, para levantar 5000 metros cuadrados.
- Los detalles no son bien definidos.
- El tiempo en campo es más prolongado.
- Se obtienen pocos puntos.

Así mismo se pudo conocer las bondades que tiene el uso del drone, para realizar levantamientos topográficos, donde se puede notar la claridad, precisión, y facilidad de reconocer los detalles, además se puede manipular la resolución según los fines de los trabajos, los vuelos se pueden realizar a alturas inferiores a los vuelos convencionales.

El uso del drone a diferencia de los vuelos convencionales tiene una disponibilidad inmediata y no solo en cuanto a precio sino también en la posibilidad de realizar el trabajo en el mismo momento en el que se plantea, reduciéndose los plazos de ejecución de vuelos.

Este tipo de levantamiento nos permite que nuestro trabajo sea flexible a diferencia de los vuelos convencionales, podemos realizar para un mismo proyecto varios vuelos en diferentes zonas que se encuentran separadas y también nos da la facilidad de controlar las escalas.

Además los procesamientos son más fáciles y disponibles en cualquier ambiente, pues no se necesita equipos especiales para restitución fotogramétrica.

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 CONCLUSIONES**

1. El levantamiento topográfico haciendo el uso de Drone (UAV), permitió obtener detalles bien definidos en calidad y precisión, de fácil reconocimiento de los vértices y linderos, con poco personal y sin poner en riesgo alguno a los ayudantes, además se obtiene mayor información (millones de puntos), que fácilmente se puede interpretar en gabinete sin necesidad de volver al campo para su verificación.

La utilización de la Estación Total obliga al requerimiento de mayor cantidad de personal y tiempo, además pone en riesgo a los ayudantes en partes inaccesibles y se obtiene pocos detalles con una menor cantidad de puntos.

Con la ejecución del presente trabajo de levantamiento topográfico se quiere dar como una alternativa a la demarcación final del Centro Experimental Wayllapampa. Además los ortomosaicos ayudan a identificar con facilidad los vértices, relieves y linderos.

2. Al realizar el comparativo entre un levantamiento topográfico de un drone y una estación total, se pudo apreciar que hay diferencias altamente significativas en cuanto a tiempo, costo y detalles.

Con el drone se realizó el levantamiento fotogramétrico de 600 hectáreas durante dos días, se pudo realizar en un solo día pero por algunos inconvenientes con el drone no se alcanzó terminar en el tiempo planificado. El costo por hectárea con el drone cuesta 25 soles (incluye el procesamiento y dibujo de planos), donde se obtuvo millones de puntos (aproximadamente 32 millones). A esto debemos incluir los gastos por monumentación de puntos geodésicos que cada una tiene un costo de 700 soles, donde incluye personal y materiales.

Con la estación total el levantamiento topográfico tiene un costo de 50 soles por hectárea, pero para fines comparativos se hizo el levantamiento de 0.5 hectáreas del terreno proyectado para la construcción del reservorio, donde para levantar 102 puntos se tardó 2 horas, esto resumiendo en un cuadro, se tendría los siguientes:

**Cuadro 4.1 Costo y tiempo de levantamiento topográfico con Drone**

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON EL DRONE (UAV)					
ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	TOTAL	TIEMPO EN DIAS
Levantamiento topográfico	ha	600	25	S/. 15,000.00	2
Colocación de puntos geodésicos	unidad	3	700	S/. 2,100.00	1
<b>TOTAL</b>				<b>S/.17,100.00</b>	<b>2 días</b>

**Cuadro 4.2 Costo y tiempo de levantamiento topográfico con Estación Total**

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACION TOTAL					
ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	TOTAL	TIEMPO EN DIAS
Levantamiento topográfico	ha	600	50	S/. 30,000.00	60
Colocación de puntos geodésicos	unidad	3	700	S/. 2,100.00	1
<b>TOTAL</b>				<b>S/. 32,100.00</b>	<b>30 días</b>

NOTA: Teniendo en cuenta que se puede realizar un levantamiento topográfico de 20 hectáreas por día.

En el siguiente cuadro se resalta las ventajas que se obtuvieron con el uso del drone:

**Cuadro 4.3 Cuadro comparativo entre un Drone y Estación Total**

CON DRONE (UAV)	CON ESTACION TOTAL
Proporcionan grandes rendimientos	Los rendimientos son limitados
Se requiere poco personal	Se requiere mayor personal
En un metro cuadrado se obtiene miles de puntos	En un metro cuadrado se obtienen pocos puntos ( $\pm 5$ puntos)
La ejecución de medidas posteriores se hacen sin llegar al terreno	Es necesario regresar al terreno para medidas posteriores
Cualquier medición y análisis de terreno se puede realizar en gabinete	Medidas y análisis adicionales se tiene que realizar en el campo.

3. Sin la monumentación de los puntos Geodésicos, la precisión del trabajo no serían los esperados, estos puntos hacen que nuestro trabajo esté posicionado en el espacio y en sus tres dimensiones. Los puntos geodésicos son validados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). Estos puntos ayudarán a replantear en cualquier momento para la ubicación de los vértices o cualquier trabajo que se quiera realizar dentro del Centro Experimental.

## 4.2 RECOMENDACIONES

1. Para levantamientos de catastro es más factible, económico y un trabajo de calidad el uso de drones, por lo que se debería implementar el uso de estos equipos por la facilidad en su disponibilidad y por la recolección de detalles bien definidas.
2. La distribución de las marcas debe realizarlo un personal capacitado, ya que es uno de los factores determinantes para llegar a las precisiones esperados a la hora de realizar el procesamiento de datos.
3. Se debe ubicar los puntos geodésicos en lugares donde no tengan proyectado realizar trabajos de cualquier índole por lo menos durante los próximos 10 años, estos puntos deben situarse en puntos estratégicos donde se visualicen entre sí por lo menos 2 puntos.
4. Para obtener mayor precisión en la toma de datos de las marcas, el GPS diferencial debe captar como mínimo 4 satélites.
5. Con los Drones, se debe tener mucho cuidado con el tiempo de vuelo programado, ya que puede haber inconveniente en la transmisión de la telemetría (entre dron y la computadora), por lo cual debemos reservar un tiempo extra para realizar el retorno del equipo para asegurar un aterrizaje satisfactorio. Si la comunicación fallara es más recomendable abortar el vuelo y reprogramar el vuelo.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. **Cruz, E. 2011.** El Uso del GPS en Restitución Fotogramétrica y de las Poligonales de Referencias en el Proyecto de Carreteras. Tesis Ingeniero Topógrafo y Geodesta UNAM, México. 7-9 P
2. **Cruz E. 2008.** Estación Total Aplicada al Levantamiento Topográfico de una Comunidad Rural. Tesis Ingeniero Civil, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura U.P. Zacatenco, México. 7-10 P.
3. **Decreto Supremo N° 032-2008-vivienda**, DL N°1089, Organismo de Formalización de la propiedad informal Poder Ejecutivo [14 diciembre 2008].
4. **Enriquez, C. 2006.** Integración de los sistemas de Información Geográfica y del Sistema de Posicionamiento Global. En el XII Congreso Nacional de Tecnología de la Información Gráfica Granada-España: Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Jaén. 6-50 P
5. **Farjas, M. (s/f)**, Aplicaciones Topográficas del GPS Levantamientos Topográficos; España. 8-17 P, fecha de acceso el 11 de noviembre del 2014. Disponible en:  
  
[http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria\\_GPS\\_Tema\\_12.pdf](http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria_GPS_Tema_12.pdf)
6. **García DA. 2008.** Sistemas GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM), Tesis Titulo], Madrid – España.
7. **Ley N° 28294 Resolución SG N° 052-2009-Cofopri/SIG**, (2009), Manual de Levantamiento Catastral Rural.

8. **Núñez, WA. 2000.** Metodología de Ejecución en el Levantamiento Catastral y Saneamiento Físico Legal de Predios Rurales en la Provincia de Huanta – Dpto. Ayacucho. Tesis Ingeniero Agrónomo UNSCH. 4-28 P
9. **Ortiz, E. 2010.** Monografía Sobre Catastro Urbano. Venezuela  
Disponible en:  
<http://www.monografias.com/trabajos92/catastro-y-funciones/catastro-y-funciones.shtml>.
10. **OTERO, I; Ezquerro, A; Rodriguez, R; Martín, L; Bachiller, I.** (s/f) Fotogrametría. España. Acceso el 06 de mayo del 2015.  
Disponible en:  
[http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-cartografia-y-geodesia/contenidos/TEMA\\_11\\_FOTOGAMETRIA\\_Y\\_TELEDETECCION/Fotogrametria/fotogrametria\\_cap\\_libro.pdf](http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-cartografia-y-geodesia/contenidos/TEMA_11_FOTOGAMETRIA_Y_TELEDETECCION/Fotogrametria/fotogrametria_cap_libro.pdf)
11. **Organismo de Formalización de la propiedad informal** Abril – 2006  
Etapa de Calificación en los Procedimientos de Titulación y Formalización de Predios Rústicos.
12. **Resolucion Jefatural N° 139 – 2015/IGN/UCCN** Perú 2015 [28 diciembre 2015], Normas técnicas de geodesia 2015, Instituto Geográfico Nacional (IGN).
13. **Salcedo Carbajal, J.** (2007), Conceptos Básicos para la Correcta Utilización de los Datos Cartográficos. Ingeniero Mg. Geógrafo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) Lima, [Diapositivas].16, 21, 23-27 P. 43 Diapositivas.

# ANEXOS

## PANEL FOTOGRÁFICO



**Foto 1. Drone ebee plus de sensefly antes de iniciar el vuelo**



**Foto 2. Con los miembros del jurado en la zona de levantamiento**



**Foto 3. Lectura de coordenadas en las marcas**



**Foto 4. Lectura de coordenadas en las marcas  
(esquina de la estación meteorológica)**



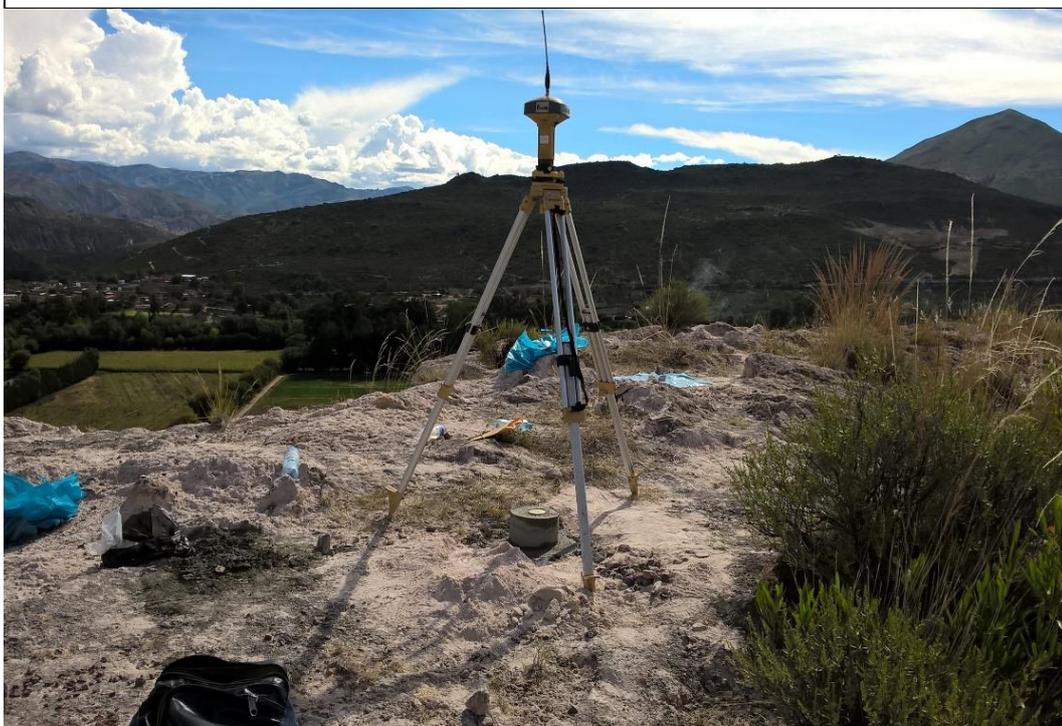
**Foto 5. Preparando el drone para el 1º vuelo**



**Foto 6. Preparando el drone para el 2º vuelo**



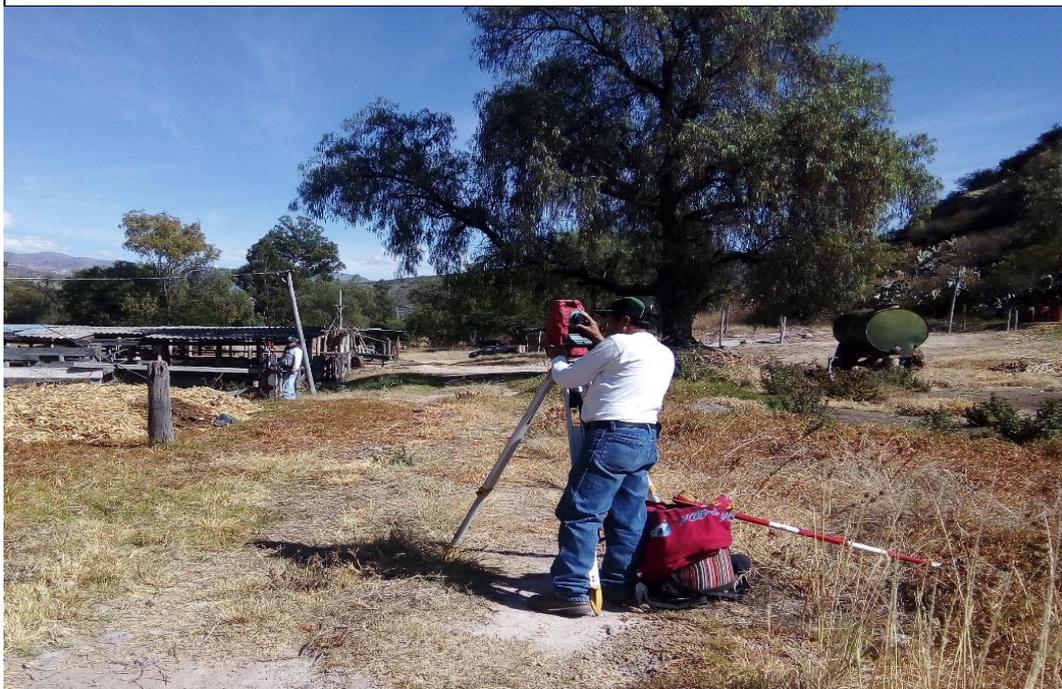
**Foto 7. Instalación del GPS diferencial en el punto t-03**



**Foto 8. GPS diferencial instalado en el punto t-02**



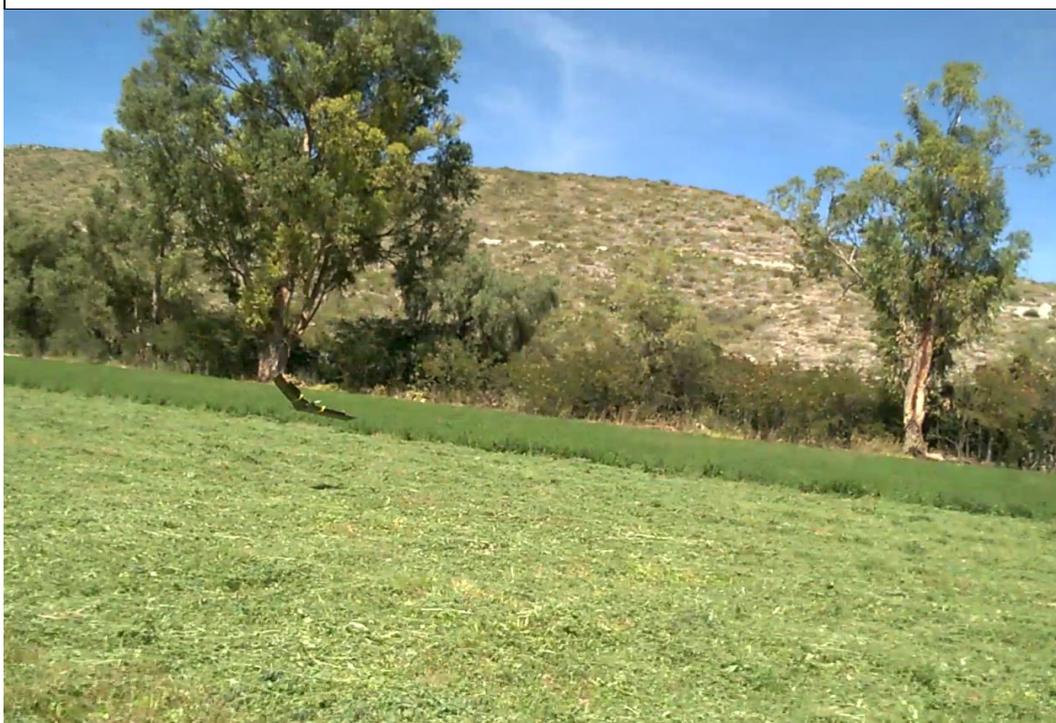
**Foto 9. Levantamiento topográfico con estación total para reservorio**



**Foto 10. Levantamiento topográfico con estación total para reservorio**



**Foto 11. El drone ebee en pleno vuelo**



**Foto 12. Aterrizaje del drone**

MEMORIA DESCRIPTIVA DEL  
LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO Y  
GPS DIFERENCIAL



# **MEMORIA DESCRIPTIVA DE LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO**

**Distrito de Pacaycasa, Provincia de Huamanga,  
Departamento de Ayacucho.**

**ELABORADO: Ing. CIP. JULIO GUTIERREZ VIERA  
IDES - PERU S.A.C.**

**Lima, mayo 2017**

## **APLICACIONES TOPOGRÁFICAS DE LOS DRONES**

### **RESUMEN**

En la actualidad la tecnología de drones está transformando muchos campos en los que la fotografía aérea es una alternativa para medición y procesamiento, en este caso mucho más económico en tiempo y costo para obtener información topográfica, mediante imágenes y aplicando técnicas fotogramétricas. Midiendo puntos de apoyo y procesando las imágenes aéreas con un software específico como por ejemplo AGISOFT software de procesamiento de datos de imagen **UAS** se pueden crear modelos digitales de elevación, mosaicos orto rectificadas y georreferenciadas además de nubes de puntos de alta resolución, modelos en 3D con precisión centimétrica que permiten el cálculo de curvas de nivel, medición de áreas y volúmenes y diversos productos que muestran la apariencia real del terreno.

La utilización de drones permite, además, realizar tareas a baja altura, grabando en tiempo real y facilitando el relevamiento de zonas peligrosas o de difícil acceso y superar obstáculos diversos, de forma automatizada y sin poner en riesgo la seguridad personal. En la actualidad existen con una gran variedad de formas, tamaños y características en función del uso al que estén destinados.

### **OBJETIVO**

Este trabajo tiene como objetivo principal el levantamiento fotogramétrico del predio con curvas de nivel al metro y para el inicio del trabajo se tiene que marcar puntos de apoyo terrestre para el levantamiento fotogramétrico con **EBBE PLUS**, en el centro experimental huayllapampa de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga ubicado en el distrito de Pacaycasa, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

Para que el vuelo sea directamente relacionable con el terreno, es decir, pueda ser georreferenciado, son precisos unos puntos de control cuya posición será conocida en sus tres posiciones X, Y, Z.

Es imprescindible elegir como puntos de referencia aquellos que sean claramente identificables en la fotografía, utilizando para ello cruces de caminos o lindes u otros elementos de clara identificación en este caso se dejó marcas con plástico color azul en el terreno.

Debido a que este proyecto concreto está realizado en una zona de plantas, en la que es más difícil identificar puntos claramente, previamente al vuelo situaremos unas marcas de un tamaño superior (0.8m), de forma que se puedan ver claramente en las fotografías.

Una vez situadas en el terreno, se debe dar posición absoluta a las mismas. Para ello se utilizará como base un punto geodésico de orden **C** y el método de medición con GPS en modo RTK, el cual nos proporciona una precisión en cuanto a la posición por debajo del centímetro.

## 1. INTRODUCCIÓN.

El drone, es un equipo de navegación autónomo que posee características técnicas particulares para realizar trabajos de todo tipo, se pueden utilizar tanto en el exterior como en el interior de algunos espacios, se le pueden incorporar como carga útil diferentes tipos de sensores ópticos: cámaras de video, cámaras fotográficas de espectro visible, infrarrojo, etc., e incluso otro tipo de sensores. Puede desarrollar diferentes alturas de vuelo (desde 1 m. hasta 500 m.) en vuelos totalmente automáticos programados y controlados de modo remoto o de forma manual mediante un mando de radiocontrol.

En segunda instancia se procede al procesamiento de las imágenes obtenidas con software apropiado como **AGISOFT**, que permiten obtener productos cartográficos tales como: Restituciones para Cartografía digital o impresa, Modelo Digital de Elevaciones (MDE), Ortofotos, y Modelos foto realísticos.

## 2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

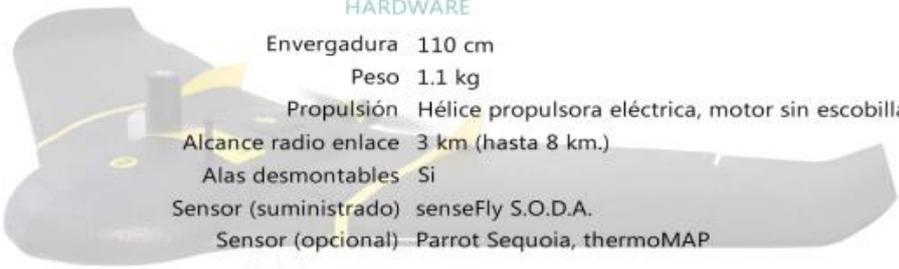
**DRONE EBBE PLUS.** Se trata de un vehículo aéreo no tripulado, que puede funcionar tanto de forma manual como de forma autónoma y que ha sido diseñado para realizar trabajos de distinta naturaleza, desde trabajos de documentación y exploración hasta trabajos de topografía y fotogrametría como es el caso que nos ocupa.

The logo for eBee, featuring a stylized black bee head with a white plus sign inside its eye, positioned above the word "eBee" in a bold, black, sans-serif font.



# Especificaciones técnicas

## HARDWARE



Envergadura	110 cm
Peso	1.1 kg
Propulsión	Hélice propulsora eléctrica, motor sin escobillas
Alcance radio enlace	3 km (hasta 8 km.)
Alas desmontables	Si
Sensor (suministrado)	senseFly S.O.D.A.
Sensor (opcional)	Parrot Sequoia, thermoMAP

## SOFTWARE

Planificación y control de vuelo (suministrado)	eMotion 3
Procesamiento de imágenes (opcional)	Pix4Dmapper Pro

## FUNCIONAMIENTO

Planificación de vuelo 3D	Si
Velocidad de crucero nominal	40-90 km/h
Resistencia al viento	Hasta 45 km/hora
Autonomía de vuelo	59 minutos
Precisión de aterrizaje automático	Aterrizaje lineal 5 m. aprox.
Puntos de control (GCP)	No (RTK/PPK activado) / Opcional
Lanzamiento	Manual (no requiere catapulta)

## DATOS OBTENIDOS

Cobertura a 120 m. de altura	220 ha (en un solo vuelo)
Cobertura máxima	4000 has
GSD a 120 m. de altura	2,8 cm/pix
Precisión absoluta X,Y,Z (RTK/PPK activado / GCPs)	Hasta 3 cm/5 cm
Precisión absoluta X,Y,Z (no RTK/PPK, no GCPs)	3-5 m.

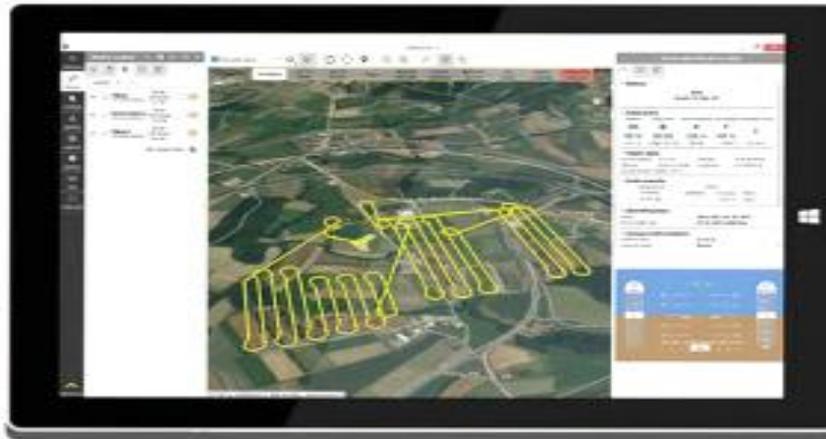
## senseFly S.O.D.A.



Tipo de sensor	RGB (20 megapixel)
Tamaño de sensor	1" (Formato óptico)
Tamaño de píxel	2,33 µm
Disparador	Global
Resolución del terreno (120 m. AGL)	2,9 cm/px
Protector contra golpes y polvo	Si

### 3. PLAN DE VUELO.

El plan de vuelo se realizó con software EMOTION 3, cada misión y sus valores asociados se guardan en la memoria del piloto automático para la realización del vuelo y para su posterior utilización en posproceso. Fotogrametristas Profesionales que trabajan con datos de UAS (de cualquier tipo).



## eMotion 3

### Software de planificación y control de vuelo

eMotion 3 es el software de gestión de vuelo y manejo de datos de drones senseFly. Incluye: planificación de la misión de vuelo por bloques, multi-misiones de vuelo eficientes, un entorno de control en 3D, capacidad de configurar múltiples sensores, conectividad con la nube y más ...

#### 4. APOYO TOPOGRÁFICO (GEODESIA).

##### **RECURSO HUMANO**

Para los trabajos de campo se contó con la participación de personal con experiencia en trabajos de Geodesia y fotogrametría.

##### **Brigada de Campo y Gabinete**

- Una Brigada de geodesia, consta de un operador de GPS diferencial TOPCON GR5.
- Un técnico especializado en procesar la información de campo, colección de equipo digital y planos computarizados.

##### **RECURSOS MATERIALES**

Para la ejecución del trabajo de campo se emplearon los siguientes equipos:

##### ***EQUIPO DE CAMPO***

- Un (02) GPS diferencial, marca TOPCON GR5.

- Un (01) DRONE, marca EBEE PLUS.
- Un (01) trípodes de aluminio.
- Un (01) Jalon telescopico.
- Una (01) wincha de 5m.
- Una (01) cámara digital Fuji Film S1000.

### **EQUIPO DE OFICINA**

### **SOFTWARE USADO**

- TRIMBLE UAS software de fotogrametría.
- Agisoft PhotoScan.

### **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

El desarrollo de las actividades conducentes al logro de los objetivos del presente proyecto se realizó siguiendo los pasos que a continuación se indican:

#### **FASE PRELIMINAR DE GABINETE:**

Esta etapa corresponde a los procedimientos de obtención del material cartográfico a utilizar; evaluación y selección de la información cartográfica de las bases de datos existentes. Para el estudio se emplearon:

- Datos cartográficos digitales.
- Datos de Imágenes satelitales.

Además, se realizó la programación del trabajo de campo y tratamiento sistematizado de la información.

#### **FASE DE CAMPO:**

Para el desarrollo de las actividades mencionadas se empleó el método de posicionamiento diferencial estático. Este método consiste en el rastreo simultáneo y para ello es indispensable posicionar un (01) receptor GPS en una base cuyas coordenadas ya fueron establecidas, a esta estación se le denominará "Estación Base" (Master) en este caso la del "IGN" AY01 y 01 receptor GPS (al que se le denomina Rover), el cual se ubicará en el punto previamente establecido. El tiempo de rastreo está en función a la distancia del terreno entre la base y el rover, con la finalidad de conseguir el enlace óptimo de la información que registran los receptores master y rover de los datos emitidos por los satélites en este caso de la constelación NAVSTAR de GPS, teniendo como consideraciones técnicas, 4 satélites como mínimo, máscara de elevación 10°, intervalo de registro 5" y verificación del PDOP. Finalmente, los datos registrados se procesan en gabinete, para ello se empleó el TRIMBLE BUSINESS CENTER, que tiene dos módulos para el manejo de los datos tomados por los receptores en campo.

### **TRATAMIENTO DE DATOS:**

Terminados los trabajos de campo la información almacenada en los receptores GPS es transferida a una computadora en formato nativo de los equipos TRIMBLE R6, en este procedimiento también se configuran los valores de alturas de antena tomadas en campo de forma vertical a alturas definidas al centro de fase según el modelo TOPCON. Los archivos en formato RINEX se importan al software TRIMBLE BUSINESS CENTER, se verificó la información de campo, los códigos de los puntos, lapsos de tiempo y se define la medición de antena al centro de fase que permite el empleo de diversos tipos de antena. Para el Post-proceso de las líneas base se configuro el proyecto con las características siguientes: Datum WGS 84, zona 18, modelo Geoidal EGM96, se emplearon efemérides precisas en el post-proceso de los vectores formados con las sesiones simultáneas.

### **EXPEDIENTE TÉCNICO**

A continuación, se describen los resultados generales del establecimiento del punto geodésico.

### **OBJETIVOS DEL TRABAJO**

*El trabajo realizado tiene por finalidad:*

- a) La ubicación de los puntos geodésicos con gran precisión, que sirvan como base para realizar trabajos de campo geo referenciados.
- b) Que los puntos geodésicos se encuentren adecuadamente distribuidos en el área de trabajo.
- c) Los procedimientos de campo deben ser los requeridos para el establecimiento de puntos de Orden C.
- d) Los cálculos de las coordenadas de los puntos se realizan mediante el ajuste de líneas base.

### **DESARROLLO DEL TRABAJO EN CAMPO**

#### **GEODESIA:**

Para comenzar el establecimiento de los puntos geodésicos se tomó como base la estación de rastreo permanente del IGN (HUAMANGA AY01 de orden 0).

#### **COORDENADA UTM DEL PUNTO IGN:**

<b>NÚMERO</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>ELEVACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>AY01 (IGN)</b>	8545117.050	583813.369	2762.668	IGN

Los tres puntos geodésicos ubicados en el área de trabajo se establecieron marcas (varilla de fierro y discos) incrustado en base de concreto, se procedió al posicionamiento de los equipos geodésicos método diferencial estático donde se establecerá su posición.

## DESARROLLO DEL TRABAJO EN GABINETE

### GEODESIA:

Obtenida la información de campo con los equipos geodésicos, se procedió a la revisión de los puntos obtenidos para su posterior procesamiento, generando la ubicación de los mismos.

Con toda la información trabajada y de acuerdo a las necesidades y exigencias del proyecto se han generado:

- a) Datos de registro del establecimiento de los puntos geodésicos.
- b) Plano de ubicación de los puntos geodésicos.
- c) Resultados de los puntos geodésicos.
- d) Descripción monográfica de los puntos geodésicos.

### RESULTADOS DE LOS PUNTOS GEODÉSICOS

#### COORDENADAS UTM ZONA 18S WGS-84

ID	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Factor de escala combinada
AY01	583813.369	8545117.050	2762.668	0.9992482743
T-01	585315.136	8553859.712	2538.828	0.9992864652
T-02	585256.249	8554285.726	2531.550	0.9992874798
T-03	585711.491	8554124.254	2518.308	0.9992905115

ID	Latitud (Global)	Longitud (Global)	Altura (Global)	Factor de escala combinada
AY01	S13°09'33.54353"	W74°13'35.88148"	2800.190	0.9992482743
T-01	S13°04'48.81493"	W74°12'46.90438"	2576.338	0.9992864652
T-02	S13°04'34.95390"	W74°12'48.90368"	2569.065	0.9992874798
T-03	S13°04'40.16376"	W74°12'33.77079"	2555.850	0.9992905115

### PUNTOS DE FOTO CONTROL TERRESTRE CON GPS DIFERENCIAL TOPCON G5 – RTK

Para la obtención del levantamiento de detalle, la metodología de observación con GPS en tiempo real, es un método rápido, cómodo y capaz de dar la precisión requerida para el trabajo.

El método de trabajo con GPS en tiempo real se compone de un GPS fijo de referencia y un GPS en movimiento. El receptor fijo lo situamos sobre un punto de

la red básica, de coordenadas conocidas calculadas en la fase anterior en el sistema de referencia local. Este vértice se denomina como *vértice de referencia*.

La metodología en tiempo real se basa en el cálculo de ambigüedades en el mismo instante de la toma de datos. Tras poner en funcionamiento el receptor de referencia se ha de esperar a que éste resuelva las ambigüedades antes de proceder a la obtención de datos de los puntos del levantamiento.

Si el número de satélites sobre el horizonte y su geometría es válido, el receptor de referencia fija ambigüedades en pocos minutos. Una vez realizada esta operación el cálculo de coordenadas de los demás puntos será instantáneo.

La comunicación entre el receptor de referencia y los receptores móviles, es posible gracias al sistema de telecomunicaciones utilizado para la transmisión, con un alcance de 6 Km entre ambos receptores. Para evitar problemas de comunicación entre receptores puede elevarse la antena del receptor de referencia lo máximo posible.

El procedimiento para efectuar el levantamiento de detalle con equipos GPS en tiempo real requiere el mismo equipo que para posicionamientos diferenciales, además de sistemas de transmisión de telecomunicaciones.

Las coordenadas de los puntos, se obtienen en el sistema de referencia WGS84. La metodología RTK permite asociar una proyección y un sistema de referencia distinto, podemos obtener las coordenadas de los puntos directamente en la proyección UTM. También podrían obtenerse en cualquier otro sistema de referencia local con respecto al cual se haya realizado la georeferenciación (transformación de sistema de referencia).

Las precisiones obtenidas en las coordenadas del levantamiento dependerán de varios factores (precisión de las coordenadas de la red, precisión de los equipos utilizados, errores accidentales cometidos, etc.). De esta forma, la precisión de los puntos del levantamiento puede llegar a ser del orden de 1-2 cm.

El levantamiento se lleva a cabo por dos operarios con dos receptores, uno de referencia y otro móvil. Uno de los operadores se encarga de la toma de puntos con el receptor móvil, mientras que el otro operario va realizando los croquis de la zona, así como anotando el número de punto y su correspondiente descripción, quedando así definido cualquier tipo de elemento a representar. El receptor fijo sólo necesita vigilancia y control de la batería.

Para el apoyo topográfico se colocan referencias o señales en toda la superficie a fotografiar para la obtención de los puntos de apoyo con coordenadas G.P.S. Estos puntos servirán para transformar el modelo fotogramétrico en modelo del terreno.

Las precisiones de los puntos de apoyo están acordes con la escala del producto. Además de obtener la posición de los puntos sobre el terreno, estos también deben identificarse claramente en las fotografías, para poder establecer una correcta correlación.



Características	GPS Diferencial GR5 Topcon
<b>■ SEGUIMIENTO GNSS</b>	
Tecnología GNSS	GPS, GLONASS, Galileo*, BeiDou*, SBAS y QZSS L1, L1C*, L2, L2C, L5* L1, L2 E1, E5a, E5b, AltBOC B1, B2 L1 C/A WAAS/ MSAS/EGNOS L1 C/A, L1C*, L2C
Número de canales	Vanguard Technology™ de 226 canales con canales de seguimiento universal
Tipo de antena	Fence Antenna™ integrada* con Ground Plane
<b>■ PRECISIÓN (RMS)**</b>	
RTK	H: 5 mm + 0,5 ppm V: 10 mm + 0,8 ppm
Estática <sup>2</sup>	H: 3,0 mm + 0,1 ppm V: 3,5 mm + 0,4 ppm
<b>■ COMUNICACIONES</b>	
Tipo de radio opcional	UHF/FH915 integrado
Salida de radio base	1,0 W, seleccionable por el usuario
Celular opcional	CDMA/HSPA integrada
Comunicaciones de E/S	Clase 2 Bluetooth® USB y Serie
<b>■ DATOS Y MEMORIA</b>	
Memoria	Tarjeta SD/SDHC extraíble
Actualización de datos / Tasa de salida	1 Hz - 50 Hz seleccionable
Salida de datos en tiempo real	TPS, RTCM 2.x, 3.x, CMR, CMR+
Salida ASCII	NMEA 0183 versión 2.x y 3.0
<b>■ DATOS AMBIENTALES</b>	
Protección contra el agua/polvo	IP66
Recinto	Carcasa de magnesio de viga en forma de I con protección contra la entrada de polvo y agua
Temperatura de funcionamiento	De -40 °C a 70 °C <sup>3</sup>
Protección antichoque	Caída de poste de 2 m a hormigón IEC 60068-2-29, IEC 60068-2-27
Protección antivibración	Cumplimiento de la norma MIL-STD 810F - 514.5 - Cat.24

## 5. TOMA FOTOGRÁFICA

Las imágenes se obtienen según el plan de vuelo planificado, entonces se registra una imagen en cada punto waypoint programado. Mientras esto ocurre se puede visualizar en tiempo real toda la información de telemetría, estado del dispositivo y posición del mismo así como también se puede hacer un

seguimiento en tiempo real del dron e a través de la cámara de video que lleva a bordo.

Las imágenes se guardan en la memoria de almacenamiento de la cámara y tras finalizar el vuelo se realizará en gabinete la descarga de datos de telemetría de vuelo e imágenes para el posterior procesamiento de dicha información asociando los datos de vuelo al momento de toma de cada imagen.



## 6. RESULTADOS

### 6.1 Procesado y cálculo

Una vez tomadas las fotografías con sus parámetros asociados que aparecen en la telemetría descargada y que será utilizada para corregir la perspectiva de cada imagen y obtenidas las coordenadas de los puntos de apoyo, se realiza el cálculo de los parámetros de orientación externa de cada una de las fotografías.

Los datos asociados a cada imagen son: Coordenadas GPS (Latitud y Longitud). Actitud del dron (yaw, pitch y roll, la rotación del avión en los tres ejes de navegación).

Altura de vuelo

Distancia Focal de la cámara.

Para este trabajo, el procesamiento de las imágenes se realizó con el software **Agisoft PhotoScan** de datos de imagen **UAS** que es un software destinado a crear modelos 3D de alta calidad a partir de imágenes tomadas desde puntos de vista de cámaras conocidos, basado en la tecnología de reconstrucción 3D Multivisión.

Este software soluciona los parámetros de orientación interna y externa de la cámara y posteriormente, a través de un algoritmo propio, encuentra las ubicaciones de las cámaras aproximadamente y las ajusta utilizando otro algoritmo de ajuste tipo 'haz'. Luego, reconstruye la superficie a través de dos opciones:

- a) Método suave y lento que genera mapas de profundidad para formar la malla del objeto.
- b) Método rápido que utiliza un enfoque de múltiples-vistas para realizar la geometría del objeto.

## **6.2 Productos fotogramétricos**

A partir de este procesamiento se obtuvieron productos fotogramétricos:

Modelos digitales de superficie (MDS): El primer producto que se obtiene es un Modelo Digital de Superficie que contiene toda la información geométrica de la zona de estudio, así como de sus texturas y acabados. Sirve como base para muchos análisis geográficos entre ellos la generación de curvas de nivel o bien a partir de los puntos georreferenciados insertados en el terreno y con el modelo escalado es posible extraer mediciones con una precisión de hasta 2 cm.

Ortomosaico: se realiza una composición de imágenes a la que se le han corregido los errores geométricos para que cada punto en el terreno sea observado desde una perspectiva perpendicular. La imagen resultante tiene una resolución que varía entre los 1 a 20 cm/pixel dependiendo de la altura de vuelo y la escala.

## **7. CONCLUSIONES**

- Para el levantamiento de los puntos de foto control con GPS TOPCON GR5 se geo referencio con tres puntos geodésicos de orden C, ubicado en la zona de estudio.
- Como se ha podido ver en el desarrollo del presente Trabajo, los proyectos fotogramétricos llevados a cabo con EBEE PLUS no difieren en lo esencial de los proyectos realizados con vuelos tripulados convencionales.

En ambos casos el flujo de trabajo es el siguiente:

- Planificación del vuelo.
- Apoyo geodésico.
- Toma fotográfica.
- Procesado y obtención de resultados.

- Sin embargo, existen diferencias que implican tanto ventajas como inconvenientes.  
La diferencia inmediata con los vuelos convencionales es la **DISPONIBILIDAD**, no sólo en cuanto a precio sino también en cuanto a la posibilidad de realizar el trabajo en el mismo momento en el que se plantea, reduciéndose los plazos de ejecución de vuelos.
- También se encuentran diferencias en cuanto a la **RESOLUCIÓN** de los productos que se generan, debido al hecho de que el vuelo con UAVs se realiza a altitudes muy inferiores a los vuelos fotogramétricos convencionales, obteniéndose imágenes con una resolución mucho mayor.
- Las imágenes que se obtienen con un dron tienen una resolución mucho mayor de lo convencional. El hecho de realizar un vuelo a alturas muy inferiores que en los vuelos fotogramétricos convencionales hace que la escala de trabajo sea mucho mayor. Se pueden obtener ortofotografías con un tamaño de píxel entre 1 y 5 cm.
- El sistema de trabajo es muy práctico y permite, a diferencia de los vuelos convencionales, realizar para un mismo proyecto distintos vuelos con inmediatez de resultados.

## **V. ANEXOS**

### DESCRIPCION MONOGRAFICA

<b>CODIGO:</b> T01	<b>LOCALIDAD:</b> Pacaycasa	<b>ESTABLECIDA POR:</b> IDES PERU SAC		
<b>UBICACIÓN:</b> Centro Experimental HUAYLLAPAMPA		<b>CARACTERISTICAS DE LA MARCA:</b> DISCO DE BRONCE		
<b>LATITUD (S) WGS 84:</b> 13°04'48.81493"		<b>LONGITUD (W) WGS84:</b> 74°12'46.90438"		
<b>NORTE WGS 84:</b> 8553859.712 m		<b>ESTE WGS84:</b> 585315.136 m		
<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 2576.338 m	<b>ELEVACIÓN EGM96</b> 2538.828 m	<b>FACTOR DE ESCALA COMBINADA:</b> 09992864652	<b>ZONA UTM:</b> 18	<b>ORDEN:</b> C
				
<b>LOCALIZACION:</b>				
Distrito: Pacaycasa.				
Provincia: Huamanga.				
Departamento: Ayacucho.				
<b>DESCRIPCION:</b>				
El punto se encuentra, al interior del centro experimental Huayllapampa.				
<b>MARCA DE LA ESTACION:</b>				
Es disco de bronce, incrustado en bloque de cemento, y lleva marcado la siguiente descripción: <b>T01</b>				
<b>DESCRITA POR:</b> OSWALDO LOZANO.V	<b>JEFE DE PROYECTO:</b> ING. JULIO GUTIERREZ.V	<b>REVIZADO:</b> ING. JULIO GUTIERREZ.V	<b>FECHA:</b> MAYO-2017	

### DESCRIPCION MONOGRAFICA

<b>CODIGO:</b> T02	<b>LOCALIDAD:</b> Pacaycasa	<b>ESTABLECIDA POR:</b> IDES PERU SAC		
<b>UBICACIÓN:</b> Centro Experimental HUAYLLAPAMPA		<b>CARACTERISTICAS DE LA MARCA:</b> DISCO DE BRONCE		
<b>LATITUD (S) WGS 84:</b> 13°04'34.95390"		<b>LONGITUD (W) WGS84:</b> 74°12'48.90368"		
<b>NORTE WGS 84:</b> 8554285.726 m		<b>ESTE WGS84:</b> 585256.249 m		
<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b>  2569.065 m	<b>ELEVACIÓN EGM96</b>  2531.55 m	<b>FACTOR DE ESCALA COMBINADA:</b> 0.9992874798	<b>ZONA UTM:</b>  18	<b>ORDEN:</b>  C
				
<b>LOCALIZACION:</b>				
Distrito: Pacaycasa.				
Provincia: Huamanga.				
Departamento: Ayacucho.				
<b>DESCRIPCION:</b>				
El punto se encuentra, al interior del centro experimental Huayllapampa.				
<b>MARCA DE LA ESTACION:</b>				
Es disco de bronce, incrustado en bloque de cemento, y lleva marcado la siguiente descripción: <b>T02</b>				
<b>DESCRITA POR:</b>  OSWALDO LOZANO.V	<b>JEFE DE PROYECTO:</b>  ING. JULIO GUTIERREZ.V	<b>REVIZADO:</b>  ING. JULIO GUTIERREZ.V	<b>FECHA:</b>  MAYO-2017	

### DESCRIPCION MONOGRAFICA

<b>CODIGO:</b> T03	<b>LOCALIDAD:</b> Pacaycasa	<b>ESTABLECIDA POR:</b> IDES PERU SAC		
<b>UBICACIÓN:</b> Centro Experimental HUAYLLAPAMPA		<b>CARACTERISTICAS DE LA MARCA:</b> VARILLA DE FIERRO		
<b>LATITUD (S) WGS 84:</b> 13°04'40.16376"		<b>LONGITUD (W) WGS84:</b> 74°12'33.77079"		
<b>NORTE WGS 84:</b> 8554124.254 m		<b>ESTE WGS84:</b> 585711.491 m		
<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b>  2555.850 m	<b>ELEVACIÓN EGM96</b>  2518.308 m	<b>FACTOR DE ESCALA COMBINADA:</b> 0.9992905115	<b>ZONA UTM:</b>  18	<b>ORDEN:</b>  C
				
<p><b>LOCALIZACION:</b>                  Distrito: Pacaycasa.                  Provincia: Huamanga.                  Departamento: Ayacucho.</p> <p><b>DESCRIPCION:</b>                  El punto se encuentra, al interior del centro experimental Huayllapampa.</p> <p><b>MARCA DE LA ESTACION:</b>                  Es varilla de fierro, incrustado en bloque de cemento, y lleva marcado la siguiente descripción: <b>T03</b></p>				
<b>DESCRITA POR:</b>  OSWALDO LOZANO.V	<b>JEFE DE PROYECTO:</b>  ING. JULIO GUTIERREZ.V	<b>REVIZADO:</b>  ING. JULIO GUTIERREZ.V	<b>FECHA:</b>  MAYO-2017	

Informe de procesamiento de líneas base

Detalles de la sesión

**AY01 - T-01 (11:34:27 a.m.-01:40:27 p.m.) (S4)**

**Observación de líneas**

**base:**

[AY01 --- T-01 \(B4\)](#)

**Procesada:** 15/05/2017 04:54:39 p.m.

**Tipo de solución:** Fijo

**Frecuencia de uso:** Frecuencia doble (L1, L2)

**Precisión horizontal:** 0.0066 m

**Precisión vertical:** 0.0185 m

**RMS:** 0.0002 m

**PDOP máximo:** 2.041

**Efeméride utilizada:** Transmisión

**Modelo de antena:** NGS Absolute

**Procesando hora de inicio:** 11/05/2017 11:34:57 a.m. (Local: UTC-5hr)

**Procesando hora de término:** 11/05/2017 01:40:27 p.m. (Local: UTC-5hr)

**Procesando duración:** 02:05:30

**Intervalo de procesamiento:** 5 segundos

Componentes del vector (Marca a Marca)

<b>De:</b>	AY01				
	<b>Cuadrícula</b>		<b>Local</b>		<b>Global</b>
<b>Este</b>	583813.369 m	<b>Latitud</b>	S13°09'33.54353"	<b>Latitud</b>	S13°09'33.54353"
<b>Valor norte</b>	8545117.050 m	<b>Longitud</b>	W74°13'35.88148"	<b>Longitud</b>	W74°13'35.88148"
<b>Elevación</b>	2762.668 m	<b>Altura</b>	2800.190 m	<b>Altura</b>	2800.190 m
<b>A:</b>	T-01				
	<b>Cuadrícula</b>		<b>Local</b>		<b>Global</b>
<b>Este</b>	585315.136 m	<b>Latitud</b>	S13°04'48.81493"	<b>Latitud</b>	S13°04'48.81493"
<b>Valor norte</b>	8553859.712 m	<b>Longitud</b>	W74°12'46.90438"	<b>Longitud</b>	W74°12'46.90438"
<b>Elevación</b>	2538.828 m	<b>Altura</b>	2576.338 m	<b>Altura</b>	2576.338 m
<b>Vector:</b>					
<b>ΔEste</b>	1501.767 m	<b>Acimut Adelante NS</b>	9°34'17"	<b>ΔX</b>	1901.2642 m
<b>ΔValor norte</b>	8742.661 m	<b>Dist. elip</b>	8873.4708	<b>ΔY</b>	-1300.9566 m
<b>ΔElevación</b>	-223.840 m	<b>ΔAltura</b>	-223.8524	<b>ΔZ</b>	8576.0175 m

Errores estándar

Errores del vector:					
$\sigma \Delta$ Este	0.0026 m	$\sigma \square$ Acimut Adelante NS	0°00'00"	$\sigma \Delta$ X	0.0032 m
$\sigma \Delta$ Valor norte	0.0014 m	$\sigma \square$ Dist. elip	0.0016 m	$\sigma \Delta$ Y	0.0089 m
$\sigma \Delta$ Elevación	0.0094 m	$\sigma \Delta$ Altura	0.0094 m	$\sigma \Delta$ Z	0.0028 m

Matriz de covarianzas a posteriori (Metro<sup>2</sup>)

	X	Y	Z
X	0.0000101094		
Y	-0.0000158118	0.0000798940	
Z	-0.0000040494	0.0000221398	0.0000080395

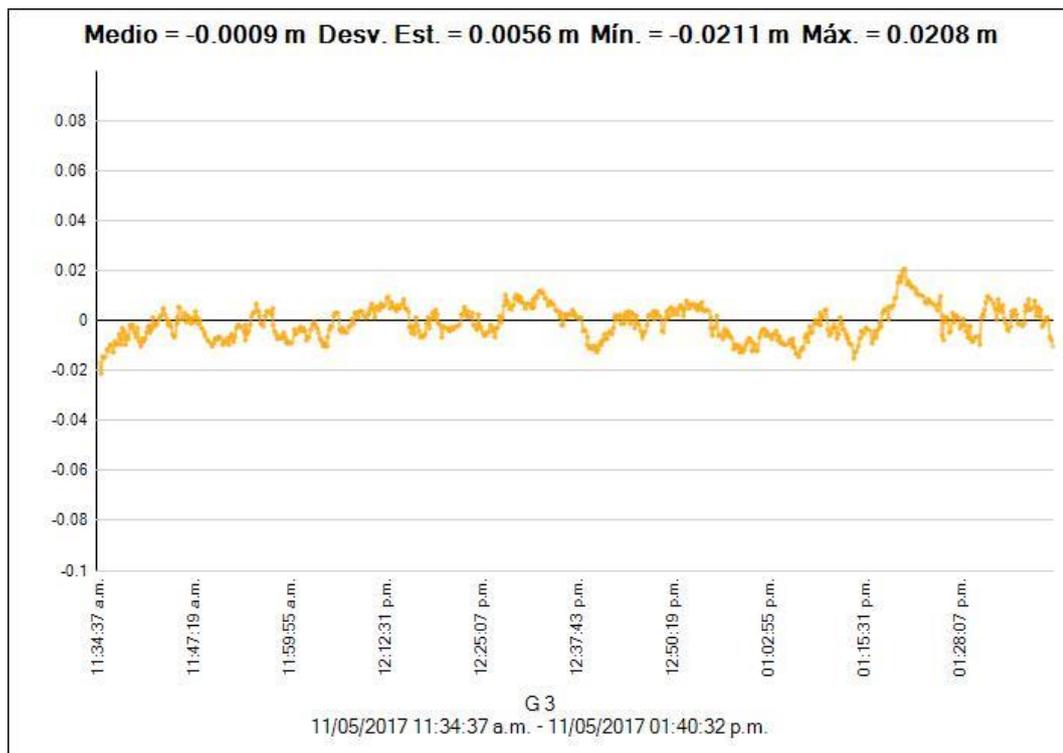
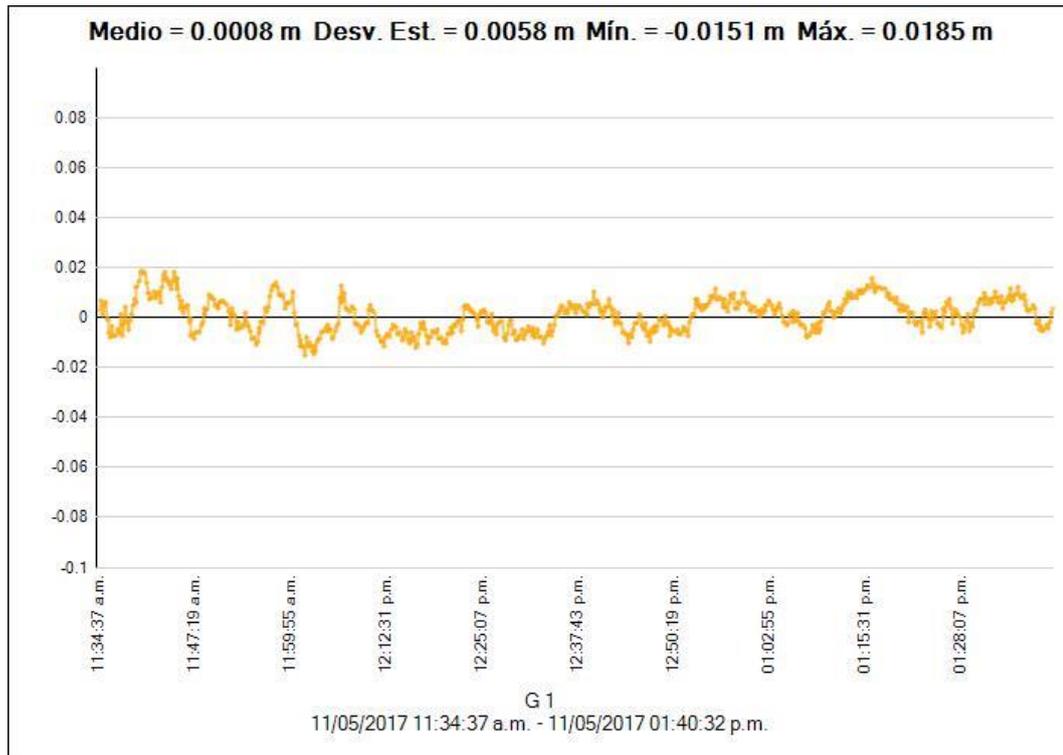
Ocupaciones

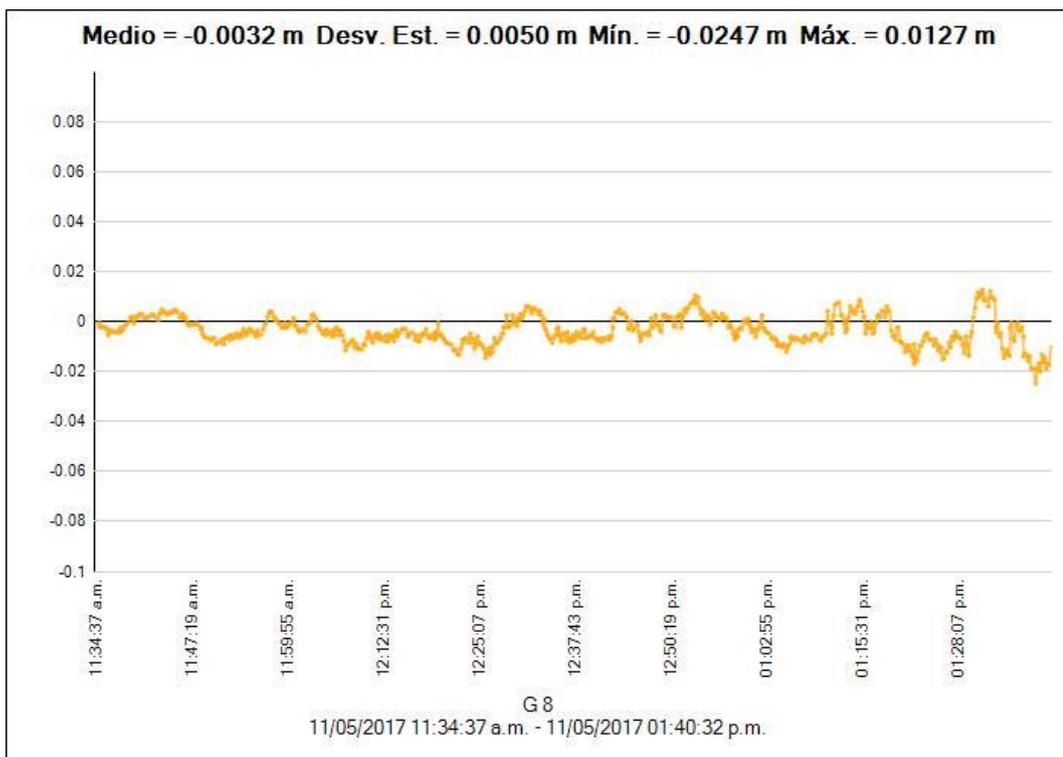
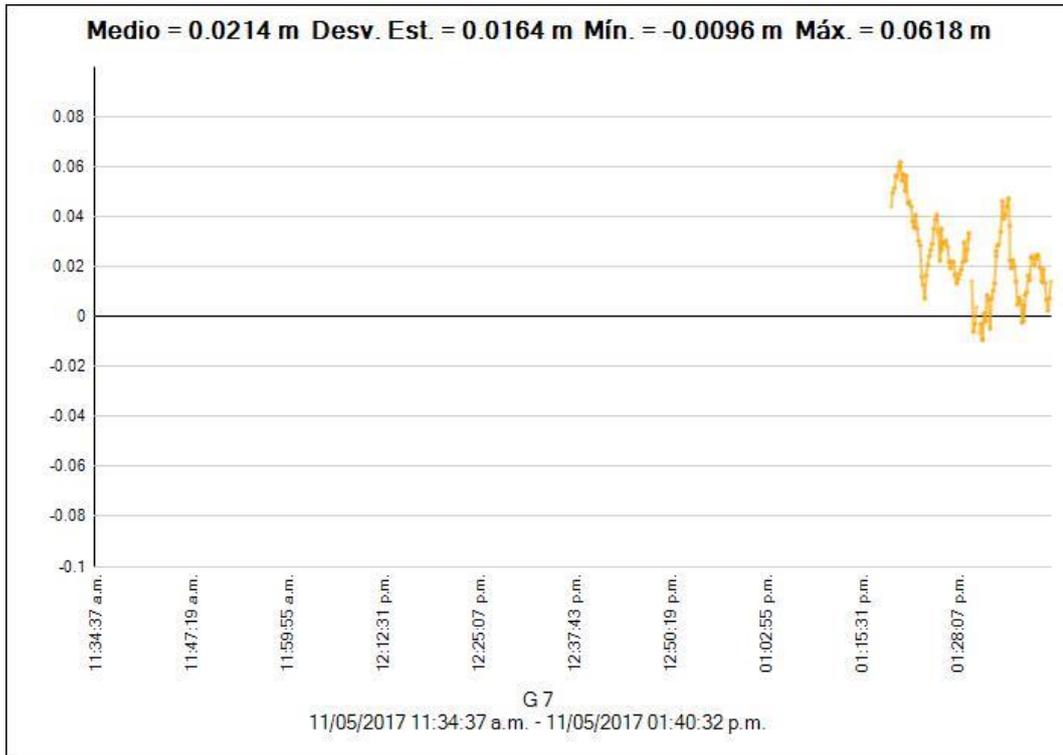
	De	A
<b>ID de punto:</b>	AY01	T-01
<b>Archivo de datos:</b>	C:\Users\TOSHIBA\Documents\Trimble Business Center\LA QUINUA (O.LOZANO)\AY01131aA.T01	C:\Users\TOSHIBA\Documents\Trimble Business Center\LA QUINUA (O.LOZANO)\NS-9131q.17o
<b>Tipo de receptor:</b>	NetR5	Unknown
<b>Número serial del receptor:</b>	4806K53400	SRHX7FOJ474
<b>Tipo de antena:</b>	Zephyr Geodetic 2	GR5
<b>Número de serie de la antena:</b>	30607327	-Unknown-
<b>Altura de la antena (Medido):</b>	0.0000 m	1.3250 m
<b>Método de antena:</b>	Base del soporte de la antena	Centro de fase de la antena

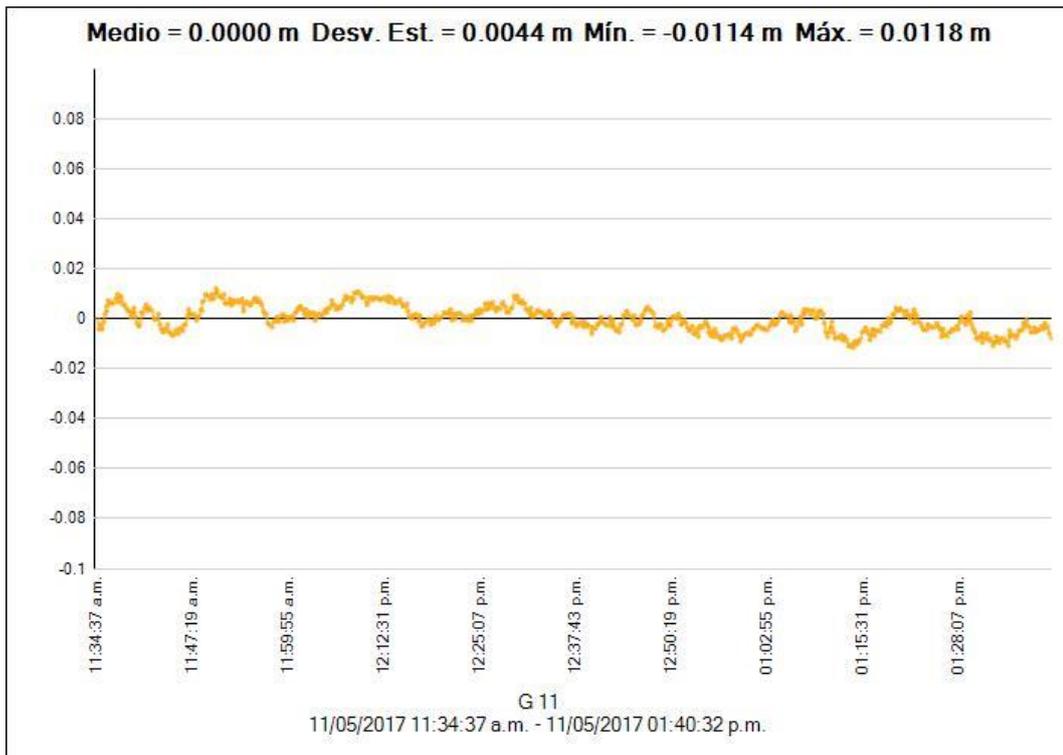
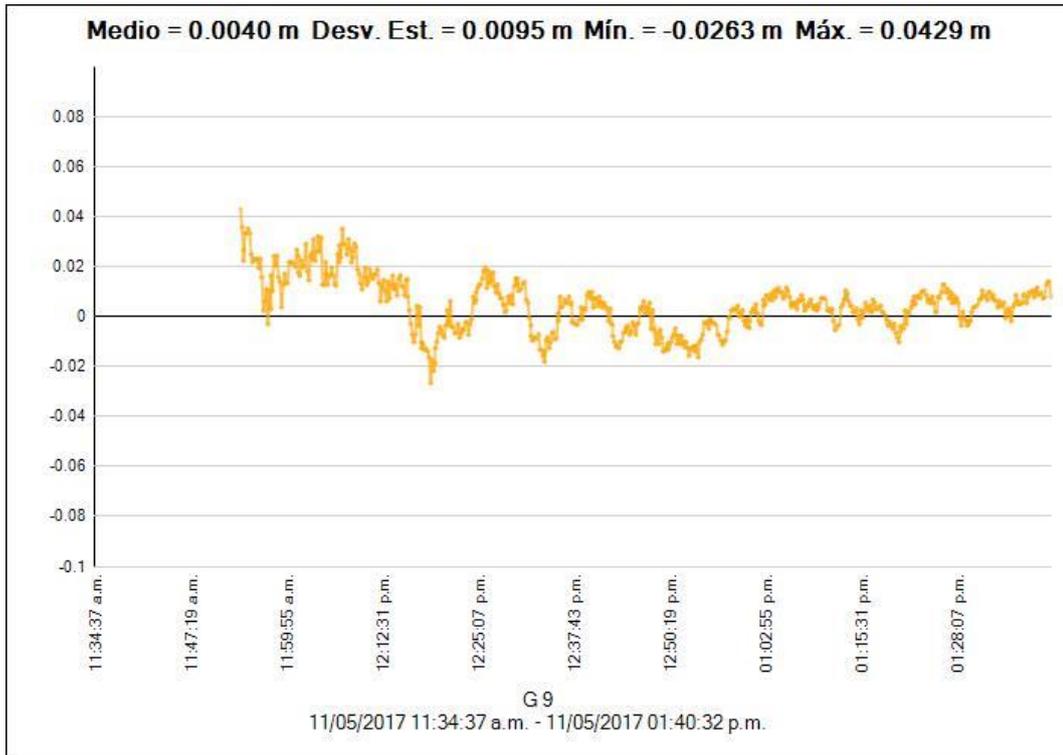
## Resumen de seguimiento

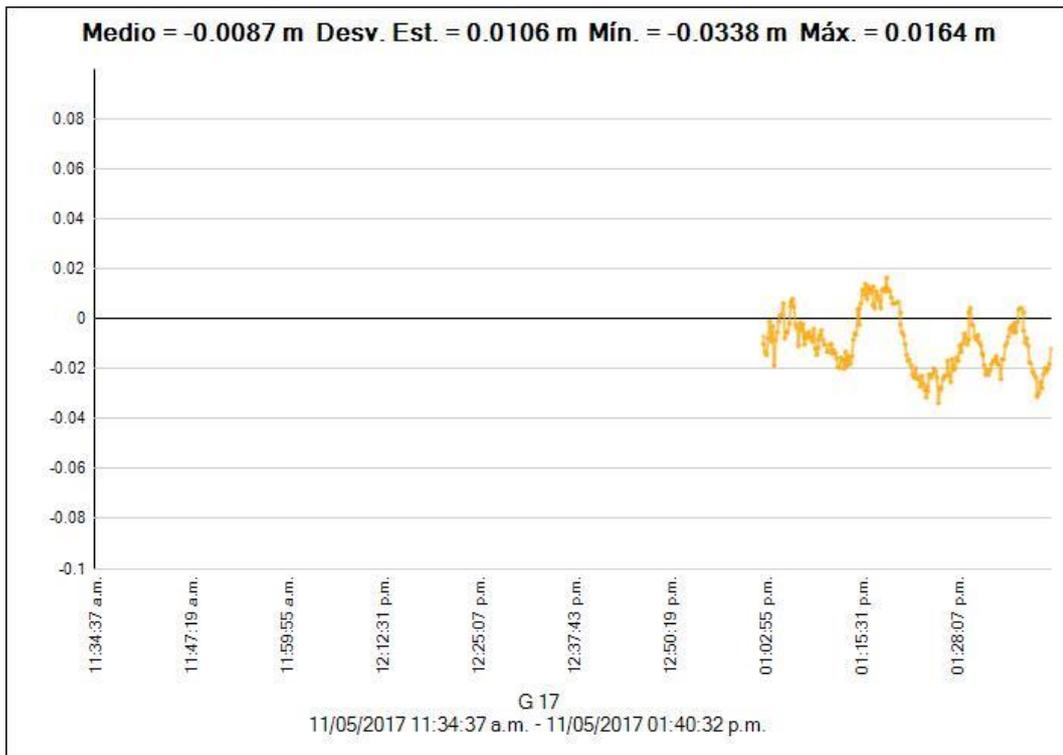
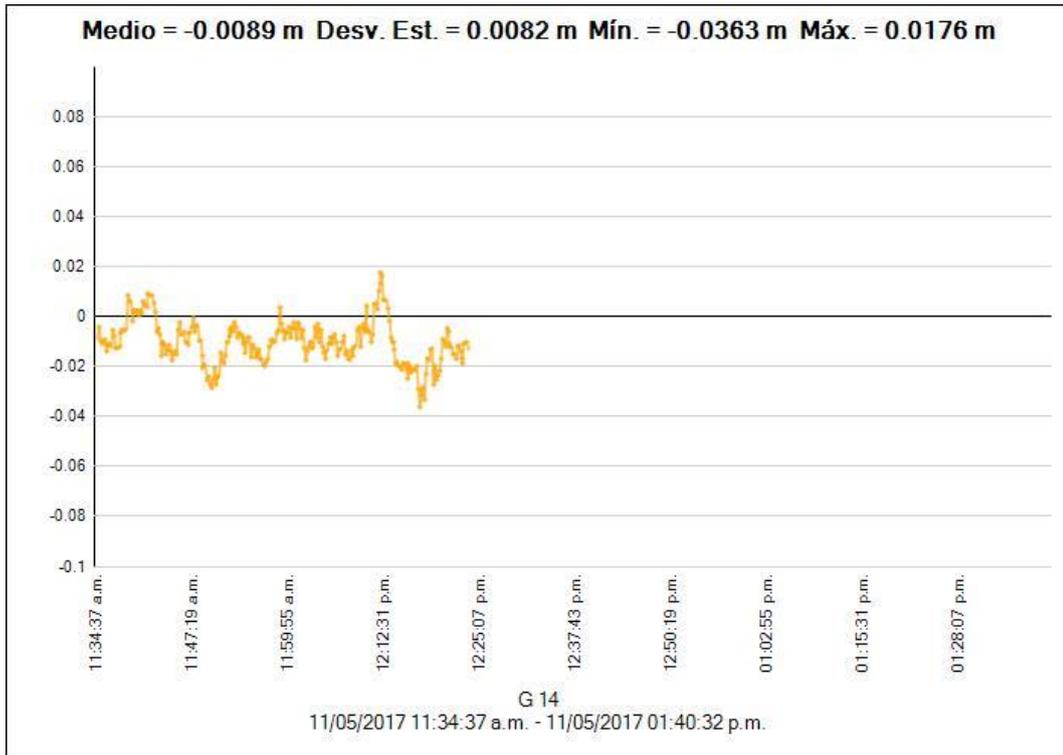
SV	11/05/2017 11:34:27 a.m.	Duración: 02:06:00	Intervalo principal: 00:10:00	11/05/2017 01:40:27 p.m.
G 1	L1 L2			
G 3	L1 L2			
G 7	L1 L2			
G 8	L1 L2			
G 9	L1 L2			
G 11	L1 L2			
G 14	L1 L2			
G 17	L1 L2			
G 22	L1 L2			
G 23	L1 L2			
G 27	L1 L2			
G 31	L1 L2			
R 6	L1			
R 7	L1			
R 8	L1			
R 9	L1			
R 10	L1			
R 16	L1			
R 20	L1			
R 21	L1			
R 22	L1			

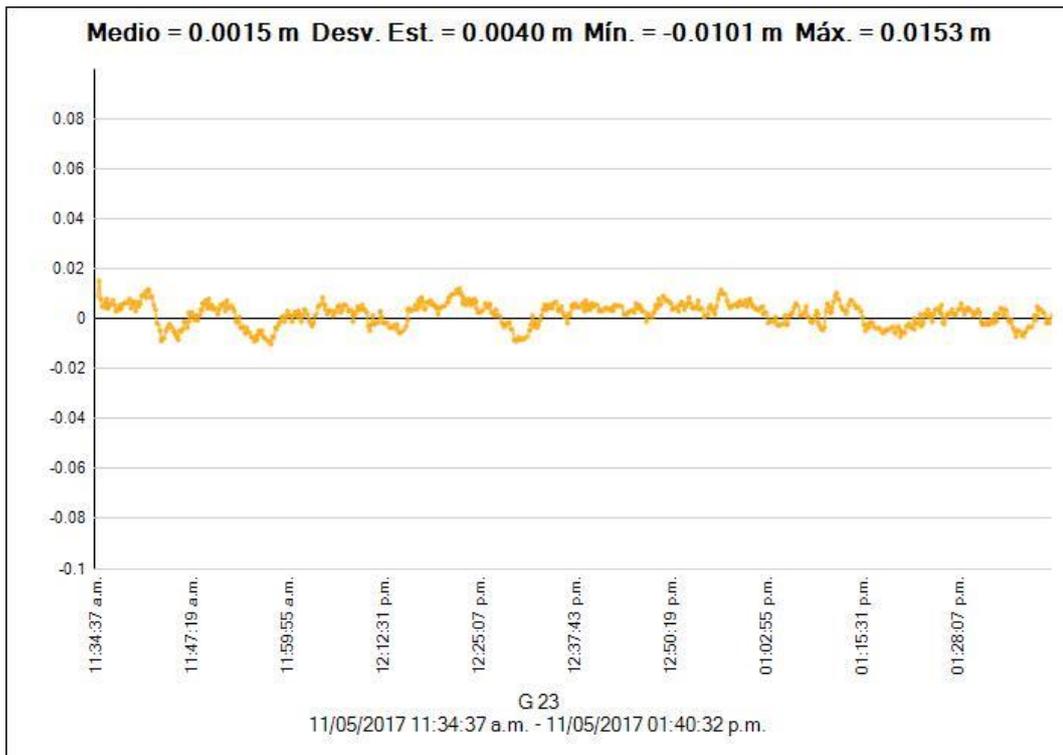
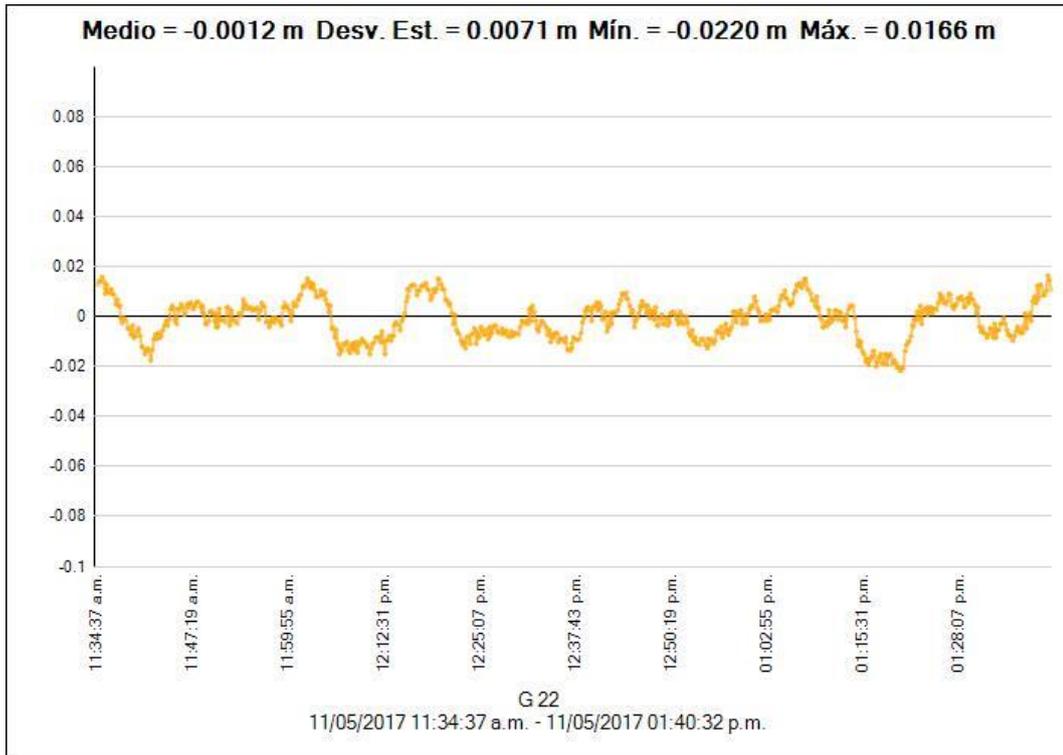
## Residuales

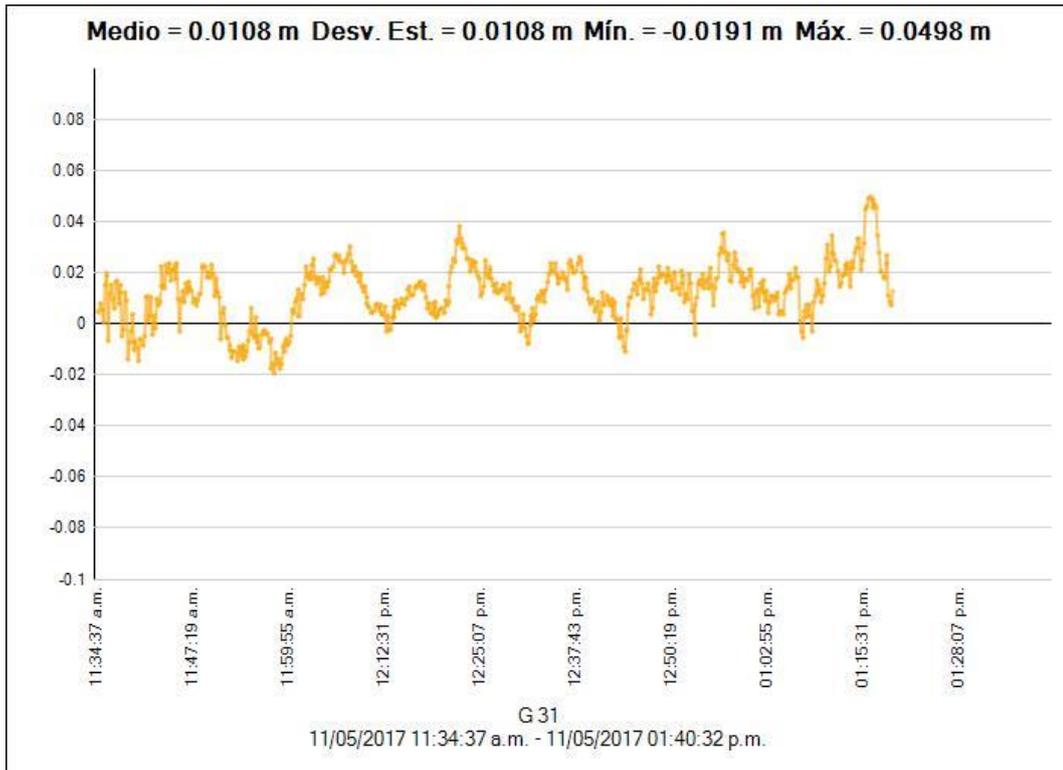
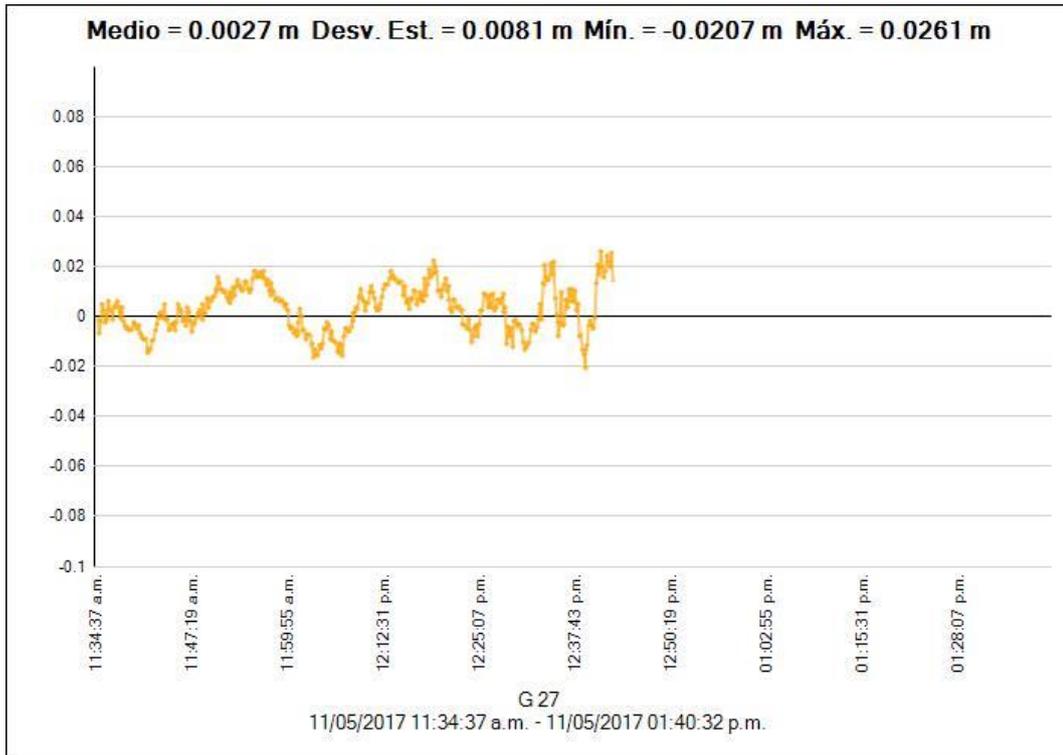












---

Procesando estilo

**Máscara de elevación:** 10.0 deg  
**Iniciar procesamiento automático:** Sí  
**Iniciar numeración de ID automática:** AUTO0001  
**Vectores continuos:** No  
**Generar residuales:** Sí  
**Modelo de antena:** Automático  
**Tipo de efeméride:** Automático  
**Frecuencia:** Múltiples frecuencias  
**Intervalo de procesamiento:** Usar todos los datos  
**Forzar flotante:** No

**Criterios de aceptación**

<b>Componente del vector</b>	<b>Indicador</b> 	<b>Fallida</b> 
Precisión horizontal >	0.0500 m + 1.000 ppm	0.1000 m + 1.000 ppm
Precisión vertical >	0.1000 m + 1.000 ppm	0.2000 m + 1.000 ppm

Fecha:15/05/2017 04:55:53 p.m.	Proyecto:C:\Users\TOSHIBA\Documents\Trimble Business Center\LA QUINUA (O.LOZANO).vce	Trimble Business Center
-----------------------------------	---	-------------------------------

## 1. Informe de procesamiento de líneas base

Detalles de la sesión

**AY01 - T-02 (02:08:07 p.m.-04:40:47 p.m.) (S5)**

**Observación de líneas base:** [AY01 --- T-02 \(B5\)](#)

**Procesada:** 15/05/2017 04:54:44 p.m.  
**Tipo de solución:** Fijo  
**Frecuencia de uso:** Frecuencia doble (L1, L2)  
**Precisión horizontal:** 0.0039 m  
**Precisión vertical:** 0.0168 m  
**RMS:** 0.0003 m  
**PDOP máximo:** 1.594  
**Efeméride utilizada:** Transmisión  
**Modelo de antena:** NGS Absolute  
**Procesando hora de inicio:** 11/05/2017 02:08:42 p.m. (Local: UTC-5hr)  
**Procesando hora de término:** 11/05/2017 04:40:47 p.m. (Local: UTC-5hr)  
**Procesando duración:** 02:32:05  
**Intervalo de procesamiento:** 5 segundos

Componentes del vector (Marca a Marca)

<b>De:</b>	AY01					
	<b>Cuadrícula</b>		<b>Local</b>		<b>Global</b>	
<b>Este</b>	583813.369 m	<b>Latitud</b>	S13°09'33.54353"	<b>Latitud</b>	S13°09'33.54353"	
<b>Valor norte</b>	8545117.050 m	<b>Longitud</b>	W74°13'35.88148"	<b>Longitud</b>	W74°13'35.88148"	
<b>Elevación</b>	2762.668 m	<b>Altura</b>	2800.190 m	<b>Altura</b>	2800.190 m	
<b>A:</b>	T-02					
	<b>Cuadrícula</b>		<b>Local</b>		<b>Global</b>	
<b>Este</b>	585256.249 m	<b>Latitud</b>	S13°04'34.95390"	<b>Latitud</b>	S13°04'34.95390"	
<b>Valor norte</b>	8554285.726 m	<b>Longitud</b>	W74°12'48.90368"	<b>Longitud</b>	W74°12'48.90368"	
<b>Elevación</b>	2531.550 m	<b>Altura</b>	2569.065 m	<b>Altura</b>	2569.065 m	
<b>Vector:</b>						
<b>ΔEste</b>	1442.880 m	<b>Acimut Adelante NS</b>	8°46'04"	<b>ΔX</b>	1867.5895 m	
<b>ΔValor norte</b>	9168.676 m	<b>Dist. elip</b>	9284.4079	<b>ΔY</b>	-1403.3211 m	
<b>ΔElevación</b>	-231.119 m	<b>ΔAltura</b>	-231.1257	<b>ΔZ</b>	8992.7445 m	

Errores estándar

Errores del vector:					
$\sigma \Delta$ Este	0.0015 m	$\sigma \square$ Acimut Adelante NS	0°00'00"	$\sigma \Delta$ X	0.0028 m
$\sigma \Delta$ Valor norte	0.0015 m	$\sigma \square$ Dist. elip	0.0015 m	$\sigma \Delta$ Y	0.0079 m
$\sigma \Delta$ Elevación	0.0086 m	$\sigma \Delta$ Altura	0.0086 m	$\sigma \Delta$ Z	0.0027 m

Matriz de covarianzas a posteriori (Metro<sup>2</sup>)

	X	Y	Z
X	0.0000080301		
Y	-0.0000189036	0.0000628093	
Z	-0.0000050459	0.0000176000	0.0000070882

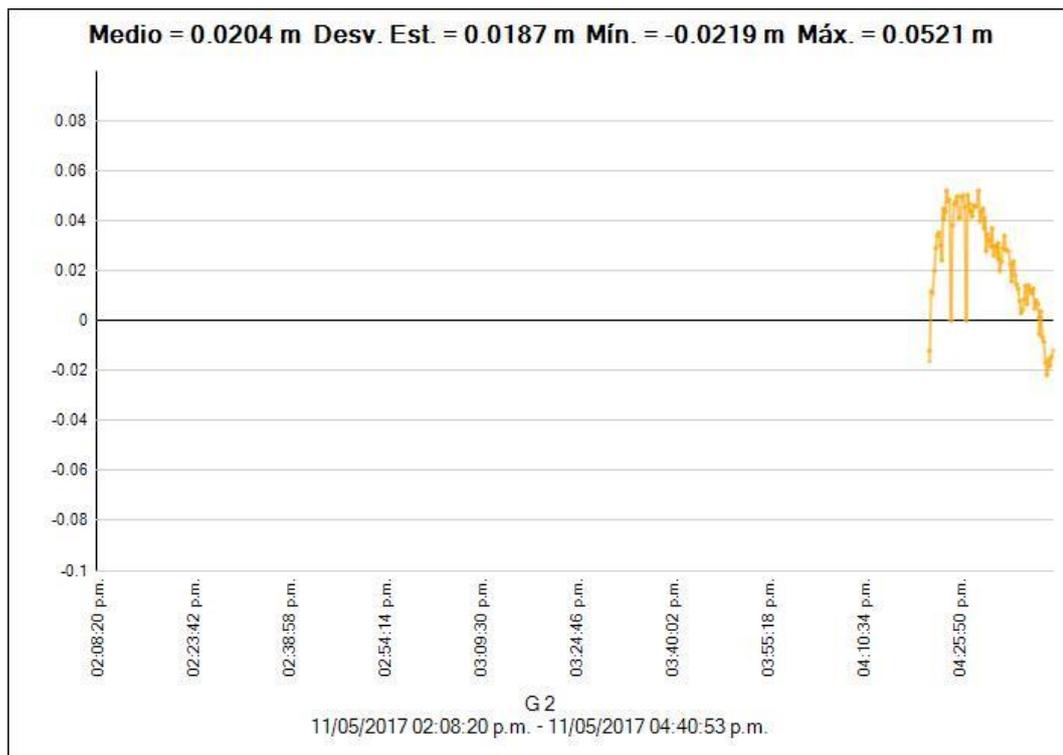
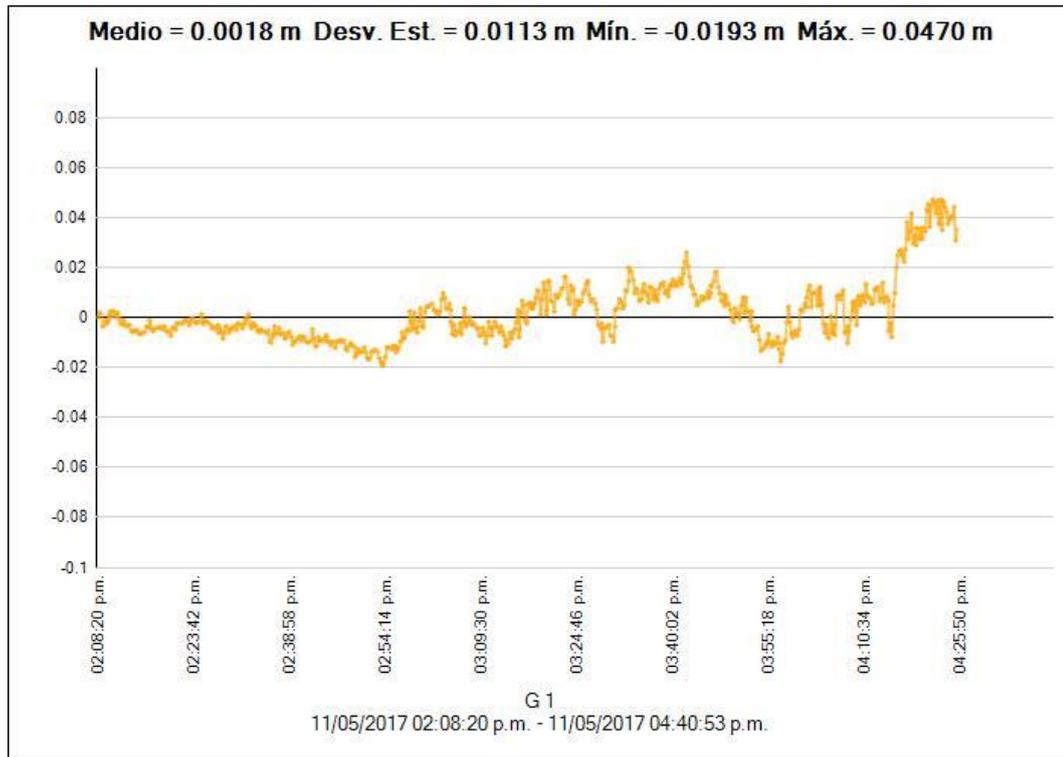
Ocupaciones

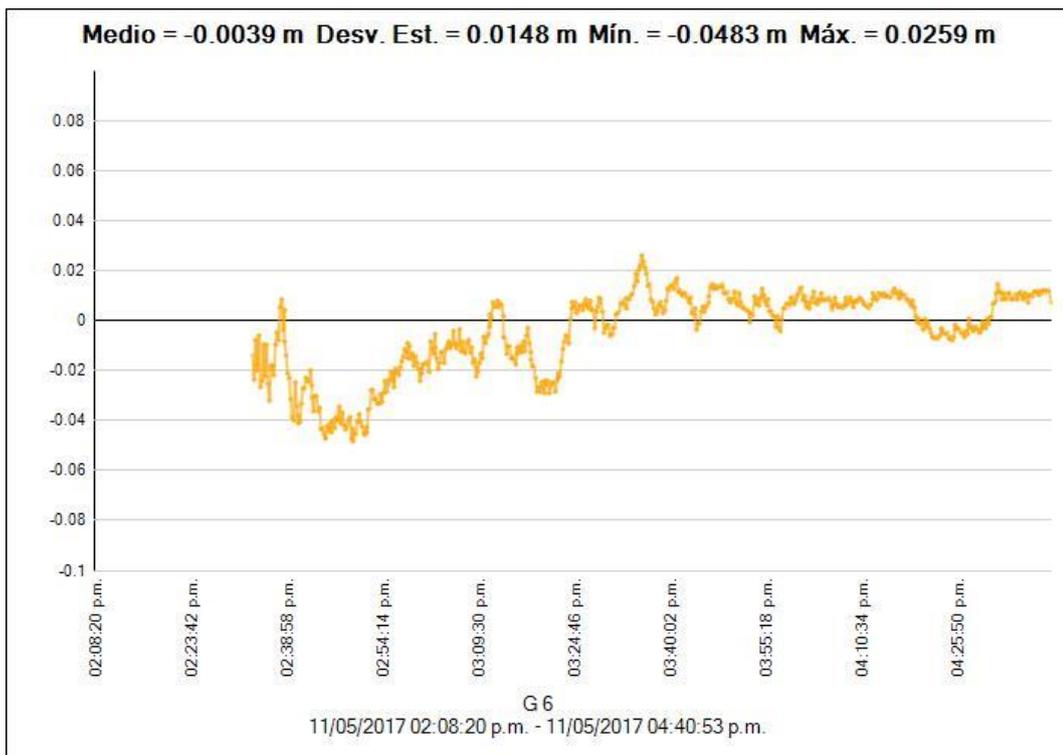
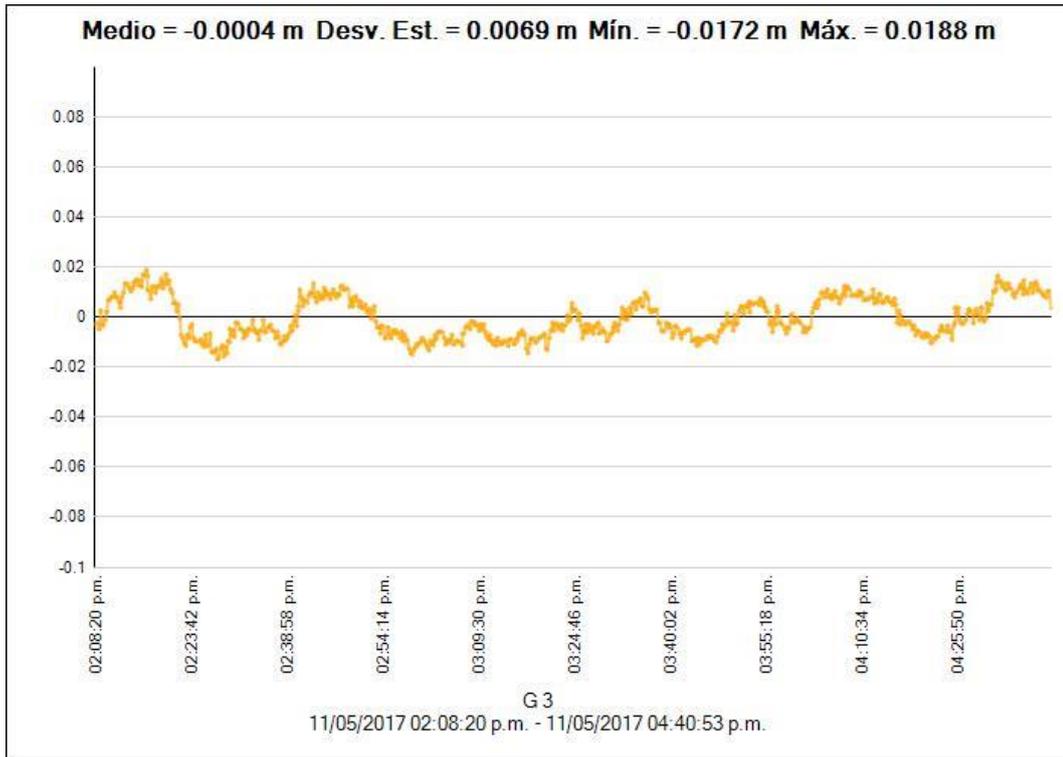
	De	A
<b>ID de punto:</b>	AY01	T-02
<b>Archivo de datos:</b>	C:\Users\TOSHIBA\Documents\Trimble Business Center\LA QUINUA (O.LOZANO)\AY01131aA.T01	C:\Users\TOSHIBA\Documents\Trimble Business Center\LA QUINUA (O.LOZANO)\NS-9131t.17o
<b>Tipo de receptor:</b>	NetR5	Unknown
<b>Número serial del receptor:</b>	4806K53400	SRHX7FOJ474
<b>Tipo de antena:</b>	Zephyr Geodetic 2	GR5
<b>Número de serie de la antena:</b>	30607327	-Unknown-
<b>Altura de la antena (Medido) :</b>	0.0000 m	1.4220 m
<b>Método de antena:</b>	Base del soporte de la antena	Centro de fase de la antena

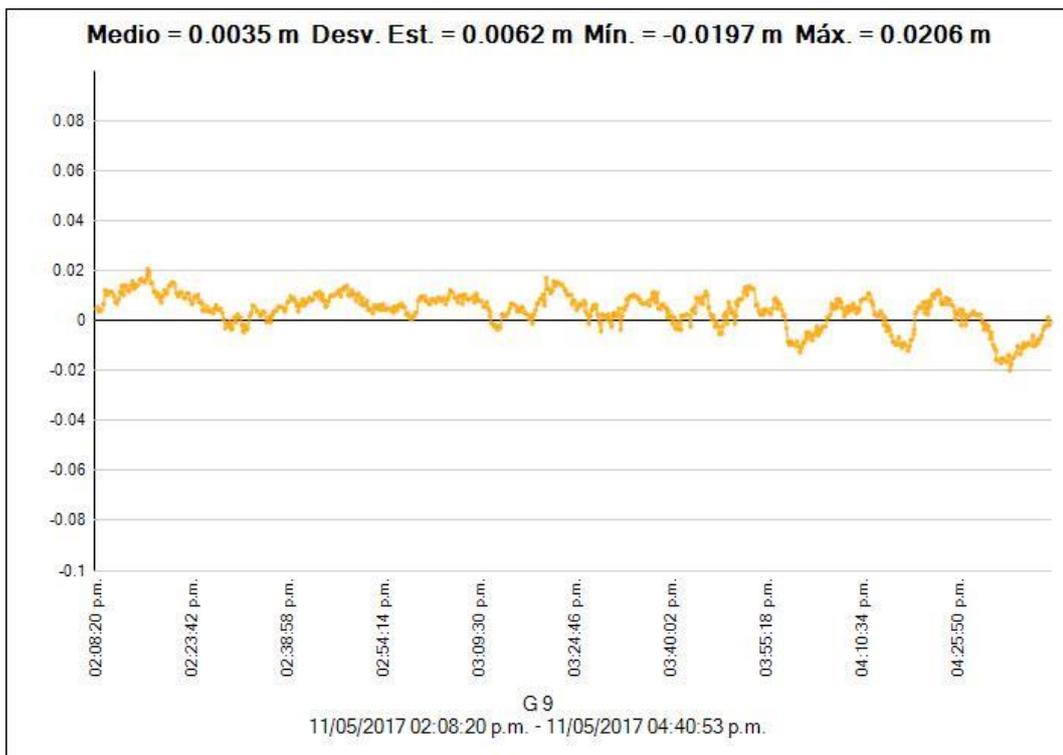
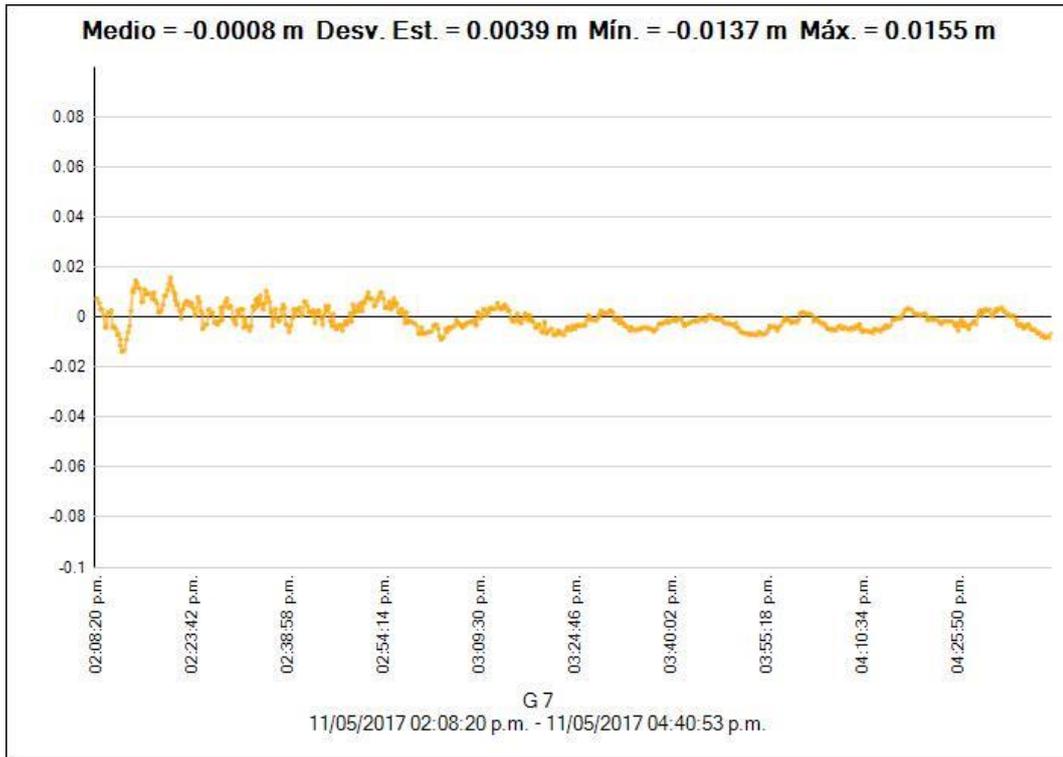
## Resumen de seguimiento

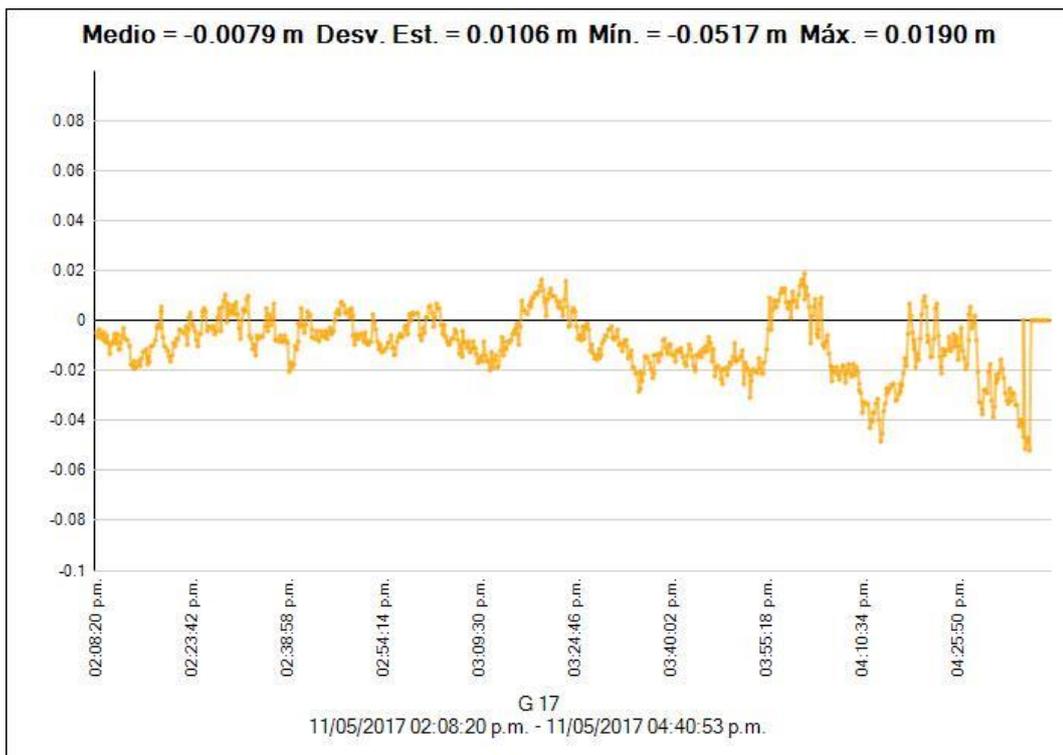
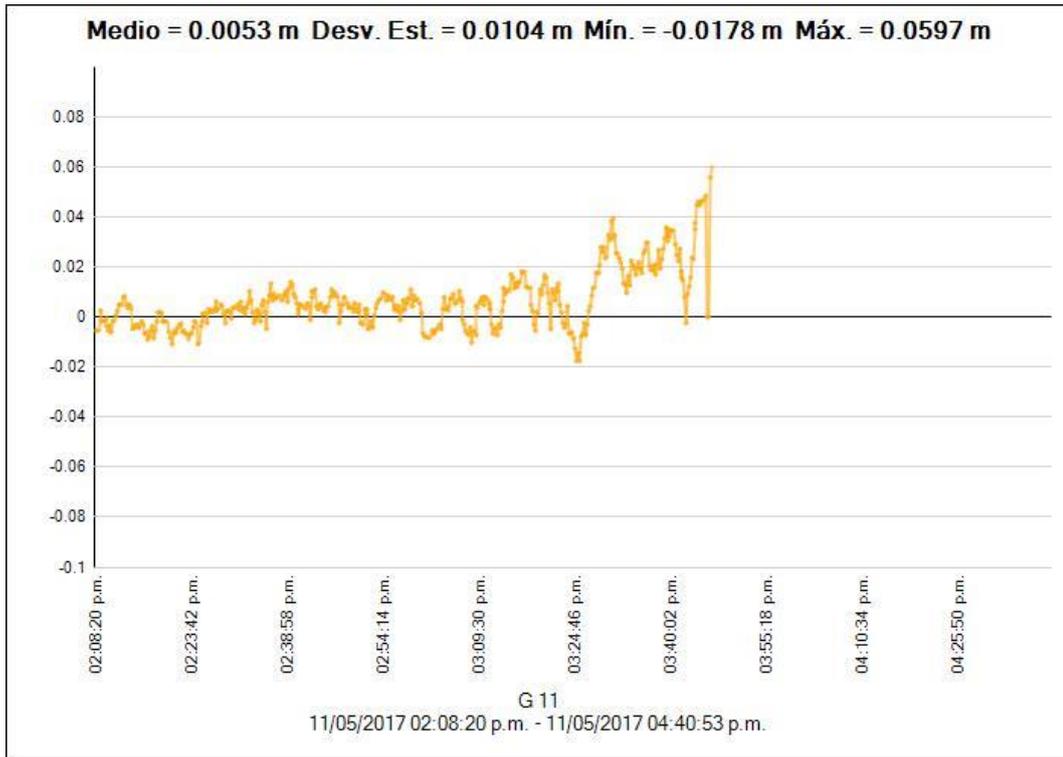
SV	11/05/2017 02:08:07 p.m.	Duración: 02:32:40	Intervalo principal: 00:10:00	11/05/2017 04:40:47 p.m.
G 1	L1 L2			
G 2	L1 L2			
G 3	L1 L2			
G 6	L1 L2			
G 7	L1 L2			
G 8	L1 L2			
G 9	L1 L2			
G 11	L1 L2			
G 17	L1 L2			
G 19	L1 L2			
G 22	L1 L2			
G 23	L1 L2			
G 28	L1 L2			
G 30	L1 L2			
R 1	L1			
R 7	L1			
R 8	L1			
R 9	L1			
R 10	L1			
R 11	L1			
R 12	L1			
R 21	L1			
R 22	L1			
R 23	L1			
R 24	L1			

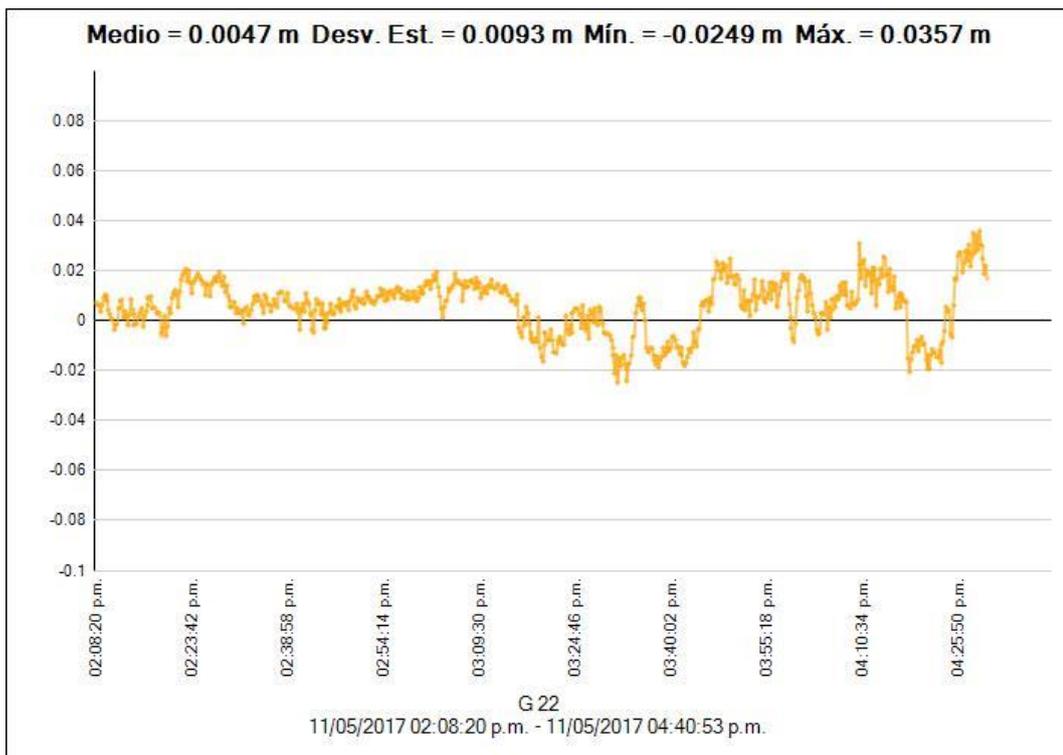
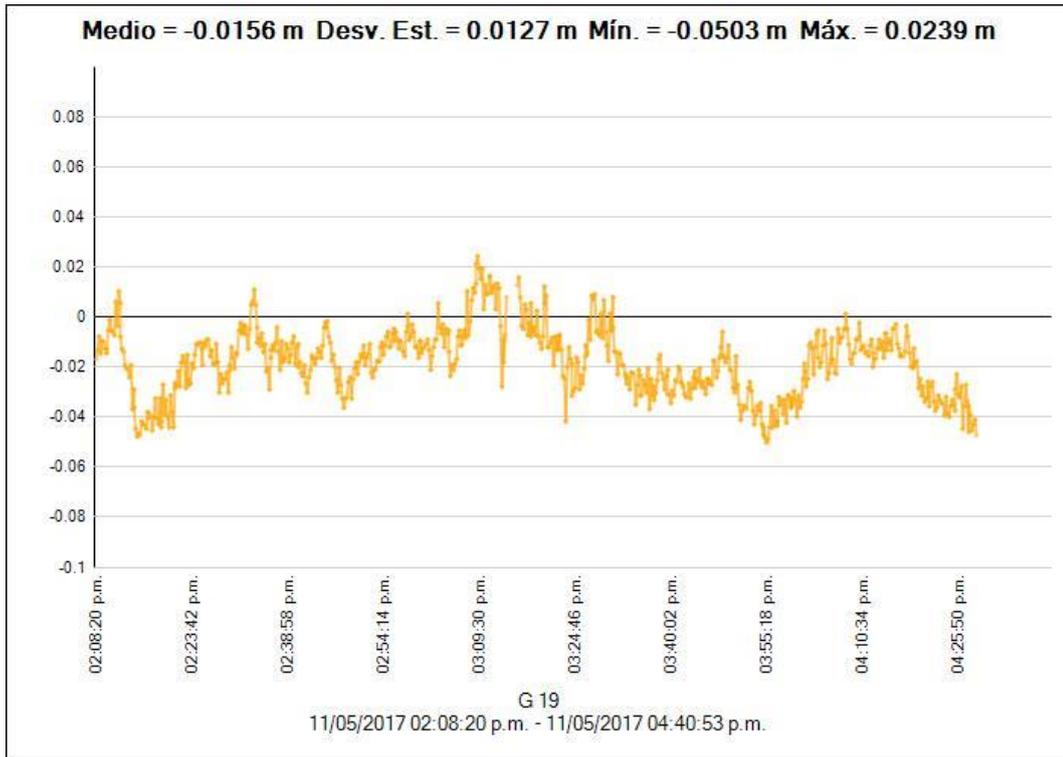
## Residuales

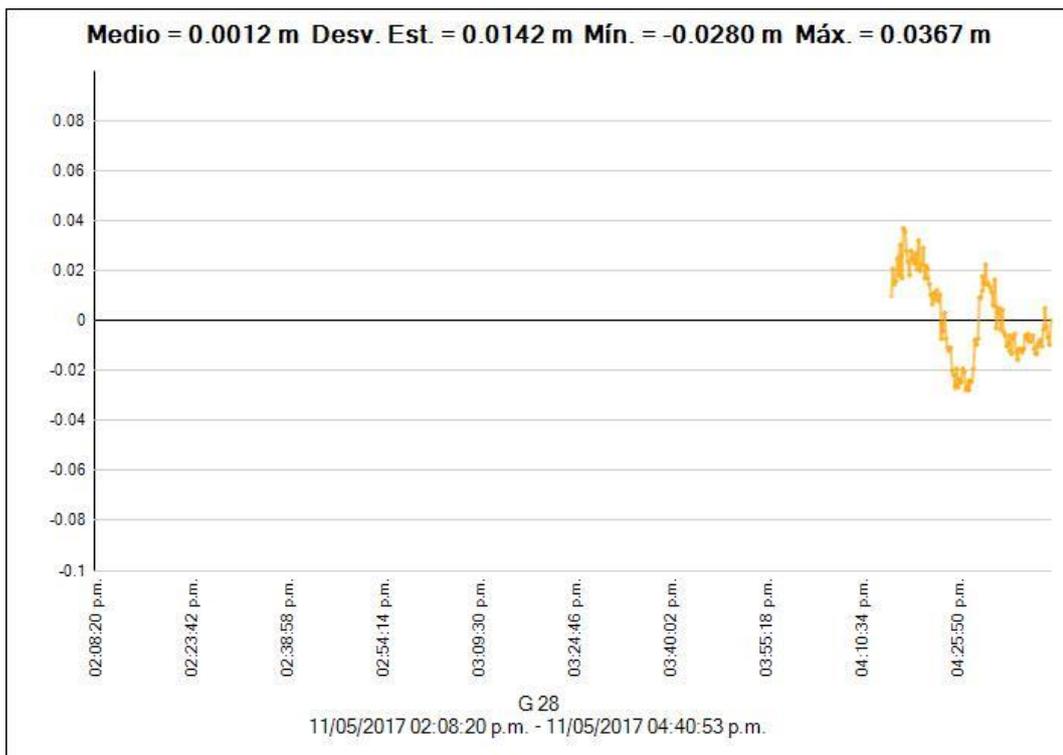
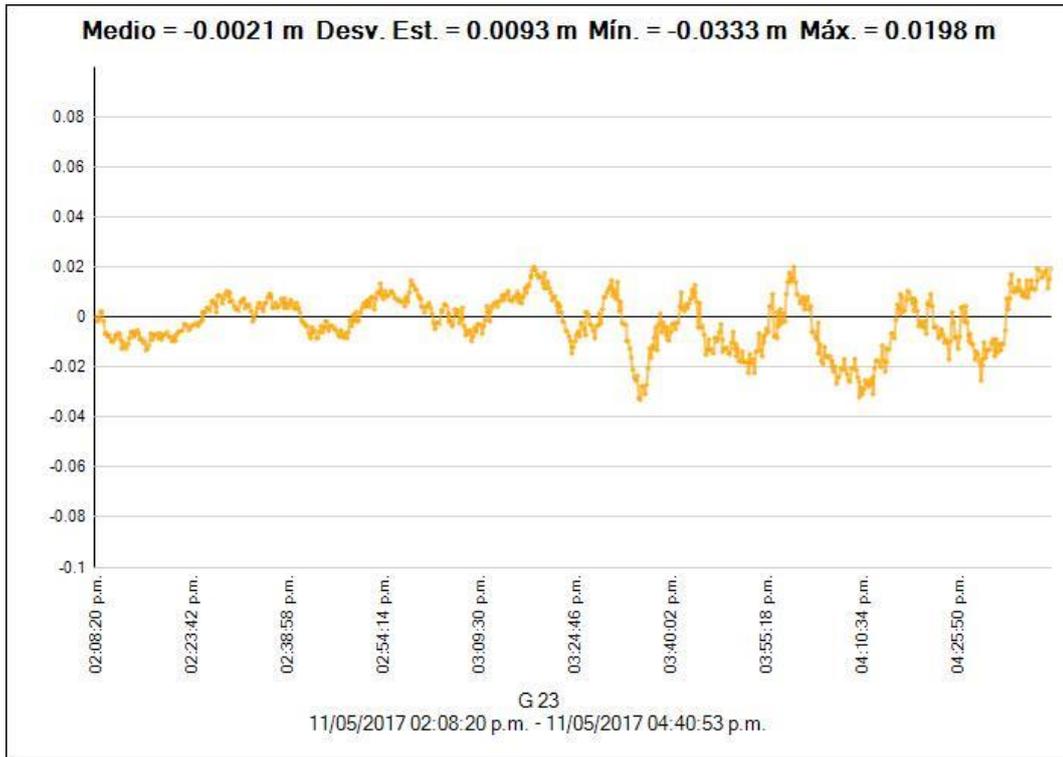


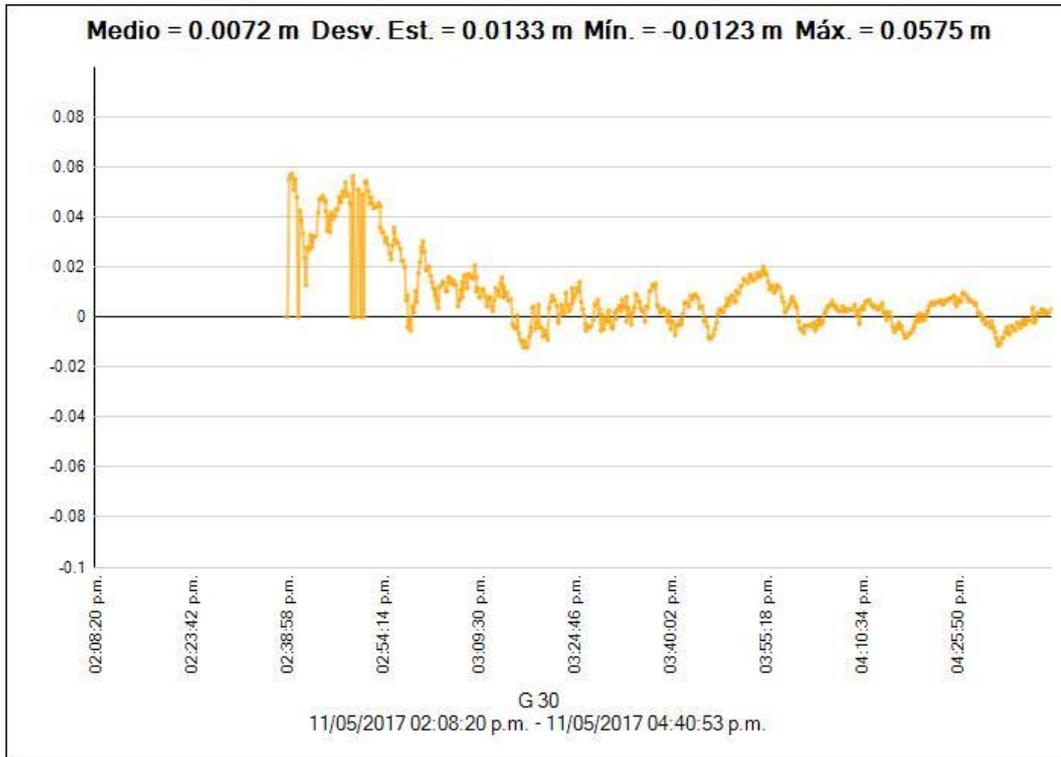












#### Procesando estilo

<b>Máscara de elevación:</b>	10.0 deg
<b>Iniciar procesamiento automático:</b>	Sí
<b>Iniciar numeración de ID automática:</b>	AUTO0001
<b>Vectores continuos:</b>	No
<b>Generar residuales:</b>	Sí
<b>Modelo de antena:</b>	Automático
<b>Tipo de efeméride:</b>	Automático
<b>Frecuencia:</b>	Múltiples frecuencias
<b>Intervalo de procesamiento:</b>	Usar todos los datos
<b>Forzar flotante:</b>	No

#### Criterios de aceptación

Componente del vector	Indicador	Fallida
Precisión horizontal >	0.0500 m + 1.000 ppm	0.1000 m + 1.000 ppm
Precisión vertical >	0.1000 m + 1.000 ppm	0.2000 m + 1.000 ppm

Fecha: 15/05/2017 04:56:07 p.m.	Proyecto: C:\Users\TOSHIBA\Documents\Trimble Business Center\LA QUINUA (O.LOZANO).vce	Trimble Business Center
---------------------------------	---	-------------------------

## 1. Informe de procesamiento de líneas base

Detalles de la sesión

**AY01 - T-03 (09:20:52 a.m.-03:03:27 p.m.) (S6)**

**Observación de líneas base:** [AY01 --- T-03 \(B6\)](#)

**Procesada:** 15/05/2017 04:55:01 p.m.  
**Tipo de solución:** Fijo  
**Frecuencia de uso:** Frecuencia doble (L1, L2)  
**Precisión horizontal:** 0.0036 m  
**Precisión vertical:** 0.0112 m  
**RMS:** 0.0002 m  
**PDOP máximo:** 1.765  
**Efeméride utilizada:** Transmisión  
**Modelo de antena:** NGS Absolute  
**Procesando hora de inicio:** 12/05/2017 09:22:52 a.m. (Local: UTC-5hr)  
**Procesando hora de término:** 12/05/2017 03:03:27 p.m. (Local: UTC-5hr)  
**Procesando duración:** 05:40:35  
**Intervalo de procesamiento:** 5 segundos

Componentes del vector (Marca a Marca)

<b>De:</b>	AY01				
	<b>Cuadrícula</b>	<b>Local</b>		<b>Global</b>	
<b>Este</b>	583813.369 m	<b>Latitud</b>	S13°09'33.54353"	<b>Latitud</b>	S13°09'33.54353"
<b>Valor norte</b>	8545117.050 m	<b>Longitud</b>	W74°13'35.88148"	<b>Longitud</b>	W74°13'35.88148"
<b>Elevación</b>	2762.668 m	<b>Altura</b>	2800.190 m	<b>Altura</b>	2800.190 m
<b>A:</b>	T-03				
	<b>Cuadrícula</b>	<b>Local</b>		<b>Global</b>	
<b>Este</b>	585711.491 m	<b>Latitud</b>	S13°04'40.16376"	<b>Latitud</b>	S13°04'40.16376"
<b>Valor norte</b>	8554124.254 m	<b>Longitud</b>	W74°12'33.77079"	<b>Longitud</b>	W74°12'33.77079"
<b>Elevación</b>	2518.308 m	<b>Altura</b>	2555.850 m	<b>Altura</b>	2555.850 m
<b>Vector:</b>					
<b>ΔEste</b>	1898.122 m	<b>Acimut Adelante NS</b>	11°43'28"	<b>ΔX</b>	2293.0869 m
<b>ΔValor norte</b>	9007.204 m	<b>Dist. elip</b>	9207.8950	<b>ΔY</b>	-1231.9724 m
<b>ΔElevación</b>	-244.360 m	<b>ΔAltura</b>	-244.3401	<b>ΔZ</b>	8839.7201 m

### Errores estándar

Errores del vector:					
$\sigma \Delta$ Este	0.0015 m	$\sigma \square$ Acimut Adelante NS	0°00'00"	$\sigma \Delta$ X	0.0020 m
$\sigma \Delta$ Valor norte	0.0009 m	$\sigma \square$ Dist. elip	0.0010 m	$\sigma \Delta$ Y	0.0054 m
$\sigma \Delta$ Elevación	0.0057 m	$\sigma \Delta$ Altura	0.0057 m	$\sigma \Delta$ Z	0.0016 m

### Matriz de covarianzas a posteriori (Metro<sup>2</sup>)

	X	Y	Z
X	0.0000039007		
Y	-0.0000069035	0.0000289954	
Z	-0.0000015493	0.0000069797	0.0000025855

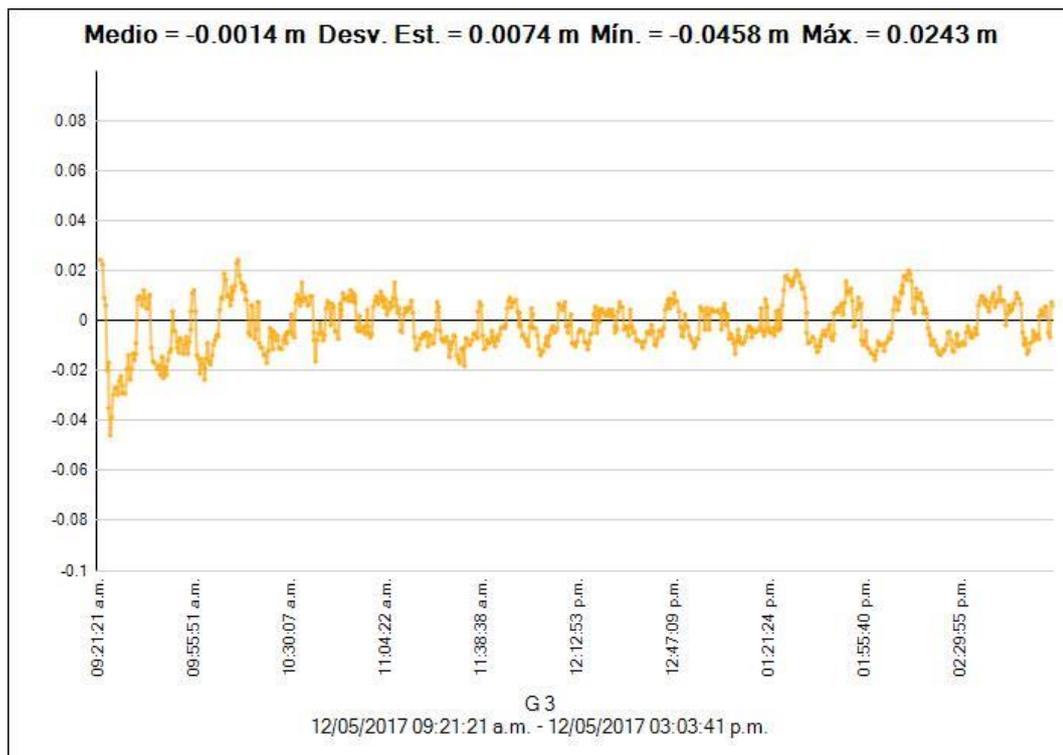
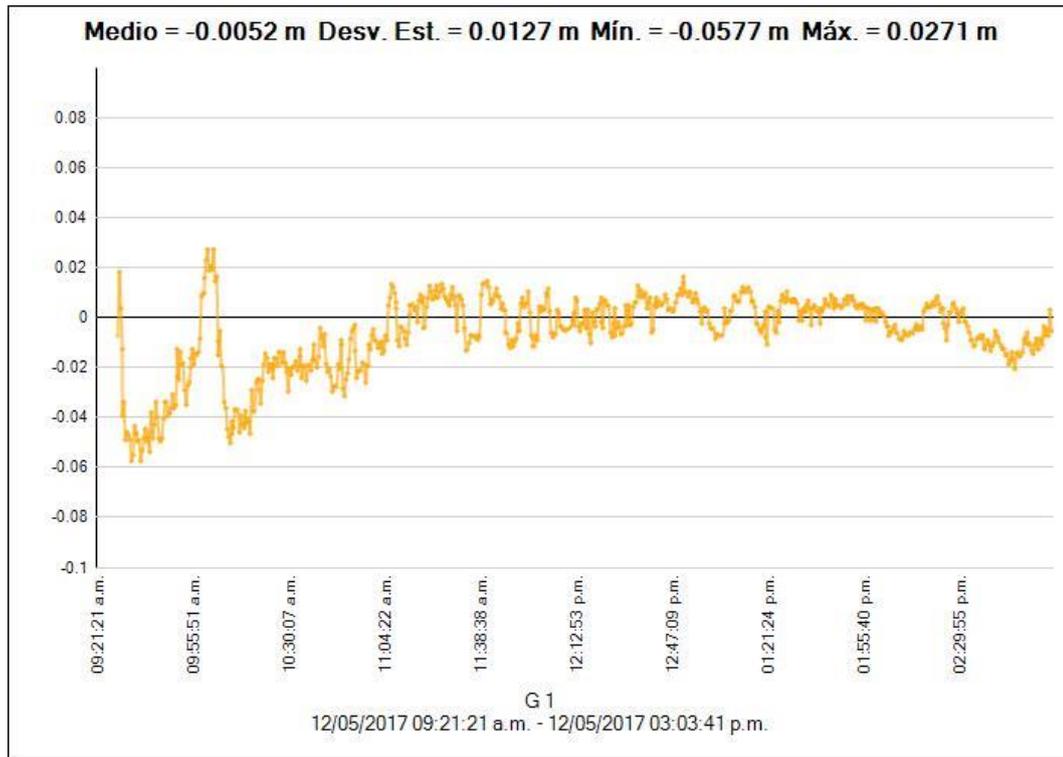
### Ocupaciones

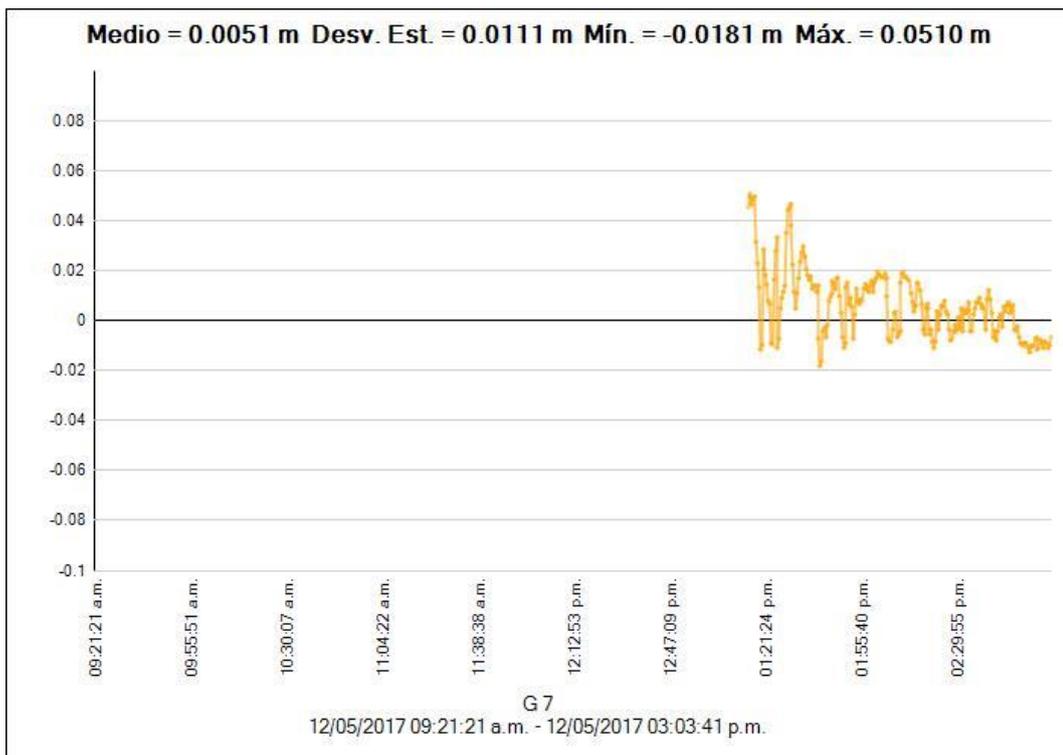
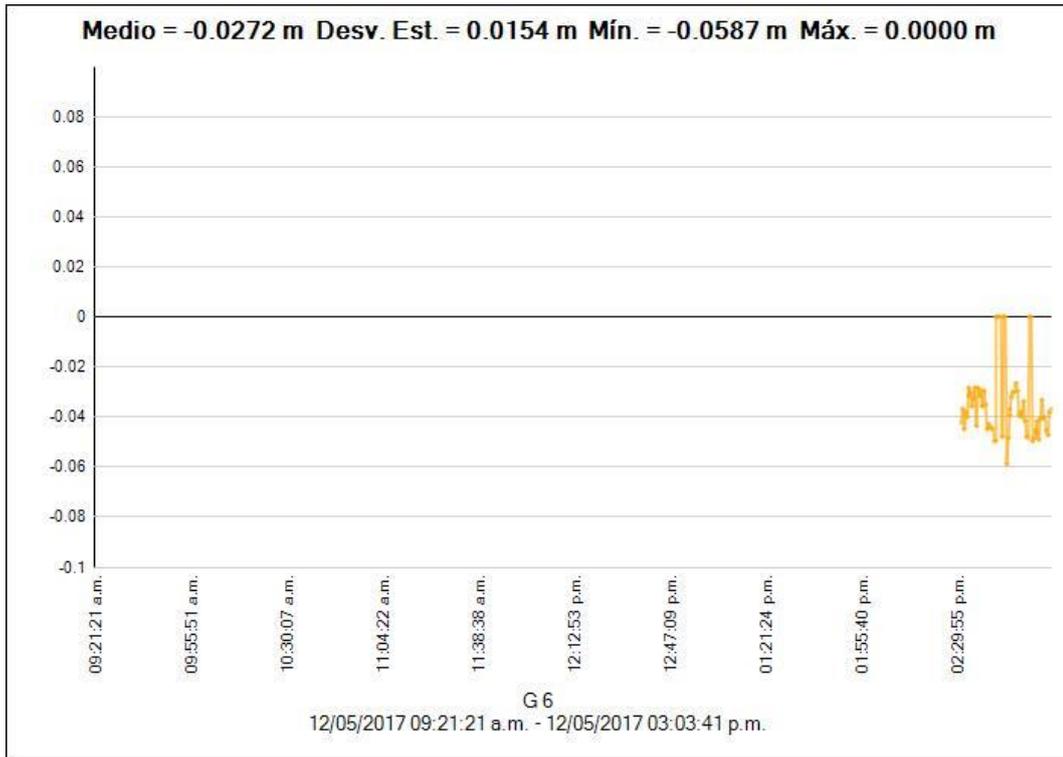
	De	A
<b>ID de punto:</b>	AY01	T-03
<b>Archivo de datos:</b>	C:\Users\TOSHIBA\Documents\Trimble Business Center\LA QUINUA (O.LOZANO)\AY01131aA.T01	C:\Users\TOSHIBA\Documents\Trimble Business Center\LA QUINUA (O.LOZANO)\NS-9132o.17o
<b>Tipo de receptor:</b>	NetR5	Unknown
<b>Número serial del receptor:</b>	4806K53400	SRHX7FOJ474
<b>Tipo de antena:</b>	Zephyr Geodetic 2	GR5
<b>Número de serie de la antena:</b>	30607327	-Unknown-
<b>Altura de la antena (Medido) :</b>	0.0000 m	1.5420 m
<b>Método de antena:</b>	Base del soporte de la antena	Centro de fase de la antena

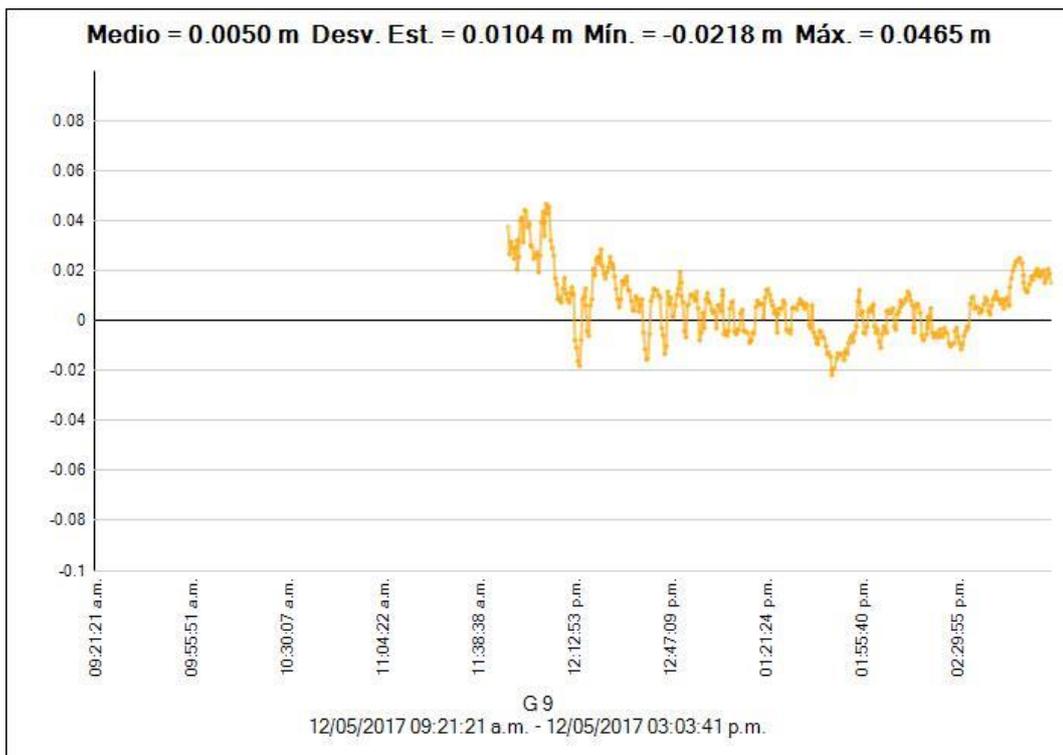
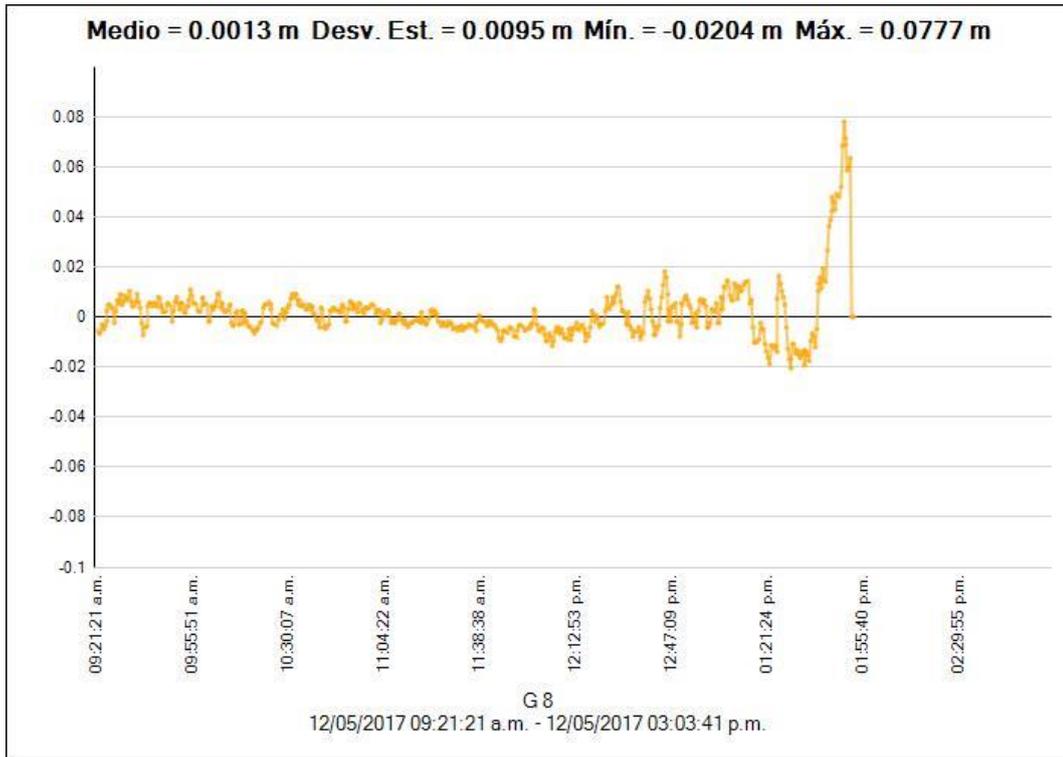
## Resumen de seguimiento

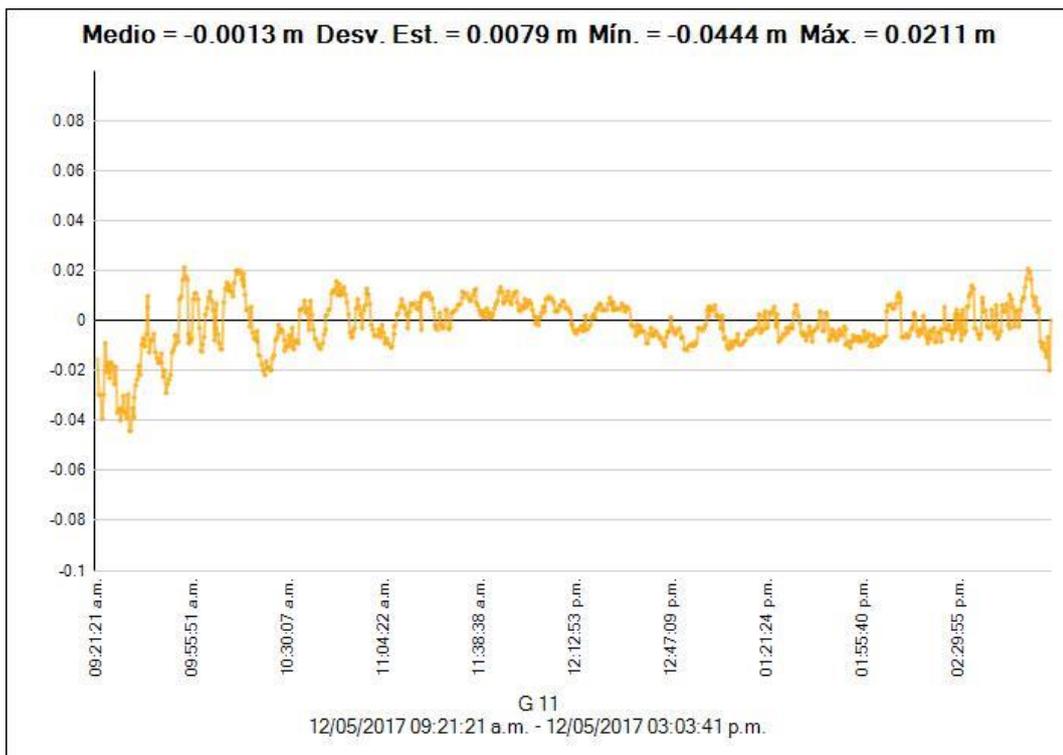
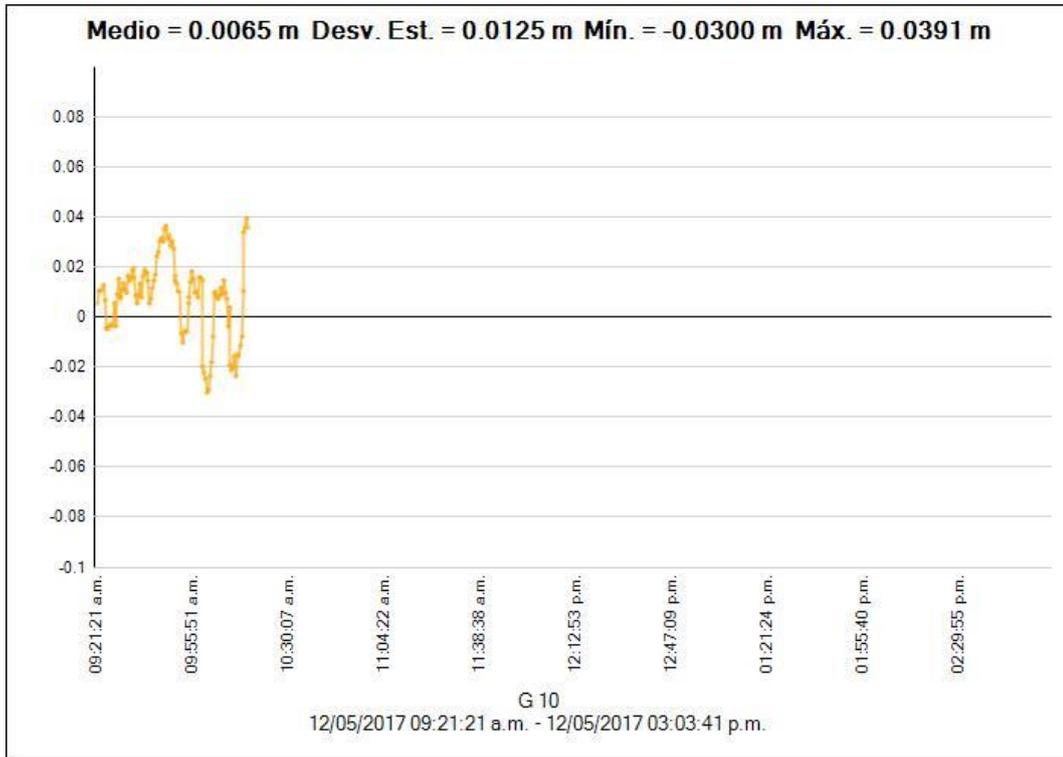
SV	12/05/2017 09:20:52 a.m.	Duración: 05:42:35	Intervalo principal: 00:10:00	12/05/2017 03:03:27 p.m.
G 1	L1 L2			
G 3	L1 L2			
G 4	L1 L2			
G 6	L1 L2			
G 7	L1 L2			
G 8	L1 L2			
G 9	L1 L2			
G 10	L1 L2			
G 11	L1 L2			
G 14	L1 L2			
G 16	L1 L2			
G 17	L1 L2			
G 19	L1 L2			
G 22	L1 L2			
G 23	L1 L2			
G 26	L1 L2			
G 27	L1 L2			
G 30	L1 L2			
G 31	L1 L2			
G 32	L1 L2			
R 1	L1			
R 2	L1			
R 5	L1			
R 6	L1			
R 7	L1			
R 8	L1			
R 10	L1			
R 11	L1			
R 12	L1			
R 20	L1			
R 21	L1			
R 22	L1			
R 23	L1			
R 24	L1			

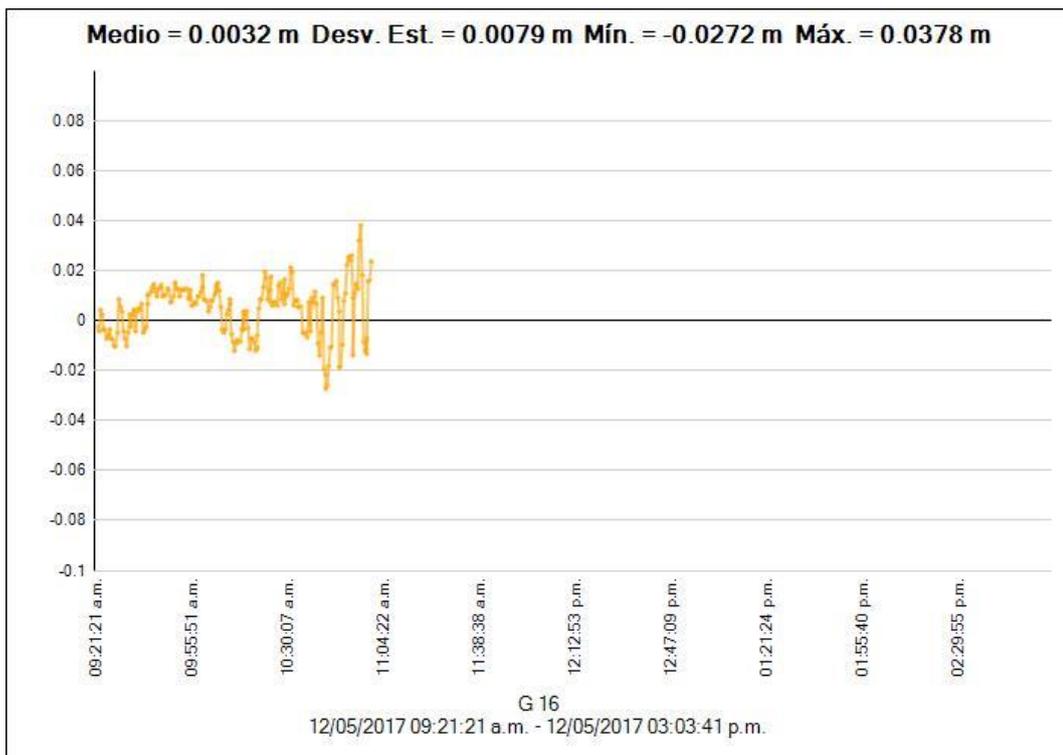
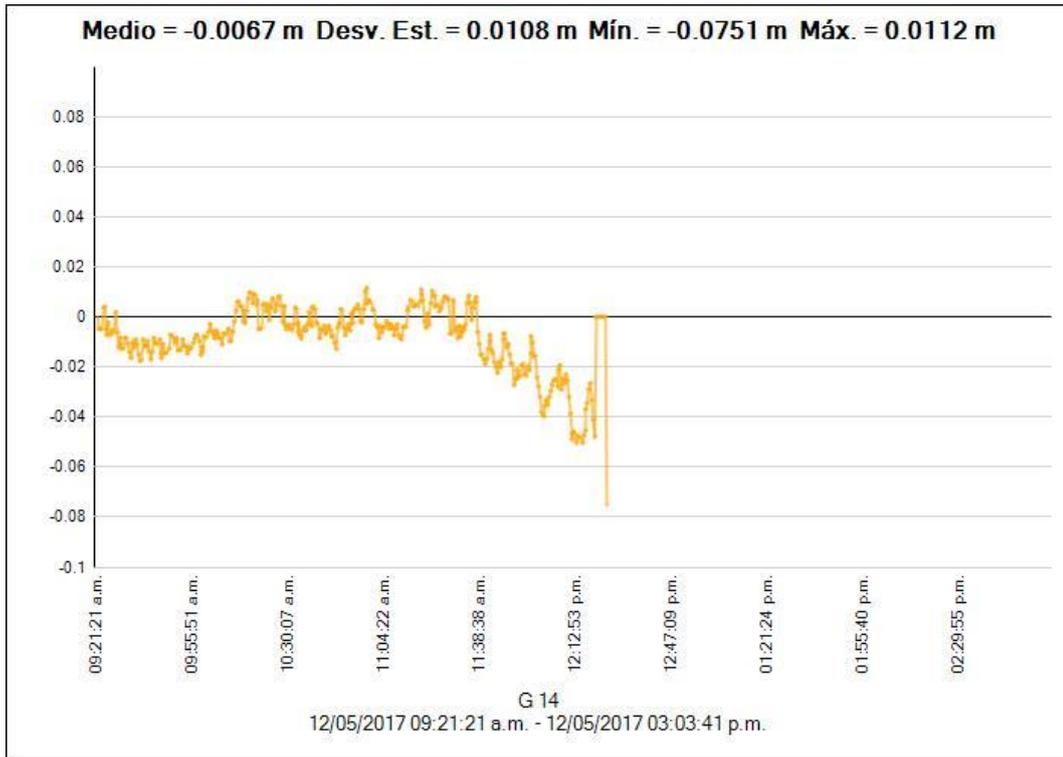
## Residuales

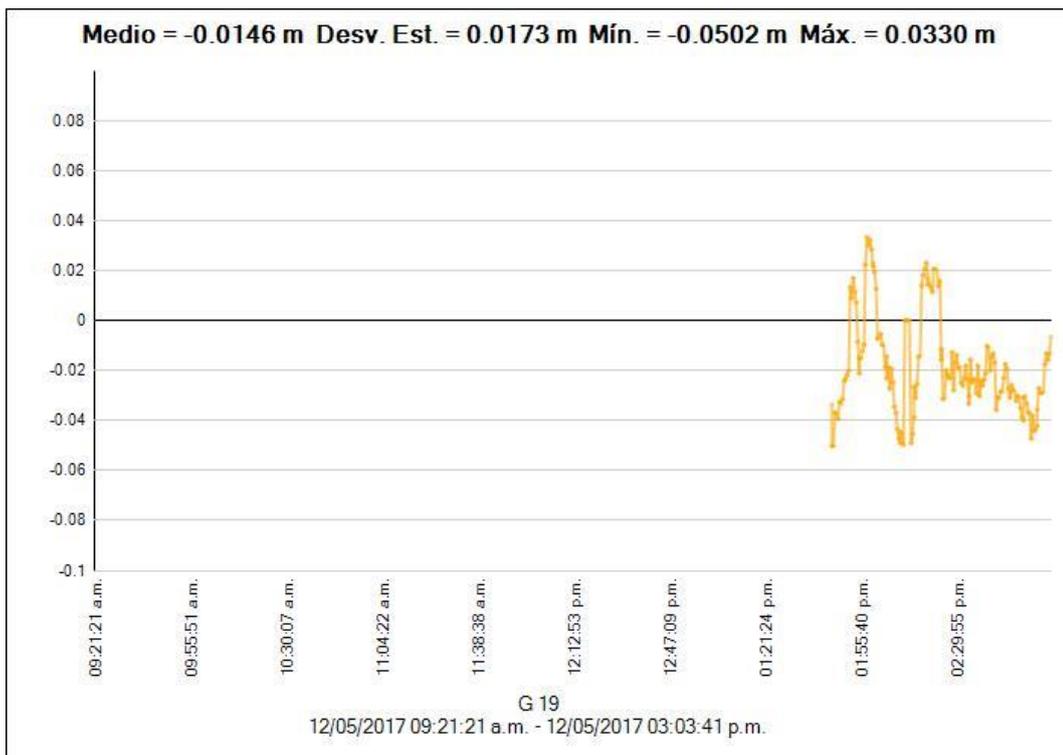
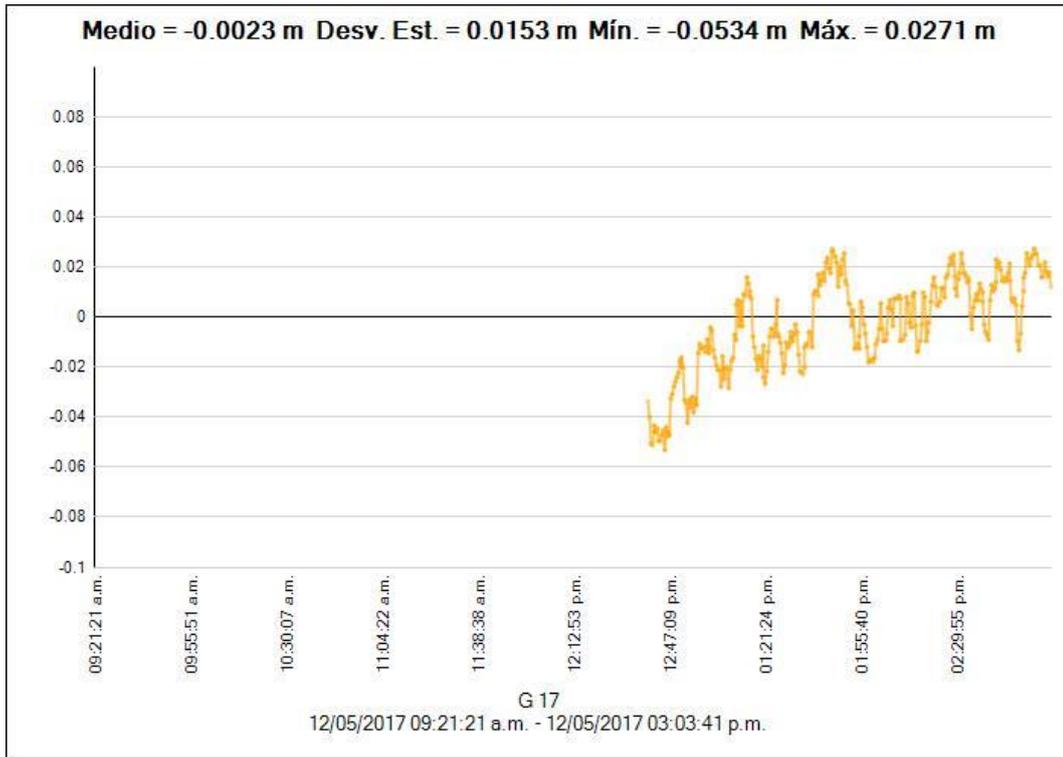


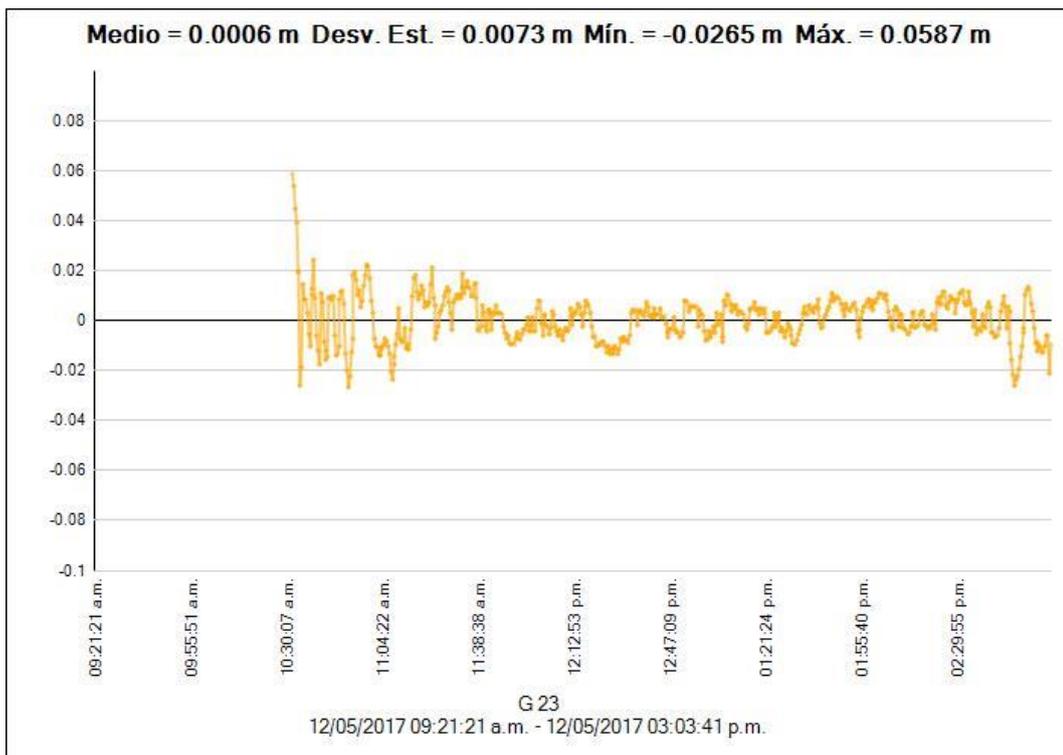
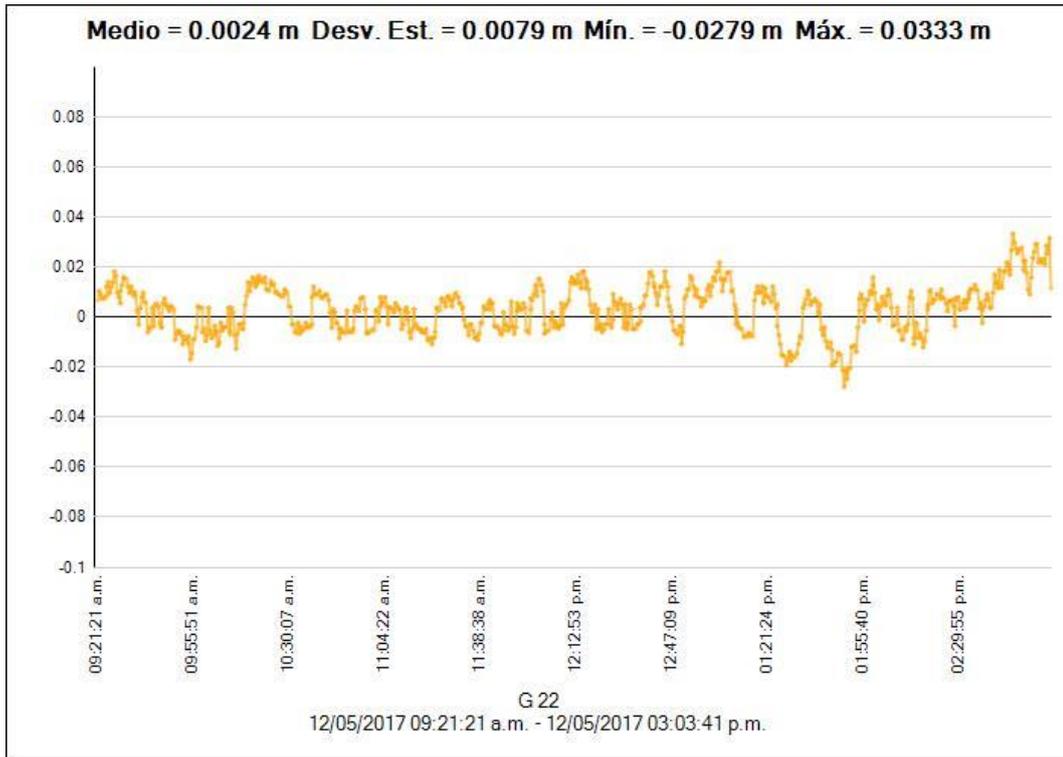


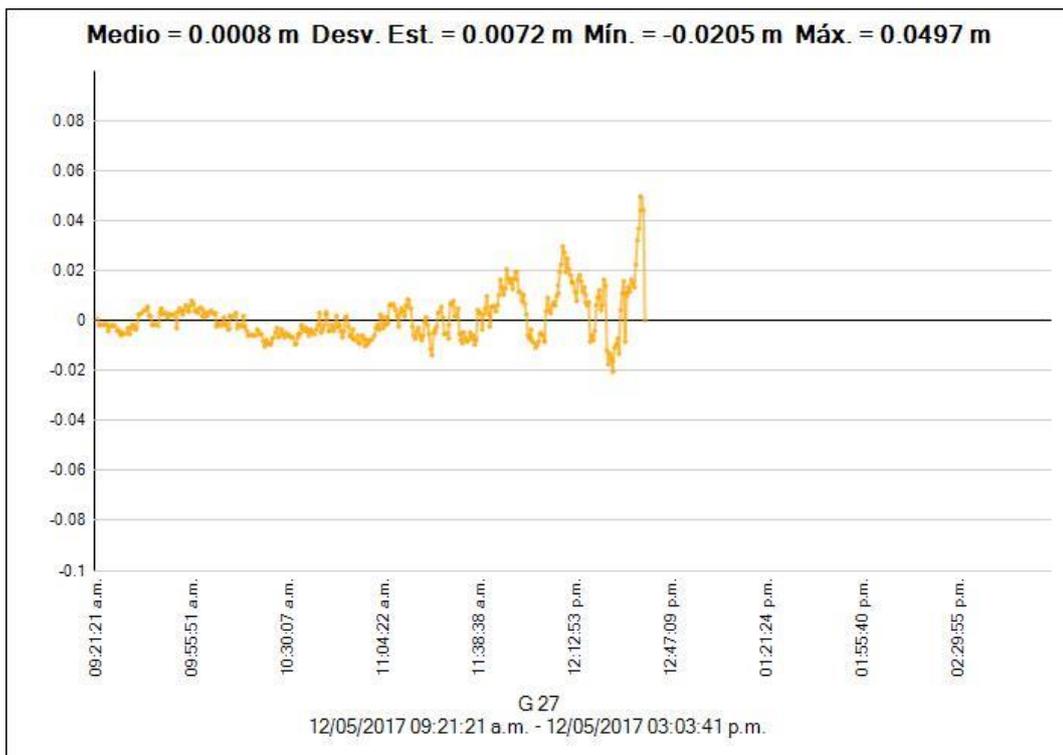
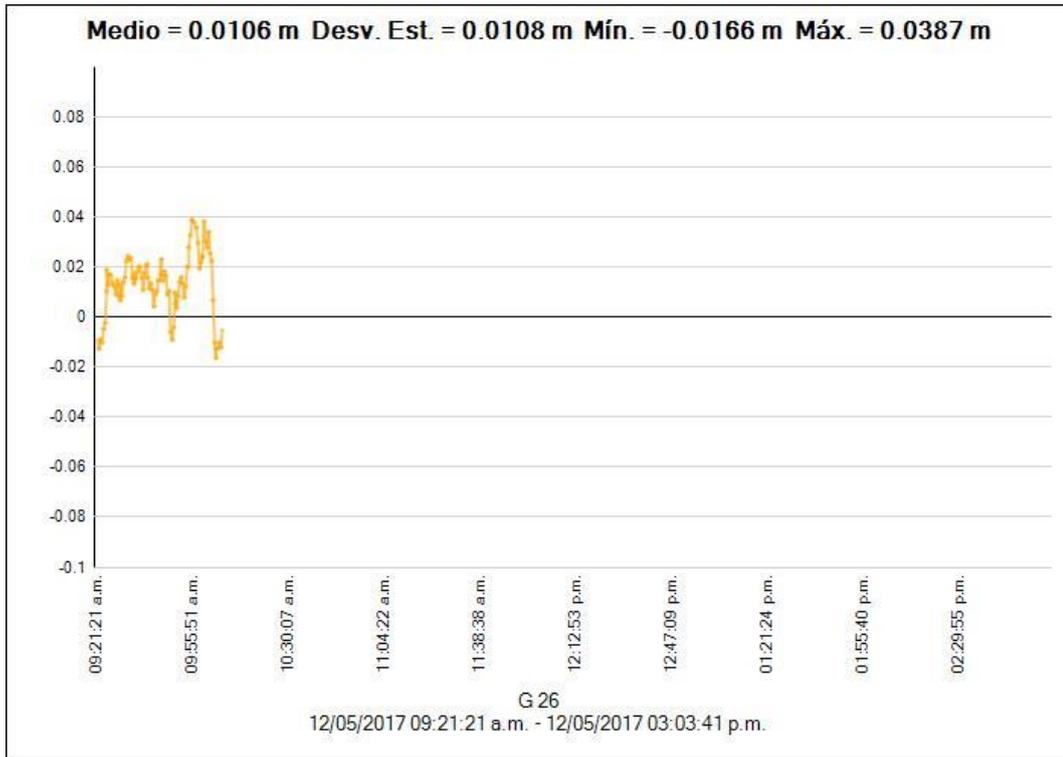


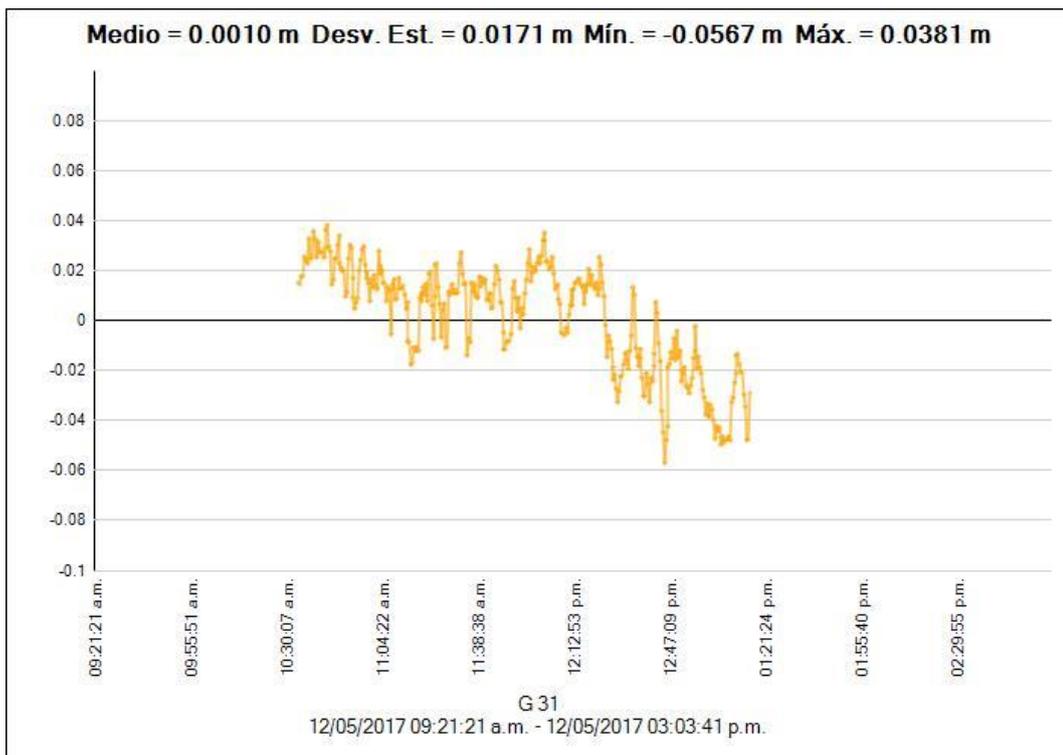
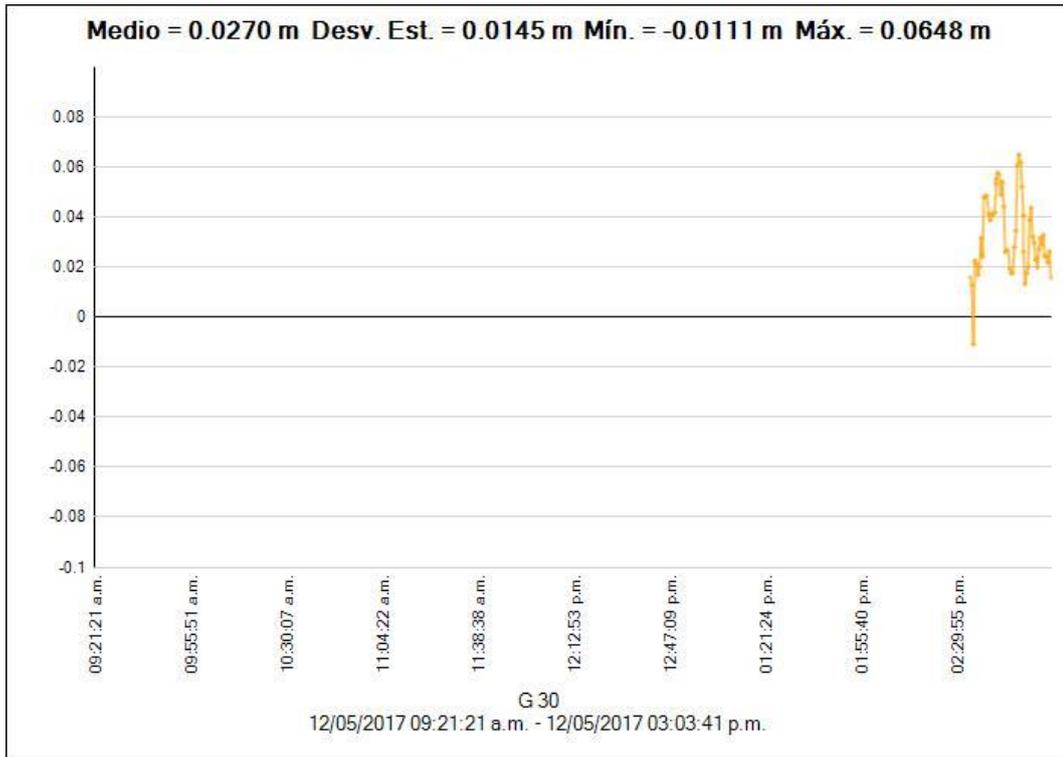


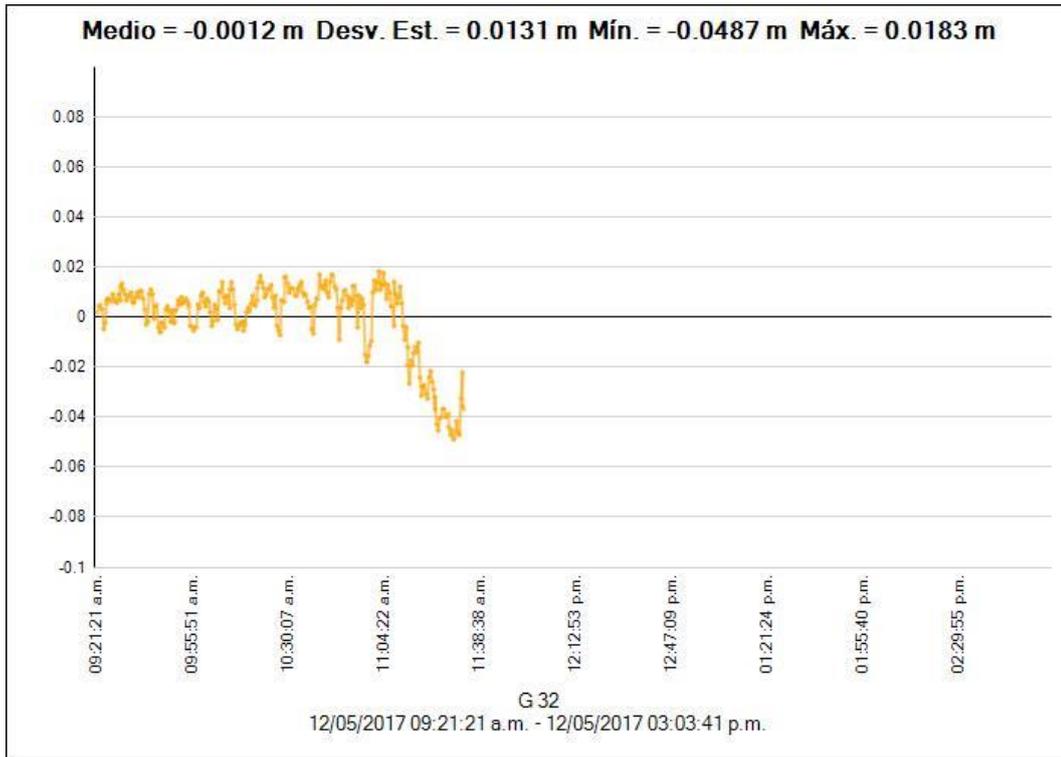












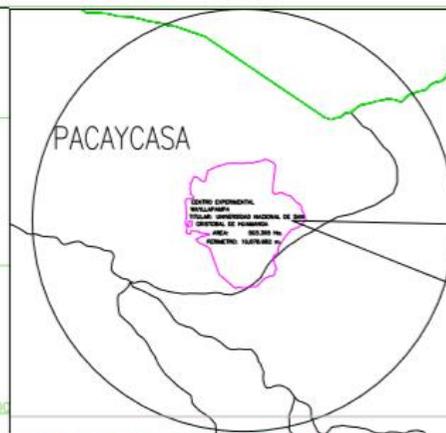
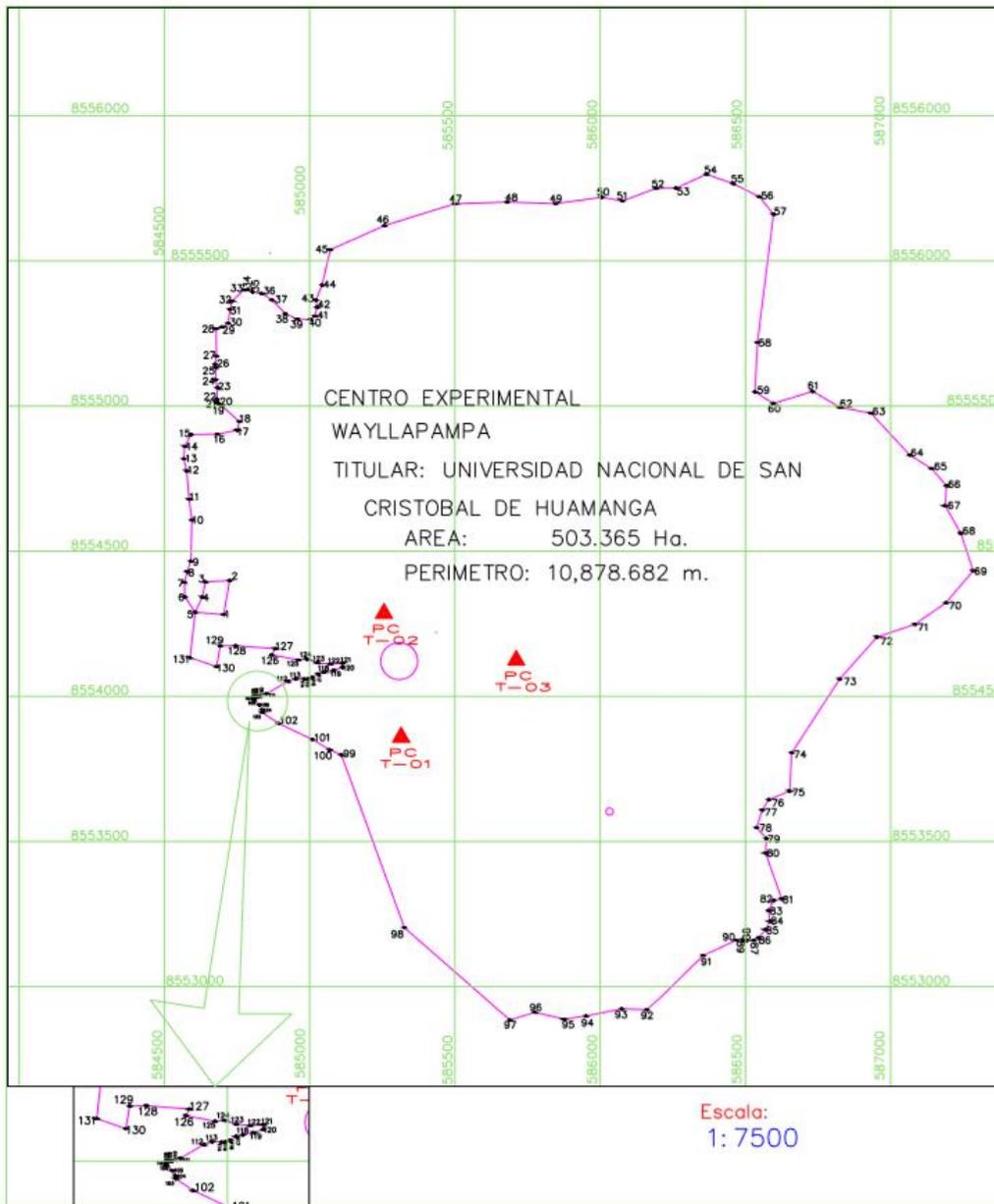
### Procesando estilo

<b>Máscara de elevación:</b>	10.0 deg
<b>Iniciar procesamiento automático:</b>	Sí
<b>Iniciar numeración de ID automática:</b>	AUTO0001
<b>Vectores continuos:</b>	No
<b>Generar residuales:</b>	Sí
<b>Modelo de antena:</b>	Automático
<b>Tipo de efeméride:</b>	Automático
<b>Frecuencia:</b>	Múltiples frecuencias
<b>Intervalo de procesamiento:</b>	Usar todos los datos
<b>Forzar flotante:</b>	No

### Criterios de aceptación

Componente del vector	Indicador	Fallida
Precisión horizontal >	0.0500 m + 1.000 ppm	0.1000 m + 1.000 ppm
Precisión vertical >	0.1000 m + 1.000 ppm	0.2000 m + 1.000 ppm

Fecha: 15/05/2017 04:56:23 p.m.	Proyecto: C:\Users\TOSHIBA\Documents\Trimble Business Center\LA QUINUA (O.LOZANO).vce	Trimble Business Center
---------------------------------	---	-------------------------



**PLANO DE LOCALIZACION**  
Escala:  
1: 50000



Escala:  
1: 20000

CUADRO DE COORDENADAS UTM DEL CENTRO EXPERIMENTAL WAYLLAPAMPA		ID	ESTE	NORTE	COTA
1	584728.432	855455.000	129	855455.000	25.08
2	584728.432	855455.000	128	855455.000	25.08
3	584728.432	855455.000	127	855455.000	25.08
4	584728.432	855455.000	126	855455.000	25.08
5	584728.432	855455.000	125	855455.000	25.08
6	584728.432	855455.000	124	855455.000	25.08
7	584728.432	855455.000	123	855455.000	25.08
8	584728.432	855455.000	122	855455.000	25.08
9	584728.432	855455.000	121	855455.000	25.08
10	584728.432	855455.000	120	855455.000	25.08
11	584728.432	855455.000	119	855455.000	25.08
12	584728.432	855455.000	118	855455.000	25.08
13	584728.432	855455.000	117	855455.000	25.08
14	584728.432	855455.000	116	855455.000	25.08
15	584728.432	855455.000	115	855455.000	25.08
16	584728.432	855455.000	114	855455.000	25.08
17	584728.432	855455.000	113	855455.000	25.08
18	584728.432	855455.000	112	855455.000	25.08
19	584728.432	855455.000	111	855455.000	25.08
20	584728.432	855455.000	110	855455.000	25.08
21	584728.432	855455.000	109	855455.000	25.08
22	584728.432	855455.000	108	855455.000	25.08
23	584728.432	855455.000	107	855455.000	25.08
24	584728.432	855455.000	106	855455.000	25.08
25	584728.432	855455.000	105	855455.000	25.08
26	584728.432	855455.000	104	855455.000	25.08
27	584728.432	855455.000	103	855455.000	25.08
28	584728.432	855455.000	102	855455.000	25.08
29	584728.432	855455.000	101	855455.000	25.08
30	584728.432	855455.000	100	855455.000	25.08
31	584728.432	855455.000	99	855455.000	25.08
32	584728.432	855455.000	98	855455.000	25.08
33	584728.432	855455.000	97	855455.000	25.08
34	584728.432	855455.000	96	855455.000	25.08
35	584728.432	855455.000	95	855455.000	25.08
36	584728.432	855455.000	94	855455.000	25.08
37	584728.432	855455.000	93	855455.000	25.08
38	584728.432	855455.000	92	855455.000	25.08
39	584728.432	855455.000	91	855455.000	25.08
40	584728.432	855455.000	90	855455.000	25.08
41	584728.432	855455.000	89	855455.000	25.08
42	584728.432	855455.000	88	855455.000	25.08
43	584728.432	855455.000	87	855455.000	25.08
44	584728.432	855455.000	86	855455.000	25.08
45	584728.432	855455.000	85	855455.000	25.08
46	584728.432	855455.000	84	855455.000	25.08
47	584728.432	855455.000	83	855455.000	25.08
48	584728.432	855455.000	82	855455.000	25.08
49	584728.432	855455.000	81	855455.000	25.08
50	584728.432	855455.000	80	855455.000	25.08
51	584728.432	855455.000	79	855455.000	25.08
52	584728.432	855455.000	78	855455.000	25.08
53	584728.432	855455.000	77	855455.000	25.08
54	584728.432	855455.000	76	855455.000	25.08
55	584728.432	855455.000	75	855455.000	25.08
56	584728.432	855455.000	74	855455.000	25.08
57	584728.432	855455.000	73	855455.000	25.08
58	584728.432	855455.000	72	855455.000	25.08
59	584728.432	855455.000	71	855455.000	25.08
60	584728.432	855455.000	70	855455.000	25.08
61	584728.432	855455.000	69	855455.000	25.08
62	584728.432	855455.000	68	855455.000	25.08
63	584728.432	855455.000	67	855455.000	25.08
64	584728.432	855455.000	66	855455.000	25.08
65	584728.432	855455.000	65	855455.000	25.08
66	584728.432	855455.000	64	855455.000	25.08
67	584728.432	855455.000	63	855455.000	25.08
68	584728.432	855455.000	62	855455.000	25.08
69	584728.432	855455.000	61	855455.000	25.08
70	584728.432	855455.000	60	855455.000	25.08
71	584728.432	855455.000	59	855455.000	25.08
72	584728.432	855455.000	58	855455.000	25.08
73	584728.432	855455.000	57	855455.000	25.08
74	584728.432	855455.000	56	855455.000	25.08
75	584728.432	855455.000	55	855455.000	25.08
76	584728.432	855455.000	54	855455.000	25.08
77	584728.432	855455.000	53	855455.000	25.08
78	584728.432	855455.000	52	855455.000	25.08
79	584728.432	855455.000	51	855455.000	25.08
80	584728.432	855455.000	50	855455.000	25.08
81	584728.432	855455.000	49	855455.000	25.08
82	584728.432	855455.000	48	855455.000	25.08
83	584728.432	855455.000	47	855455.000	25.08
84	584728.432	855455.000	46	855455.000	25.08
85	584728.432	855455.000	45	855455.000	25.08
86	584728.432	855455.000	44	855455.000	25.08
87	584728.432	855455.000	43	855455.000	25.08
88	584728.432	855455.000	42	855455.000	25.08
89	584728.432	855455.000	41	855455.000	25.08
90	584728.432	855455.000	40	855455.000	25.08
91	584728.432	855455.000	39	855455.000	25.08
92	584728.432	855455.000	38	855455.000	25.08
93	584728.432	855455.000	37	855455.000	25.08
94	584728.432	855455.000	36	855455.000	25.08
95	584728.432	855455.000	35	855455.000	25.08
96	584728.432	855455.000	34	855455.000	25.08
97	584728.432	855455.000	33	855455.000	25.08
98	584728.432	855455.000	32	855455.000	25.08
99	584728.432	855455.000	31	855455.000	25.08
100	584728.432	855455.000	30	855455.000	25.08
101	584728.432	855455.000	29	855455.000	25.08
102	584728.432	855455.000	28	855455.000	25.08
103	584728.432	855455.000	27	855455.000	25.08
104	584728.432	855455.000	26	855455.000	25.08
105	584728.432	855455.000	25	855455.000	25.08
106	584728.432	855455.000	24	855455.000	25.08
107	584728.432	855455.000	23	855455.000	25.08
108	584728.432	855455.000	22	855455.000	25.08
109	584728.432	855455.000	21	855455.000	25.08
110	584728.432	855455.000	20	855455.000	25.08
111	584728.432	855455.000	19	855455.000	25.08
112	584728.432	855455.000	18	855455.000	25.08
113	584728.432	855455.000	17	855455.000	25.08
114	584728.432	855455.000	16	855455.000	25.08
115	584728.432	855455.000	15	855455.000	25.08
116	584728.432	855455.000	14	855455.000	25.08
117	584728.432	855455.000	13	855455.000	25.08
118	584728.432	855455.000	12	855455.000	25.08
119	584728.432	855455.000	11	855455.000	25.08
120	584728.432	855455.000	10	855455.000	25.08
121	584728.432	855455.000	9	855455.000	25.08
122	584728.432	855455.000	8	855455.000	25.08
123	584728.432	855455.000	7	855455.000	25.08
124	584728.432	855455.000	6	855455.000	25.08
125	584728.432	855455.000	5	855455.000	25.08
126	584728.432	855455.000	4	855455.000	25.08
127	584728.432	855455.000	3	855455.000	25.08
128	584728.432	855455.000	2	855455.000	25.08
129	584728.432	855455.000	1	855455.000	25.08

PUNTOS DE CONTROL				
COORDENADAS UTM WGS-84				
ID	ESTE	NORTE	COTA	
T-01	584728.432	855455.000	25.08	25.08
T-02	584728.432	855455.000	25.08	25.08
T-03	584728.432	855455.000	25.08	25.08

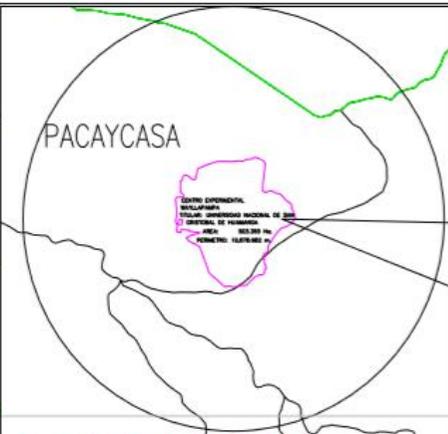
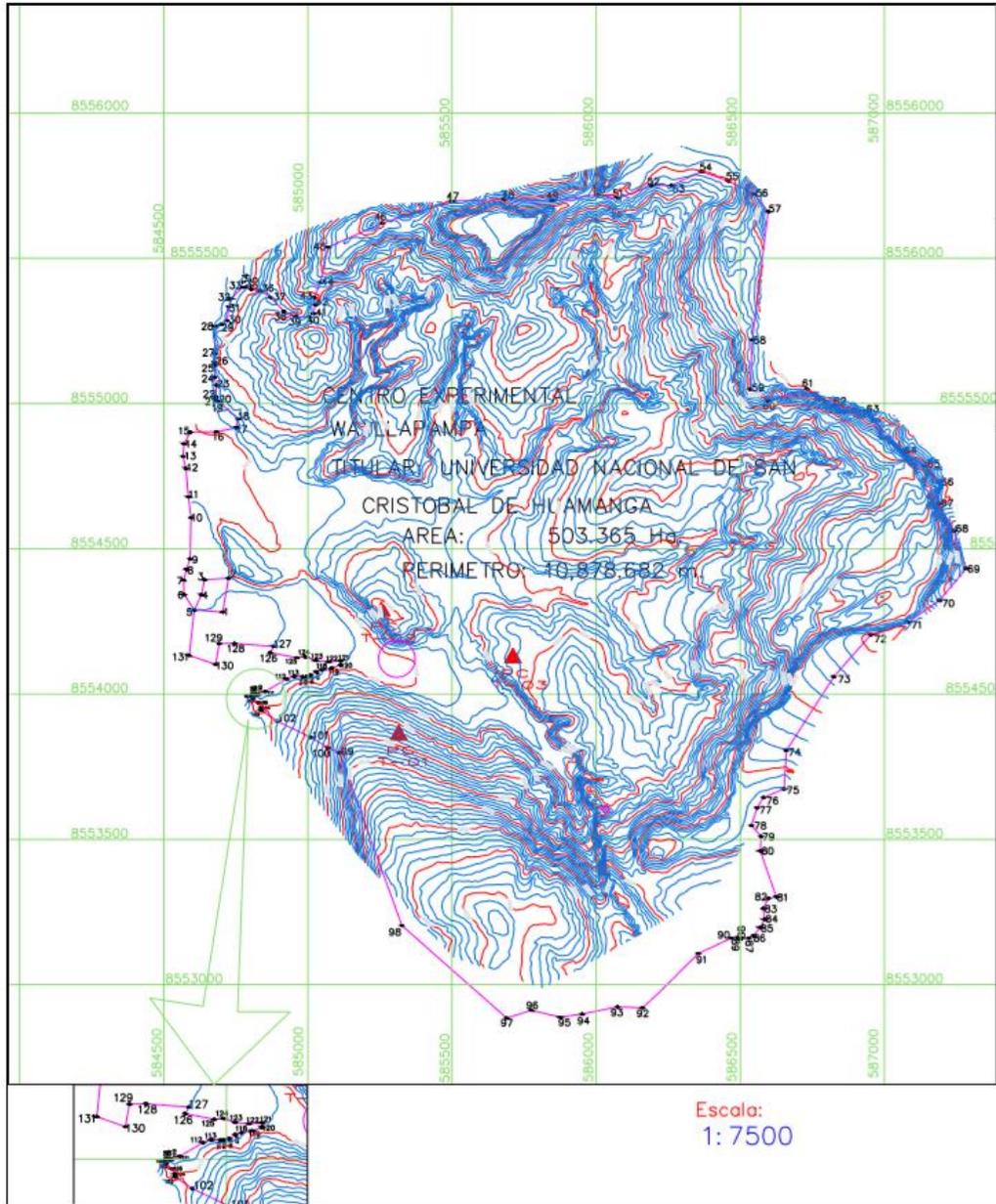
**PLANO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL CENTRO EXPERIMENTAL WAYLLAPAMPA**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

PERIMETRO, LINDEROS Y COORDENADAS UTM UBICACION Y LOCALIZACION

PROYECTO	FECHA	PROYECTISTA	PROYECTISTA	PROYECTISTA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA	JULIO 2017	INGENIERO CIVIL	INGENIERO CIVIL	INGENIERO CIVIL
PERIMETRO, LINDEROS Y COORDENADAS UTM	JULIO 2017	INGENIERO CIVIL	INGENIERO CIVIL	INGENIERO CIVIL
UBICACION Y LOCALIZACION	JULIO 2017	INGENIERO CIVIL	INGENIERO CIVIL	INGENIERO CIVIL

01



**PLANO DE LOCALIZACION**  
Escala: 1:50000



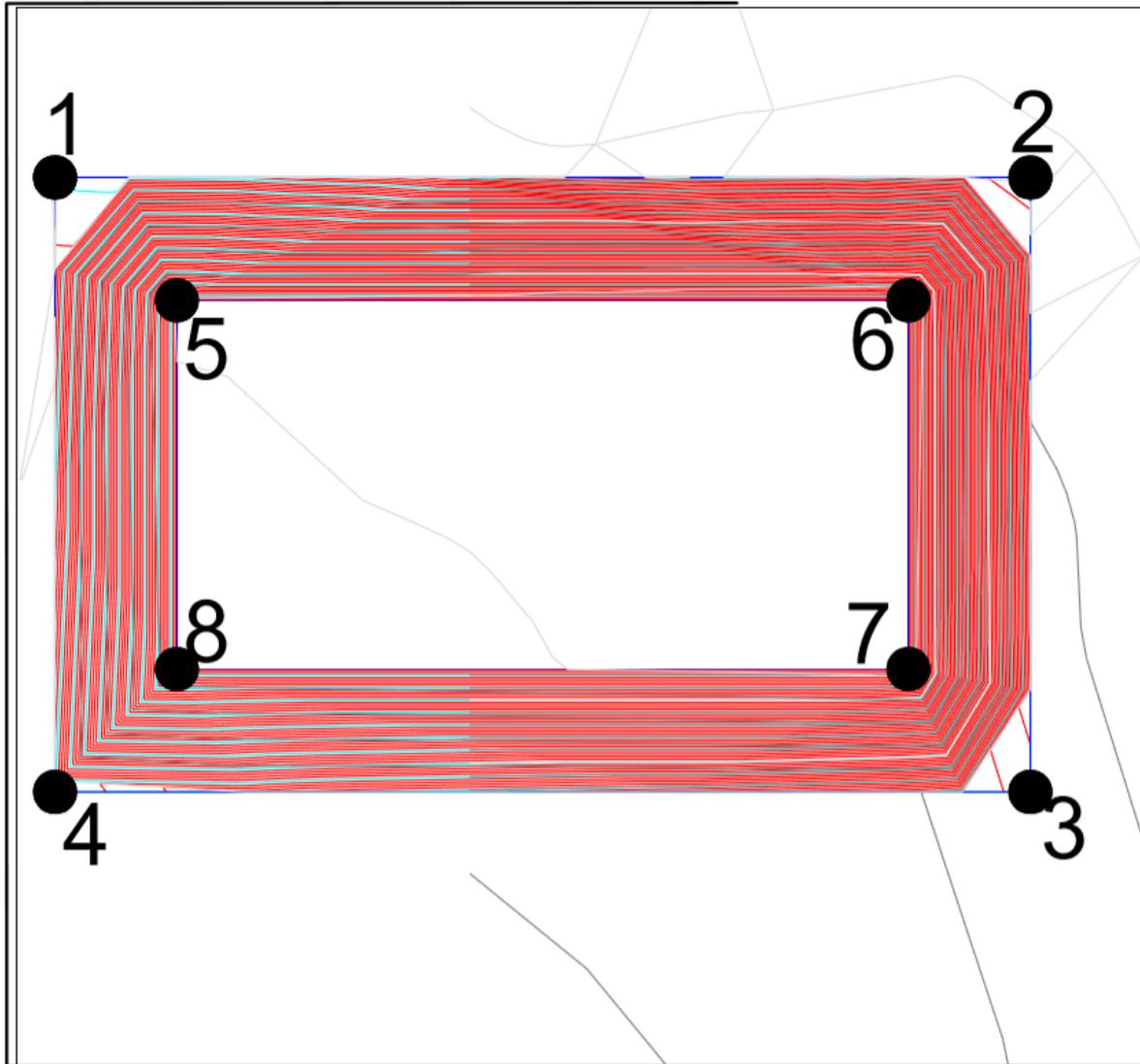
**PLANO DE UBICACION DISTRIITAL**  
Escala: 1:200000

COORDENADAS UTM DEL CENTRO EXPERIMENTAL WAYLLAPAMPA		COORDENADAS UTM DEL CENTRO EXPERIMENTAL WAYLLAPAMPA	
VERTICE	ESTE	NORTE	DISTANCIA
1	854704.242	8554263.288	108.5073
2	854704.234	8554263.275	85.3066
3	854643.277	8554264.230	53.8772
4	854600.176	8554263.232	27.2205
5	854534.024	8554263.889	66.1475
6	854510.213	8554263.276	80.1366
7	854500.273	8554263.234	37.7201
8	854478.462	8554263.866	64.1474
9	854451.280	8554263.459	341.8851
10	854354.277	8554263.242	72.2205
11	854365.282	8554263.275	36.4729
12	854370.251	8554278.450	42.8780
13	854372.280	8554263.234	60.7261
14	854370.244	8554263.812	66.4627
15	854363.265	8554263.175	60.1368
16	854364.268	8554263.275	87.2205
17	854372.268	8554263.812	61.2205
18	854371.272	8554263.867	76.8611
19	854368.273	8554263.232	13.2205
20	854367.262	8554263.275	7.2205
21	854362.276	8554263.812	12.2205
22	854361.264	8554263.275	36.2205
23	854362.251	8554263.232	26.2205
24	854376.260	8554263.812	66.7790
25	854376.260	8554263.232	26.2205
26	854376.262	8554263.812	26.2205
27	854379.264	8554273.780	76.2205
28	854379.262	8554263.232	26.2205
29	854368.268	8554263.232	26.2205
30	854368.268	8554263.812	26.2205
31	854370.268	8554263.864	47.2205
32	854370.268	8554263.232	26.2205
33	854372.268	8554263.812	26.2205
34	854372.268	8554263.232	26.2205
35	854372.268	8554263.812	26.2205
36	854372.268	8554263.232	26.2205
37	854372.268	8554263.812	26.2205
38	854372.268	8554263.232	26.2205
39	854372.268	8554263.812	26.2205
40	854372.268	8554263.232	26.2205
41	854372.268	8554263.812	26.2205
42	854372.268	8554263.232	26.2205
43	854372.268	8554263.812	26.2205
44	854372.268	8554263.232	26.2205
45	854372.268	8554263.812	26.2205
46	854372.268	8554263.232	26.2205
47	854372.268	8554263.812	26.2205
48	854372.268	8554263.232	26.2205
49	854372.268	8554263.812	26.2205
50	854372.268	8554263.232	26.2205
51	854372.268	8554263.812	26.2205
52	854372.268	8554263.232	26.2205
53	854372.268	8554263.812	26.2205
54	854372.268	8554263.232	26.2205
55	854372.268	8554263.812	26.2205
56	854372.268	8554263.232	26.2205
57	854372.268	8554263.812	26.2205
58	854372.268	8554263.232	26.2205
59	854372.268	8554263.812	26.2205
60	854372.268	8554263.232	26.2205
61	854372.268	8554263.812	26.2205
62	854372.268	8554263.232	26.2205
63	854372.268	8554263.812	26.2205
64	854372.268	8554263.232	26.2205
65	854372.268	8554263.812	26.2205
66	854372.268	8554263.232	26.2205
67	854372.268	8554263.812	26.2205
68	854372.268	8554263.232	26.2205
69	854372.268	8554263.812	26.2205
70	854372.268	8554263.232	26.2205
71	854372.268	8554263.812	26.2205
72	854372.268	8554263.232	26.2205
73	854372.268	8554263.812	26.2205
74	854372.268	8554263.232	26.2205
75	854372.268	8554263.812	26.2205
76	854372.268	8554263.232	26.2205
77	854372.268	8554263.812	26.2205
78	854372.268	8554263.232	26.2205
79	854372.268	8554263.812	26.2205
80	854372.268	8554263.232	26.2205
81	854372.268	8554263.812	26.2205
82	854372.268	8554263.232	26.2205
83	854372.268	8554263.812	26.2205
84	854372.268	8554263.232	26.2205
85	854372.268	8554263.812	26.2205
86	854372.268	8554263.232	26.2205
87	854372.268	8554263.812	26.2205
88	854372.268	8554263.232	26.2205
89	854372.268	8554263.812	26.2205
90	854372.268	8554263.232	26.2205
91	854372.268	8554263.812	26.2205
92	854372.268	8554263.232	26.2205
93	854372.268	8554263.812	26.2205
94	854372.268	8554263.232	26.2205
95	854372.268	8554263.812	26.2205
96	854372.268	8554263.232	26.2205
97	854372.268	8554263.812	26.2205
98	854372.268	8554263.232	26.2205
99	854372.268	8554263.812	26.2205
100	854372.268	8554263.232	26.2205

PUNTOS DE CONTROL			
COORDENADAS UTM MGS BM			
ID	ESTE	NORTE	COTA
T-01	854355.136	8553810.712	2536.828
T-02	854256.289	8554263.726	2531.550
T-03	854711.491	8554124.254	2538.939

PLANO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL CENTRO EXPERIMENTAL WAYLLAPAMPA			
TITULAR UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA		FECHA	
PLAN PERIMETRO, LINDEROS Y COORDENADAS UTM EN CURVAS DE NIVEL		02	
AREA: 503.365 Ha	PERIMETRO: 10.878.682 m	PROYECTO: Topografía	FECHA: Agosto
ELABORADO POR: [Nombre]	REVISADO POR: [Nombre]	APROBADO POR: [Nombre]	FECHA: Agosto 2017
ESCALA: COORDENADAS UTM	ESCALA: PERIMETRO	ESCALA: CURVAS DE NIVEL	ESCALA: PLANIMETRICA



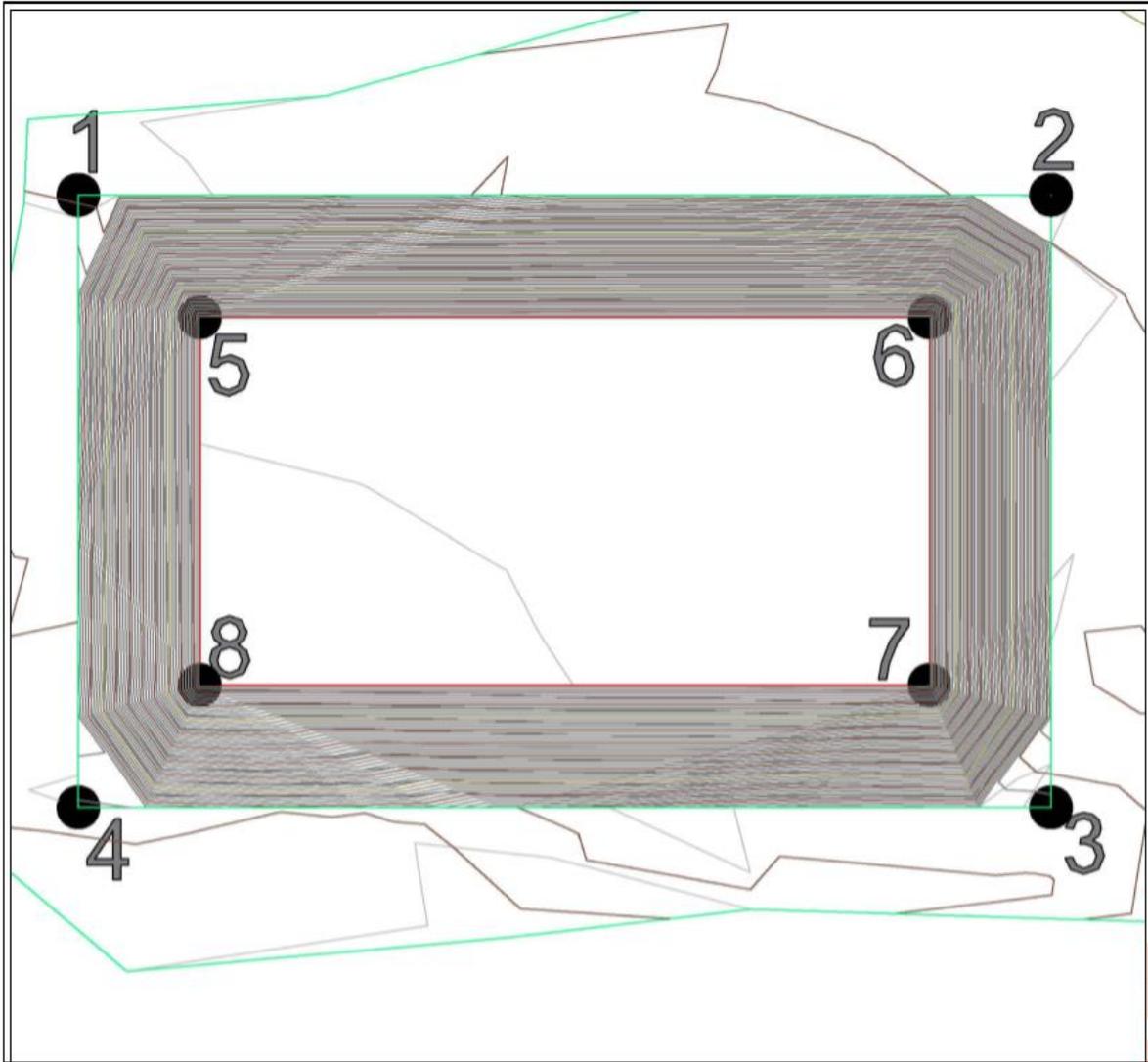


ID	ESTE (m)	NORTE (m)	ELEVACION (m)
1	585390.687	8554146.771	2477.500
2	585470.687	8554146.771	2477.500
3	585470.687	8554096.771	2477.500
4	585390.687	8554096.771	2477.500
5	585400.687	8554136.771	2467.500
6	585460.687	8554136.771	2467.500
7	585460.687	8554106.771	2467.500
8	585400.687	8554106.771	2467.500

VOLUMEN DE CORTE (m3)	VOLUMEN DE RELLENO (m3)	VOLUMEN DE CORTE NETO (m3)	DESCRIPCION
28764.34	0.77	28763.57	CON ESTACION TOTAL
28866.5	0.51	28865.99	CON DRONE
<b>DIFERENCIA (m3)</b>		<b>-102.42</b>	

PLANO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON DRONE EBEE			
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA		LABORA	
PROYECTO PARA CONSTRUCCION DE RESERVOIR PARA UN VOLUMEN DE 28,500 m3			
ESCALA	FECHA	ENCARGADO	ENCARGADO
1:500	2017	YANIS	YANIS
COORDENADAS UTM		FECHA	
ZONA 18N, 90S-01		AÑO 2017	
Escala: Trazos Colaps Flores		Escala: Trazos Colaps Flores	

04



ID	ESTE (m)	NORTE (m)	ELEVACION (m)
1	585390.687	8554146.771	2477.500
2	585470.687	8554146.771	2477.500
3	585470.687	8554096.771	2477.500
4	585390.687	8554096.771	2477.500
5	585400.687	8554136.771	2467.500
6	585460.687	8554136.771	2467.500
7	585460.687	8554106.771	2467.500
8	585400.687	8554106.771	2467.500

VOLUMEN DE CORTE (m3)	VOLUMEN DE RELLENO (m3)	VOLUMEN DE CORTE NETO (m3)	DESCRIPCION
28764.34	0.77	28763.57	CON ESTACION TOTAL
28866.5	0.51	28865.99	CON DRONE
<b>DIFERENCIA (m3)</b>		<b>-102.42</b>	

**PLANO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO  
CON ESTACION TOTAL**

<b>UBICACION:</b> UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA		05
<b>PLANO:</b> PROYECTO PARA CONSTRUCCION DE RESERVOIRIO PARA UN VOLUMEN DE 28,500 m3		
<b>AREA:</b> 4,000 m2	<b>PERIMETRO:</b> 280 m	
<b>PROYECTISTA:</b> Mach. Tinoco Quipe Flores	<b>COORDINADAS UTM ZONA 18Q UTM-84</b>	<b>FECHA:</b> JULIO 2017
<b>PROYECTISTA:</b> Wilyapampa	<b>PROYECTISTA:</b> Paccayosa	<b>PROYECTISTA:</b> Huamanga
<b>PROYECTISTA:</b> Ayacucho	<b>PROYECTISTA:</b> Arequipa	<b>PROYECTISTA:</b> IQUIBANDA



