

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**COMPARACIÓN DE PRECISIÓN REALIZADA CON DRONE
RESPECTO AL MÉTODO TRADICIONAL EN UN RELIEVE SEMI
MONTAÑOSO DEL A.H. NUEVO PROGRESO, PROVINCIA DE
CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2019**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

SOLANGHE ROXANA YOMONA LUNA

ASESOR

CESAR EDUARDO CACHAY LAZO

<https://orcid.org/0000-0002-0547-522X>

Chiclayo, 2021

**COMPARACIÓN DE PRECISIÓN REALIZADA CON
DRONE RESPECTO AL MÉTODO TRADICIONAL EN UN
RELIEVE SEMI MONTAÑOSO DEL A.H. NUEVO
PROGRESO, PROVINCIA DE CHICLAYO,
DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2019**

PRESENTADA POR
SOLANGHE ROXANA YOMONA LUNA

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Lino Alcibiades Gayoso Santacruz
PRESIDENTE

Angel Alberto Lorren Palomino
SECRETARIO

Cesar Eduardo Cachay Lazo
VOCAL

DEDICATORIA

A mis abuelitos Alfredo y Ursula por su amor infinito.

A mi mamá Rosana por sus palabras que me motivaron cada vez que no podía más.

A Jharold por siempre darme ese empujón que me hace falta y estar siempre conmigo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por acompañarme siempre en cada paso que doy. A mis padres que siempre me apoyaron. A mis amigos Bryan, Rosely, Cinthia, Renzo, Josmel y Marco por todas nuestras aventuras, aprendizajes y gratos momentos que permanecerán siempre en mi corazón.

A mi asesor y profesores por todos los conocimientos que me aportaron para ser una gran profesional.

ÍNDICE

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. MARCO TEÓRICO	12
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	12
2.2. BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS	14
2.2.1. TOPOGRAFÍA.....	14
2.2.2. DRON.....	17
2.2.3. FOTOGRAMETRÍA.....	19
2.2.4. SOFTWARE AGISOFT METASHAPE PROFESSIONAL	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	20
3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	20
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO	20
3.3.1. POBLACIÓN	20
3.3.2. MUESTRA	20
3.3.3. MUESTREO.....	20
3.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	20
3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES Y OBJETIVOS	21
3.5.1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	21
3.5.2. OBJETIVOS	21
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	22
3.6.1. TÉCNICA DE GABINETE.....	22
3.6.2. TÉCNICA DE CAMPO	22
3.6.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	22
3.7. PROCEDIMIENTOS.....	22
3.8. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	37
3.9. MATRIZ DE CONSISTENCIA	38
3.10. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. RESULTADOS.....	38
4.1.1. NIVELACIÓN GEOMÉTRICA	38
4.1.2. POLIGONAL DE APOYO CON ESTACIÓN TOTAL.....	39
4.1.3. PUNTOS DE CONTROL DE LA ESTACIÓN TOTAL.....	40

4.1.4.	PROMEDIO DE PUNTOS DE CONTROL DEL DRON	40
4.1.5.	DIFERENCIA DE COORDENADAS Y COTAS DE LA ESTACIÓN TOTAL RESPECTO AL PROMEDIO DE VUELOS DEL DRON.....	40
4.1.6.	PRECISIÓN DEL DRON	41
4.1.7.	ALINEAMIENTOS.....	45
4.1.8.	ANÁLISIS DE COSTO.....	47
4.1.9.	ANÁLISIS DE TIEMPO.....	47
4.2.	DISCUSIÓN	47
V.	CONCLUSIONES.....	48
VI.	RECOMENDACIONES	49
VII.	BIBLIOGRAFÍA	50
VIII.	ANEXOS	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustración: Exactitud - precisión	16
Figura 2: Punto Geodésico - 01	23
Figura 3: Punto Geodésico – 02	24
Figura 4: Excavación del terreno.....	24
Figura 5: Acabados al concreto	25
Figura 6: Circuitos de la nivelación geométrica.....	31
Figura 7: Nivelación geométrica	31
Figura 8: Nivelación geométrica	31
Figura 9: Poligonal Cerrada.....	34
Figura 10: Radiación con la estación total.....	34
Figura 11: Radiación con la estación total.....	34
Figura 12: BM - 10.....	35
Figura 13: BM - 2	35
Figura 14: BM - 4	35
Figura 15: BM - 15	36
Figura 16: Vuelo del dron.....	36
Figura 17: Plan de vuelo.....	37
Figura 18: Mediciones obtenidas del software Agisoft metashape - vuelo 1	41
Figura 19: Mediciones obtenidas del software Agisoft metashape - vuelo 2.....	42
Figura 20: Mediciones obtenidas del software Agisoft metashape - vuelo 3.....	43

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	21
Tabla 2: Nivelación geométrica – circuito N°01	25
Tabla 3: Cotas compensadas para el circuito N°01	26
Tabla 4: Nivelación geométrica – circuito N°02	27
Tabla 5: Cotas compensadas para el circuito N°02	29
Tabla 6: Nivelación geométrica – circuito N°03	29
Tabla 7: Cotas compensadas para el circuito N°03	30
Tabla 8: Ángulos obtenidos en campo	32
Tabla 9: Corrección angular	32
Tabla 10: Compensación de coordenadas	33
Tabla 11: Calculo de rumbo	33
Tabla 12: Matriz de consistencia	38
Tabla 13: BM de la nivelación geométrica.....	39
Tabla 13: Coordenadas compensadas - estación total	39
Tabla 14: Puntos de control de la estación total	40
Tabla 15: Promedio de puntos de control del dron.....	40
Tabla 16: Diferencia de coordenadas y cotas de la estación total respecto al promedio de vuelos del dron.....	40
Tabla 17: Coordenadas y cotas - vuelo 1.....	41
Tabla 18: Error residual - vuelo 1.....	41
Tabla 19: Coordenadas y cotas - vuelo 2.....	42
Tabla 20: Error residual - vuelo 2.....	42
Tabla 21: Coordenadas y cotas - vuelo 3.....	43
Tabla 22: Error residual - vuelo 3.....	43
Tabla 23: Error medio cuadrático.....	44
Tabla 24: Error Probable de la media aritmética.....	44
Tabla 25: Precisión	44
Tabla 26: Precisiones.....	44
Tabla 27: Cotas – Alineamiento 1	45
Tabla 28: Cotas – Alineamiento 2	45
Tabla 29: Cotas – Alineamiento 3	45
Tabla 30: Cotas – Alineamiento 4	46
Tabla 31: Cotas – Alineamiento 5	46
Tabla 32: Cotas – Alineamiento 6	46
Tabla 33: Análisis de costos	47

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado comparación de precisión realizada con dron respecto al método tradicional en un relieve semi montañoso del A.H. Nuevo Progreso, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2019, tiene como objetivo general comparar la precisión de un levantamiento topográfico usando el método tradicional respecto al uso del dron de ala rotatoria modelo Phantom 4 pro en el A.H. Nuevo Progreso utilizando a la fotogrametría como herramienta para la recolección de los datos de campo y posteriormente ser procesados mediante el software Agisoft Metashape Professional comparándolo respecto a un levantamiento topográfico con estación total.

El trabajo de investigación es no experimental porque no se tiene control sobre la variable, descriptiva porque solo se quiere conocer ciertas características de la muestra tratando de actualizar conocimientos y comparativo porque se observan determinadas características y se establecen conclusiones de dichas comparaciones.

Como resultado se comprobará si el uso de drones de alas rotativas modelo Phantom 4 pro para levantamientos topográficos tiene una óptima precisión en comparación al método convencional en un relieve semi montañoso, para poder elegir la mejor opción que mejore el rendimiento de obra y disminuya la cantidad del personal.

Palabras clave: Comparación, topografía, precisión, dron y fotogrametría.

ABSTRACT

The present research work called precision comparison carried out with a drone with respect to the traditional method in a semi-mountainous relief of A.H. Nuevo Progreso, Chiclayo province, Lambayeque department, 2019, has the general objective of comparing the precision of a topographic survey using the method traditional compared to the use of the rotary wing drone model Phantom 4 pro in the A.H. Nuevo Progreso using photogrammetry as a tool for collecting field data and later being processed by Agisoft Metashape Professional software comparing it with a topographic survey with total.

The research work is non-experimental because there is no control over the variable, descriptive because we only want to know certain characteristics of the sample trying to update knowledge, and comparative because certain characteristics are observed and conclusions are drawn from said comparisons.

As a result, it will be verified if the use of rotary wing drones model Phantom 4 pro for topographic surveys has an optimal precision compared to the conventional method in a semi-mountainous relief, to be able to choose the best option that improves the performance of the work and reduces the amount of the staff.

Keywords: Comparison, topography, precision, dron and photogrammetry.

I. INTRODUCCIÓN

La topografía que hoy conocemos surgió a partir de las necesidades de los antiguos habitantes para realizar mediciones sobre la superficie de la tierra. Estas mediciones comenzaron desde que el hombre paso hacia un sistema de vida sedentario a causa de su ambición de extender sus propiedades de tierra, obligándolo a medir. Los primeros en realizar mediciones fueron los egipcios y babilónicos tomando como unidades las partes de su cuerpo.

En la actualidad para iniciar la elaboración de los diferentes tipos de obras civiles es necesario realizar un levantamiento topográfico, para conocer la morfología del terreno donde se va a realizar la obra. La evolución de la topografía ha sido extremadamente lenta, pero gracias a la tecnología ahora se puede determinar distancias y coordenadas de puntos topográficos sin hacer mediciones por los métodos tradicionales.

El avance de la tecnología da lugar a la necesidad de actualizar los conocimientos tradicionales del ingeniero civil, por eso es necesario conocer cuál es el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron, ya que cuenta con una gran versatilidad de vuelo, permite el ingreso a zonas inaccesibles donde el operario correría peligro, acorta los plazos de realización del trabajo, reduce costos y tiene una gran capacidad de toma de datos, por estas razones la investigación es necesaria y de gran aporte.

El objetivo principal de la siguiente investigación es realizar la comparación de precisión de un levantamiento topográfico usando el método tradicional respecto al uso del dron de ala rotatoria modelo Phantom 4 pro en el A. H. Nuevo Progreso para así poder elegir la mejor opción que mejore el rendimiento de la obra y disminuya la cantidad del personal.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

[1] realizó la investigación: “*Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de drones y gps como métodos indirectos*” en la Universidad de El Salvador, donde se realizó levantamientos topográficos con Estación Total, GPS y Dron, la investigación llegó a la conclusión que los datos obtenidos del levantamiento topográfico con estación total y dron son muy parecidas, también se determinó que los levantamientos topográficos convencionales no son eficaces ya que demanda un alto costo, una mayor mano de obra y tiempo. Mientras que al hacer uso de la fotogrametría se obtienen datos de la superficie del terreno en menor tiempo.

[2] realizó la investigación: “*Aplicación de fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados*” en la Universidad de El Salvador, usando el campus de la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador como objeto de estudio se indagó la aplicación de la fotogrametría para así establecer parámetros que se puedan usar en terrenos similares. Concluyendo que se puede obtener datos topográficos de terrenos que mediante un adecuado procesamiento de información se convertiría en una herramienta que facilite diversas actividades, esta técnica te proporciona los resultados en un menor tiempo reduciendo los trabajos en campo y obteniendo resultados confiables.

[3] realizó la investigación “*Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tuluá - Rio Frio*” en la Universidad Militar Nueva Granada se realizó un levantamiento usando la topografía convencional iniciando por la georreferenciación de los puntos base o placas GPS capturando todos los detalles posibles como: vías, canales, cunetas, etc. También se ejecutó en levantamiento topográfico con dron capturando un total de 747 fotos para su posterior procesamiento. Los puntos de control fueron tomados cada 1000 metros obteniendo una diferencia de

cotas entre los dos métodos de 0.003, -0.018, -0.028, 0.035, 0.004, -0.035, -0.09 y -0.056 llegando a la conclusión que los levantamientos topográficos con dron economizan el tiempo en la obtención de datos y presentan una buena precisión.

[4] realizó la investigación ***“Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional”*** en la Universidad Nacional del Altiplano mediante el uso del dron DJI Phantom 2 Visión + respecto al método tradicional se comprobará si presentan la misma precisión, si resulta más económico y si es menor el tiempo en la obtención de datos en campo. Se llegó a la conclusión que los dos métodos tienen resultados muy similares, que el uso del dron es más económico y en trabajos como cálculo de volúmenes y excavaciones se realiza en menor tiempo respecto a un levantamiento con estación total.

[5] realizó la investigación ***“Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la plaza San Luis – 2017”*** en la universidad Cesar Vallejo se realizó tres vuelo con la finalidad de determinar a confiabilidad de un levantamiento topográfico con dron, utilizando el software Pix4Dmapper para realizar el procesamiento de las imágenes conseguidas en campo, logrando obtener las coordenadas y cotas de los puntos de control siendo estos comprobados con las tolerancias para levantamientos topográficos y concluyendo que es confiable.

2.2. BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS

2.2.1. TOPOGRAFÍA

Es una rama de la ingeniería que recopila y procesa información como ángulos, áreas o volúmenes, distancias, coordenadas de puntos y elevaciones despreciando el efecto de la curvatura terrestre, considerándolo como una superficie plana horizontal. [6]

El objetivo de la topografía es cuantificar extensiones de terrenos, donde los datos obtenidos nos sirven para poder representar el terreno incluyendo su forma y accidentes sobre un plano, con una determinada escala. [7]

2.2.1.1. DIVISIÓN BÁSICA DE LA TOPOGRAFÍA

2.2.1.1.1. PLANIMETRÍA

Estudia puntos en la superficie de la tierra y los proyecta en un plano horizontal al cual se le conoce como plano de referencia. Para mostrar estos puntos en un plano (es decir, en un espacio bidimensional), es necesario fijar un sistema de referencia que ubique el punto de medida respecto a un origen común. [8]

2.2.1.1.2. ALTIMETRÍA

Se encarga de estudiar el espacio vertical entre dos puntos, o la desigualdad entre un punto en el suelo y cualquier plano de comparación horizontal. [8]

2.2.1.2. PRECISIÓN DE UNA NIVELACIÓN COMPUESTA

Al realizar una nivelación ya sea preliminar se tiene que tener en cuenta la precisión del equipo y mientras esta sea mayor incrementaría su costo, sin embargo, siempre existirá errores esporádicos pero la precisión se puede calcular mediante el error máximo tolerable. Este valor será hallado mediante el error kilométrico (e) y el número de kilómetros (k). [8]

$$E_{m\acute{a}x} = e\sqrt{k}$$

E_{max} = Error máximo tolerable (metros)

e = Error kilométrico (metros)

k = Número de kilómetros

2.2.1.2.1. NIVELACIÓN APROXIMADA

Utilizado en trabajos al inicio de obra, donde se reconoce el terreno, con visuales hasta 300 metros. [8]

$$E_{m\acute{a}x} = \pm 0.10\sqrt{k}$$

2.2.1.2.2. NIVELACIÓN ORDINARIA

Se utiliza en obras como carreteras, trabajos comunes de topografía, caminos etc. Las vistas son hasta los 150 metros. [8]

$$E_{m\acute{a}x} = \pm 0.02\sqrt{k}$$

2.2.1.2.3. NIVELACIÓN PRECISA

Esta clase de nivelación se utiliza en trabajos donde se requiere tener una alta precisión como la preparación de planos catastrales y en trabajos cartográficos, con visuales hasta de 100 metros. [8]

$$E_{m\acute{a}x} = \pm 0.01\sqrt{k}$$

2.2.1.2.4. NIVELACIÓN DE ALTA PRECISIÓN

Utilizados para trabajos de primer orden como ubicación de B.M. con visuales de 100 metros, teniendo en cuenta el clima ya que estar expuesto al sol variaría el resultado. [8]

$$E_{m\acute{a}x} = \pm 0.004\sqrt{k}$$

2.2.1.3. ERRORES EN LA MEDICIÓN

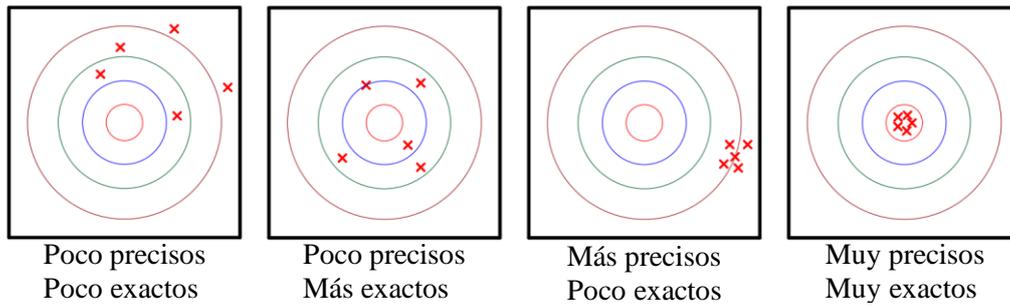
2.2.1.3.1. EXACTITUD

Es el valor más cercano a la realidad que se puede llegar a obtener. [8]

2.2.1.3.2. PRECISIÓN

Es la similitud entre los valores obtenidos. [8]

Figura 1: Ilustración: Exactitud - precisión



Fuente: [8]

2.2.1.3.2.1. MEDIA (\bar{x})

Resulta del promedio de datos obtenidos. [5]

$$\bar{x} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_N}{n}$$

2.2.1.3.2.2. DESVIACIÓN (V_i)

Es la diferencia entre el valor real y el valor medido. [5]

$$V_i = X_i - \bar{x}$$

2.2.1.3.2.3. ERROR MEDIO CUADRÁTICO (E_c)

Es el valor de la adición de errores residuales. [5]

$$E_c = \sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum V^2}{n}}$$

2.2.1.3.2.4. ERROR PROBABLE (E_v)

$$E_v = E_c / (n)^{1/2}$$

2.2.1.3.2.5. PRECISIÓN (P)

Valor que existe entre la distancia y el error cometido.

$$P = \frac{E_L}{\sum L} \text{ ó } P = \frac{1}{\frac{E_L}{\sum L}} = \frac{1}{\frac{\bar{x}}{E_v}}$$

2.2.2. DRON

Son robots voladores que no tiene tripulación, estos pueden ser controlados por control remoto o ellos mismos mediante un software. Inicialmente tuvo uso exclusivo militar, pero con el tiempo ha ido evolucionando y generando nuevos usos como el mapeo de cultivos, conteo de ganado, monitoreo de la fauna silvestre, combatir plagas, detectar incendios, filmar películas o publicidades, controlar la seguridad de un área, para levantamientos topográficos, etc. [4]

2.2.2.1. TIPOS DE DRONES

2.2.2.1.1. ALA FIJA

Estos drones requieren una velocidad de vuelo inicial ya que no tienen la capacidad de despegar por sí mismos, pues necesitan una persona o un mecanismo para lanzarlos. Estéticamente, son lo más similar a un avión ordinario. Las características aerodinámicas de este dron les otorgan una gran autonomía de vuelo. Pueden volar durante varias horas, por lo que son muy adecuados para sobrepasar y cartografiar grandes áreas. [4]

2.2.2.1.2. ALA ROTATORIA

Son los drones más reconocidos y vendidos del mercado. La sustentación de estos drones se atribuye a las hélices al final de cada brazo las cuales están impulsadas por un motor eléctrico, que tiene una gran estabilidad durante el vuelo. [4]

2.2.2.1.3. MULTIRROTORES

Debido a su sencillo funcionamiento y rápida velocidad de montaje, proporciona una gran versatilidad y eficiencia operativa. Esencialmente, es una plataforma estable porque el motor está a la misma distancia del centro de gravedad de la aeronave. Según el número de motores los clasificamos en tricópteros (3 motores), cuadricópteros (4 motores), hexacópteros (6 motores) y octocópteros. [4]

2.2.2.1.4. HELICÓPTEROS

Es la herramienta que puede realizar más funciones, tiene una gran autonomía gracias a su espacio de carga. Esto es posible ya que posee un motor y una hélice de gran tamaño. [4]

2.2.2.2. USOS DRONES EN EL ÁMBITO DE LA INGENIERÍA

2.2.2.2.1. USO DE DRONES EN LA TOPOGRAFÍA

Es un dispositivo de navegación autónomo con características técnicas especiales que puede realizar diversas tareas, también se puede usar dentro y fuera de ciertos espacios. Se le pueden añadir cargas útiles y tipos de sensores ópticos como: cámaras de video, cámaras fotográficas de espectro visible, infrarrojo hasta otros tipos de sensores. Puede generar diferentes alturas de vuelo desde 1m a 500m. Los vuelos pueden ser completamente automático programado y controlado remotamente o controlado manualmente por radio control. Para procesar la data se utiliza un software como agisoft metashape, Pix4Dmapper, PhotoScan, Photomodeler, etc. para procesar la imagen adquirida. [9]

2.2.2.2.2. USO DE DRONES EN LA CARTOGRAFÍA

La cartografía y cualquier otra área de investigación tienen cualidades específicas en la generación de información, reglas detalladas e información constante, y deben representar el área de investigación de la manera más fiel posible. De igual manera, los UAV que se utilicen deben tener ciertas cualidades, es decir, solo aquellos que estén claramente fabricados para su implementación en campo (Cartografía), o UAV que hayan sido mejorados para satisfacer las necesidades de la obra según las diferentes ramas como geografía, arqueología, ingeniería ambiental, etc. Cada mapa tiene ciertas características que se obtienen gracias a las cualidades de los drones, razón por la cual esta es la importancia de estos dispositivos de mapeo. [9]

2.2.2.2.3. INGENIERÍA DE TRÁFICO

Esta hace posible saber en tiempo real la problemática que pueden existir en una carretera como algún accidente, congestión, etc. [9]

2.2.3. FOTOGRAMETRÍA

Es una ciencia a través de la cual el plano y la elevación pueden derivarse de fotografías para formar planos topográficos. Estas fotos se pueden tomar desde el suelo o desde el aire, dividiendo así la fotogrametría en dos ramas principales: tierra y aire.

Se puede definir como un conjunto de métodos y procedimientos mediante los cuales podemos inferir de la fotogrametría de un objeto, su forma y tamaño. [10]

2.2.3.1. FOTOGRAMETRÍA ANALÓGICA

Se basa en el uso de equipos de restauración ópticos o mecánicos, donde el operador realiza la alineación de la imagen para crear un modelo tridimensional correctamente nivelado y escalado. Por otro lado, los mapas elaborados con información de plano se realizan utilizando el principio de la marca flotante o una máquina de dibujo basada en este principio. [10]

2.2.3.2. FOTOGRAMETRÍA ANALÍTICA

Con el uso de transceptores analógicos y la integración de computadoras, se inició la fotogrametría analítica. Se creó un restaurador de análisis para acelerar la velocidad y lograr diferentes niveles de detalle. La información se puede transferir a programas de tipo CAD. [10]

2.2.3.3. FOTOGRAMETRÍA DIGITAL

En última instancia, los avances tecnológicos hacen posible la fotogrametría digital. El uso de computadoras y aplicaciones o software producirá modelos digitales de terreno en 3D, etc.

Ingrese la imagen digital en la computadora, el operador puede identificar el punto de homología con alta precisión, o la computadora puede realizar estas operaciones a través de la comparación de imágenes. Al final, el resultado es una imagen en formato raster o vectorial.

Lo interesante de esta salida (digital) es que se puede utilizar para generar información básica para el conocido sistema de información geográfica (SIG). [10]

2.2.4. SOFTWARE AGISOFT METASHAPE PROFESSIONAL

El software Metashape es un producto independiente que realiza el procesamiento fotogramétrico de imágenes digitales y genera datos espaciales 3D para ser utilizados en aplicaciones del sistema de información geográfica. [11]

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Investigación no experimental, descriptiva y comparativa.

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

No experimental porque no controlo la variable observándolas en su ambiente natural, descriptiva porque solo se quiere conocer ciertas características de las muestras tratando de actualizar conocimientos y comparativo porque se observan determinadas características y se establecen conclusiones de dichas comparaciones.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO

3.3.1. POBLACIÓN

La población está constituida por la provincia de Chiclayo.

3.3.2. MUESTRA

La muestra estará conformada por el A. H. Nuevo Progreso, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2019.

3.3.3. MUESTREO

El área a estudiar será de $144137.421 m^2$ que fue establecido mediante un levantamiento con estación total.

3.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN

La muestra se seleccionó de acuerdo a la morfología que cuenta el A.H. Nuevo Progreso, la superficie se compone de elevaciones naturales de altura considerable muy accidentado.

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES Y OBJETIVOS

3.5.1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1: Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	MEDICIÓN
Precisión del levantamiento topográfico	Levantamiento con dron de ala rotativa modelo Phantom 4 pro	- Error de cierre planimétrico	Fotogrametría con dron Phantom 4 pro	Metro	1/20000
		- Error de cierre altimétrico	Fotogrametría con dron Phantom 4 pro	Metro	$E_{m\acute{a}x} = \pm 0.01\sqrt{k}$
	Levantamiento con método convencional	- Error de cierre planimétrico	Topografía con estación total	Metro	1/20000
		- Error de cierre altimétrico	Topografía con estación total	Metro	$E_{m\acute{a}x} = \pm 0.01\sqrt{k}$

Fuente: propia

3.5.2. OBJETIVOS

3.5.2.1. OBJETIVO PRINCIPAL

- El objetivo principal de la siguiente investigación es comparar la precisión de un levantamiento topográfico usando el método tradicional respecto al uso del dron de ala rotatoria modelo Phantom 4 pro en el A. H. Nuevo Progreso.

3.5.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar si un levantamiento topográfico con dron puede remplazar a un levantamiento realizado con estación total.
- Determinar cuál de los dos métodos para realizar levantamientos topográficos es más rentable y óptimo.
- Determinar cuál de los dos métodos para realizar levantamientos topográficos es más rápido y exacto.
- Comparar el error altimétrico de los dos métodos.
- Comparar el error planimétrico de los dos métodos.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.6.1. TÉCNICA DE GABINETE

Se usará el programa Excel, AutoCAD 2021, Civil 3d 2020 metric, agisoft metashape professional y Google earth pro para el procesamiento de la data obtenida en campo para posteriormente elaborar de los planos.

3.6.2. TÉCNICA DE CAMPO

Se usará herramientas que va ayudar al recojo de información tales como:

- Levantamiento topográfico con estación total: Con la finalidad de obtener la representación gráfica de la zona de estudio.
- Levantamiento topográfico con el nivel: Con la finalidad de obtener la red de BMS con sus respectivas cotas.
- Fotogrametría: Con el propósito de obtener información del área a estudiar.

3.6.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Equipos topográficos:

- Nivel
- Dron Phantom 4 pro
- Estación Total
- Prismas
- GPS Diferencial Stonex
- Wincha
- Plomada
- Trípode

3.7. PROCEDIMIENTOS

Fase I:

Se georreferenció dos puntos: PG-01 y PG-02. El primero está ubicado por el sardinel central de la autopista Chiclayo- Pimentel- frente a acceso principal a la Urb. La Pradera y el segundo se encuentra por el sardinel central de la autopista Chiclayo – Pimentel, frente a la sede del MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones).

Los materiales que se utilizaron para la georreferenciación son: cemento, arena, agua, pala y un molde de madera. Primero se realiza un agujero de (40*40 cm) con una profundidad de 60 cm se colocó el encofrado de madera para tener un buen acabado luego se vierte el concreto y se le posiciona la varilla de acero corrugado de ½". Los órdenes de los puntos geodésicos son "C", se instala la base como mínimo 3 horas según la norma técnica geodésica.

Para finalizar se ubicó el receptor RGNSS para tomar la lectura de las coordenadas exactas, estas son tomadas del receptor que se encuentra ubicado en el gobierno regional.

PG-01:

- Características de la marca: Varilla de acero corrugado de 1/2"
- ESTE (E) WGS-84: 624118.217 m
- NORTE (N) WGS-84: 9250329.137 m
- ZONA UTM: 17 S
- LATITUD (S) WGS-84: S6°46'51.20674
- LONGITUD (W) WGS-84: W79°52'36.64689"
- ELEVACIÓN (EGM-2008): 30.285 m
- ORDEN DEL PUNTO GEODÉSICO: C

Figura 2: Punto Geodésico - 01



Fuente: Propia

PG-02:

- Características de la marca: Varilla de acero corrugado de 1/2"
- ESTE (E) WGS-84: 623924.753 m
- NORTE (N) WGS-84: 9250029.788 m
- ZONA UTM: 17 S
- LATITUD (S) WGS-84: S6°47'00.96795"
- LONGITUD (W) WGS-84: W79°52'42.92592"
- ELEVACIÓN (EGM-2008): 27.190 m
- ORDEN DEL PUNTO GEODÉSICO: C

Figura 3: Punto Geodésico – 02



Fuente: Propia

Figura 4: Excavación del terreno



Fuente: Propia

Figura 5: Acabados al concreto



Fuente: Propia

Fase II:

Luego de haber ubicado los puntos geodésicos se procedió a realizar la red de BM. Se realizaron 3 circuitos. Se realizó una nivelación precisa donde el error máximo es igual a $\pm 0.01\sqrt{k}$ donde k es la longitud del circuito (km).

Tabla 2: Nivelación geométrica – circuito N°01

ESTACION	PUNTO VISADO	V.ATRAS	A. INSTRUM	V.DELANTE	COTA	DIST.(m)
1	PG-02	3.88			27.190	
		3.568				
		3.258	30.758	0.549		
2	BM-01			0.454	30.304	81.1
		2.658		0.36		
		2.289				
		1.926	32.593	0.821		
3	BM-02			0.783	31.81	80.9
		1.879		0.744		
		1.5				
		1.142	33.31	3.04		
4	BM-03			2.683	30.627	44.7
		3.008		2.33		
		2.746				
		2.486	33.373	0.711		
5	BM-04			0.565	32.808	81.3
		0.262		0.42		
		0.147				
		0.003	32.955	2.139		
6	BM-05			1.75	31.205	53.6
		0.983		1.362		
		0.895				
		0.805	32.1	1.97		

7	PG-01			1.82	30.28	48.3
		0.942		1.665		
		0.648				
		0.358	30.928	2.432		
8	BM-06			2.071	28.857	30.5
		1.201		1.711		
		0.98				
		0.752	29.837	2.067		
9	BM-07			1.781	28.056	42.9
		1.033		1.492		
		0.662				
		0.282	28.718	1.8		
	PG-02			1.526	27.192	32.3
				1.248		
TOTAL						903.1

Fuente: propia

- Cálculo del error máximo

$$E_{m\acute{a}x} = \pm 0.01\sqrt{k}$$

$$E_{m\acute{a}x} = \pm 0.01\sqrt{903.1/1000}$$

$$E_{m\acute{a}x} = \pm 0.010$$

$E = \text{error de cierre altimétrico}$

$E = \text{cota inicial} - \text{cota final}$

$$E = 27.190 - 27.192 = -0.002$$

Como estamos dentro de la tolerancia procedemos a compensar las cotas, en el caso de que exceda el error máximo se vuelve a realizar la nivelación.

Tabla 3: Cotas compensadas para el circuito N°01

PUNTO	COTA	CORRECCIÓN (Ci)	COTA COMPENSADA
PG-02	27.190	0.000	27.190
BM-01	30.304	0.000	30.304
BM-02	31.81	-0.001	31.809
BM-03	30.627	-0.001	30.626
BM-04	32.808	-0.001	32.807
BM-05	31.205	-0.001	31.204
PG-01	30.28	-0.001	30.279
BM-06	28.857	-0.001	28.856
BM-07	28.056	-0.002	28.054
PG-02	27.192	-0.002	27.190

Fuente: propia

Tabla 4: Nivelación geométrica – circuito N°02

ESTACION	PUNTO VISADO	V.ATRAS	A. INSTRUM	V.DELANTE	COTA	DIST.(m)
1	BM-02	3.51			31.809	
		3.232	35.041			
		2.959				
		3.914		0.51		
2	PC	3.742	38.322	0.461	34.580	65.2
		3.568		0.409		
		3.37		1.068		
3	BM-08	3.182	40.521	0.983	37.339	61.4
		2.993		0.8		
		4.26		0.518		
4	BM-09	4.092	44.131	0.482	40.039	45.1
		3.93		0.444		
		4.865		0.515		
5	PC	4.798	48.430	0.499	43.632	36.6
		4.74		0.479		
		2.69		0.315		
6	PC	2.622	50.779	0.273	48.157	21.2
		2.555		0.228		
		2.228		3.068		
7	BM-10	2.201	49.952	3.028	47.751	21.6
		2.174		2.987		
		1.792		1.602		
8	PC	1.667	50.277	1.342	48.610	57.6
		1.54		1.08		
	BM-11			4.982	45.295	44.2
				4.887		

		3.302		0.424		
9	PC	3.048	52.941	0.384	49.893	41.6
		2.792		0.342		
				0.794		
	BM-12			0.78	52.161	53.8
				0.766		
		0.26		3.765		
10	PC	0.243	49.461	3.723	49.218	59.7
		0.227		3.678		
		0.188		4.795		
11	PC	0.041	44.816	4.686	44.775	25
				4.578		
				0.682		
	BM-13			0.618	44.198	42.4
				0.552		
		1.83		2.142		
12	BM-14	1.532	44.375	1.973	42.843	62.7
		1.233		1.809		
		0.15		2.49		
13	BM-15	0.101	42.093	2.383	41.992	80.9
		0.052		2.278		
		0.571		4.55		
14	PC	0.517	38.228	4.382	37.711	43.4
		0.458		4.214		
		0.445		4.089		
15	PC	0.422	34.600	4.05	34.178	19.1
		0.398		4.011		
				1.818		
	BM-04			1.785	32.815	11.2
				1.753		
TOTAL			-0.008			792.7

Fuente: propia

- Cálculo del error máximo

$$E_{m\acute{a}x} = \pm 0.01\sqrt{k}$$

$$E_{m\acute{a}x} = \pm 0.01\sqrt{792.7/1000}$$

$$E_{m\acute{a}x} = \pm 0.009$$

E = error de cierre altimétrico

E = cota inicial – cota final

$$E = 32.807 - 32.815 = -0.008$$

Como estamos dentro de la tolerancia procedemos a compensar las cotas, en el caso de que exceda el error máximo se vuelve a realizar la nivelación.

Tabla 5: Cotas compensadas para el circuito N°02

PUNTO	COTA	CORRECCIÓN (Ci)	COTA COMPENSADA
BM-02	31.809	0.000	31.809
BM-08	37.339	-0.001	37.338
BM-09	40.039	-0.002	40.038
BM-10	47.751	-0.003	47.749
BM-11	45.295	-0.004	45.292
BM-12	52.161	-0.005	52.157
BM-13	44.198	-0.006	44.192
BM-14	42.843	-0.007	42.837
BM-15	41.992	-0.007	41.985
BM-04	32.815	-0.008	32.807

Fuente: propia

Tabla 6: Nivelación geométrica – circuito N°03

ESTACION	PUNTO VISADO	V.ATRAS	A. INSTRUM	V.DELANTE	COTA	DIST.(m)
1	BM-09	3.885	43.820		40.038	
		3.782				
		3.678				
		3.472		0.352		
	PC	3.398	46.941	0.277	43.543	35.9
		3.32		0.2		
		3.779		0.488		
	PC	3.713	50.188	0.466	46.475	19.7
		3.649		0.443		
		3.8		0.512		
	PC	3.718	53.418	0.488	49.700	17.7
		3.636		0.465		
		0.168		1.246		
	BM-16	0.115	52.340	1.193	52.225	26.8
		0.064		1.142		
		4.154		2.626		
	BM-17	3.943	53.843	2.44	49.900	47.9
		3.73		2.251		
		3.79		1.364		
	BM-18	3.6	56.375	1.068	52.775	101.7
		3.404		0.771		
		2.57		3.252		
	PC	2.41	55.686	3.099	53.276	69.7
		2.25		2.941		
				1.361		
	BM-19			1.337	54.349	36.7
				1.314		

		0.212		2.84		
	BM-20	0.125	53.251	2.56	53.126	87.9
		0.036		2.281		
		0.169		3.791		
	BM-21	0.106	49.657	3.7	49.551	35.9
		0.044		3.608		
		0.25		3.885		
	PC	0.203	46.047	3.813	45.844	26.5
		0.158		3.745		
		1.661		3.198		
	PC	1.639	44.644	3.042	43.005	40
		1.616		2.89		
				0.493		
	BM-13			0.455	44.189	12.2
				0.416		
TOTAL			0.004			558.6

Fuente: propia

- Cálculo del error máximo

$$E_{m\acute{a}x} = \pm 0.01\sqrt{k}$$

$$E_{m\acute{a}x} = \pm 0.01\sqrt{558.6/1000}$$

$$E_{m\acute{a}x} = \pm 0.007$$

$E = \text{error de cierre altimétrico}$

$E = \text{cota inicial} - \text{cota final}$

$$E = 44.192 - 44.189 = 0.004$$

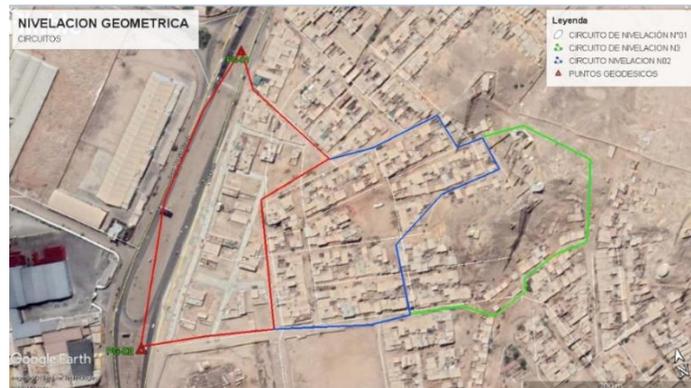
Como estamos dentro de la tolerancia procedemos a compensar las cotas, en el caso de que exceda el error máximo se vuelve a realizar la nivelación.

Tabla 7: Cotas compensadas para el circuito N°03

PUNTO	COTA	CORRECCIÓN (Ci)	COTA COMPENSADA
BM-09	40.038	0.000	40.038
BM-16	52.225	0.001	52.225
BM-17	49.900	0.001	49.901
BM-18	52.775	0.002	52.776
BM-19	54.349	0.002	54.351
BM-20	53.126	0.003	53.129
BM-21	49.551	0.003	49.554
BM-13	44.189	0.004	44.192

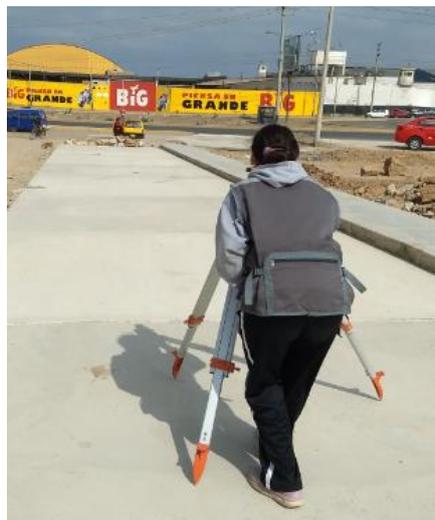
Fuente: propia

Figura 6: Circuitos de la nivelación geométrica



Fuente: Propia

Figura 7: Nivelación geométrica



Fuente: Propia

Figura 8: Nivelación geométrica



Fuente: Propia

Fase III:

Se realizó la poligonal de apoyo respectivas para proceder a realizar la radiación con la estación total.

Tabla 8: Ángulos obtenidos en campo

ESTACIÓN	ÁNGULO			DECIMALES
	G	M	S	
A	63°	48'	44 "	63.812
B	185°	28'	46 "	185.479
C	137°	51'	46 "	137.863
D	143°	13'	57 "	143.233
E	120°	41'	13 "	120.687
F	152°	54'	17 "	152.905
G	96°	1'	10 "	96.019
	896°	236'	233 "	899.998

Fuente: propia

Sumatoria de ángulos internos:

$$\sum \angle i = (n - 2) * 180^\circ$$

$$\sum \angle i = (7 - 2) * 180^\circ$$

$$\sum \angle i = 900^\circ$$

Error angular:

$$Ea = 900^\circ - \sum \angle$$

$$Ea = 900^\circ - 896^\circ 236' 233''$$

$$Ea = 0^\circ 0' 7''$$

Corrección angular:

$$CA = 7''/7$$

$$CA = 1.00''$$

Tabla 9: Corrección angular

ÁNGULO CORREGIDO				AZIMUT				DISTANCIA	PROYECCIONES	
G	M	S	DECIMALES	G	M	S	DECIMALES		$\Delta N = d \cdot \cos(\alpha)$	$\Delta E = d \cdot \sen(\alpha)$
63°	48'	45.00 "	63.813	96°	41'	9 "	96.686	305.881	-35.612	303.801
185°	28'	47.00 "	185.480	102°	9'	56 "	102.166	94.874	-19.993	92.743
137°	51'	47.00 "	137.863	60°	1'	43 "	60.029	79.118	39.525	68.538
143°	13'	58.00 "	143.233	23°	15'	41 "	23.261	98.35	90.355	38.841
120°	41'	14.00 "	120.687	323°	56'	55 "	323.949	133.102	107.612	-78.332
152°	54'	18.00 "	152.905	296°	51'	13 "	296.854	260.18	117.527	-232.123
96°	1'	11.00 "	96.020	212°	52'	24 "	212.873	356.509	-299.422	-193.507
896°	236'	240 "	900.000					1328.014	-0.010	-0.039

Fuente: propia

Compensación de distancias:

$$C_p \Delta N = d \cdot \cos(\alpha) / 7$$

$$C_p \Delta N = -0.001$$

$$C_p \Delta E = d \cdot \sin(\alpha) / 7$$

$$C_p \Delta E = -0.006$$

Tabla 10: Compensación de coordenadas

COMPENSACIÓN		PROY. CORREGIDAS		COORDENADAS	
ΔN	ΔE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE
-0.001	-0.006	-35.611	303.806	9250029.788	623924.753
		-19.992	92.749	9249994.178	624228.549
		39.526	68.544	9249974.179	624321.289
		90.357	38.847	9250013.697	624389.831
		107.613	-78.326	9250104.048	624428.692
		117.528	-232.118	9250211.690	624350.393
		-299.421	-193.502	9250329.199	624118.254
		0.000	0.000	9250029.788	623924.753

Fuente: propia

Proyecciones corregidas:

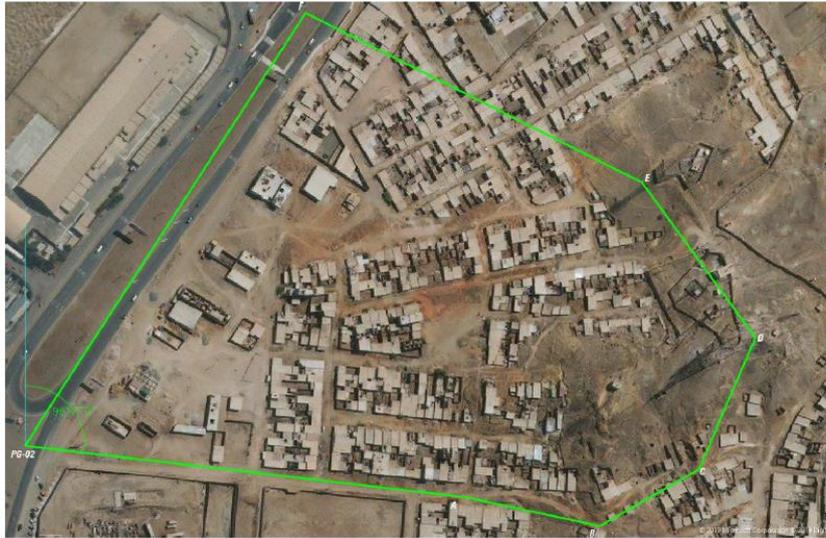
$$P_{corr} = P\Delta_L - C\Delta_L$$

Tabla 11: Calculo de rumbo

RUMBO					
	G	M	S		DECIMALES
S	83°	18'	51"	E	83.3142
S	77°	50'	4"	E	77.8344
N	60°	1'	43"	E	60.0286
N	23°	15'	41"	E	23.2614
N	36°	3'	5"	W	36.0514
N	63°	8'	47"	W	63.1464
S	32°	52'	24"	W	32.8733

Fuente: propia

Figura 9: Poligonal Cerrada



Fuente: propia

Figura 10: Radiación con la estación total



Fuente: Propia

Figura 11: Radiación con la estación total



Fuente: Propia

Fase IV:

Antes de proceder el vuelo con el dron Phantom 4 pro se realizó la ubicación de los puntos de control. En esta investigación se consideraron 4: BM-10, BM-2, BM-4 y el BM-15.

Figura 12: BM - 10



Fuente: Propia

Figura 13: BM - 2



Fuente: Propia

Figura 14: BM - 4



Fuente: Propia

Figura 15: BM - 15



Fuente: Propia

Luego se procede a realizar el plan de vuelo a una altitud media de vuelo de 95.6 m, los vuelos fotogramétricos tuvieron una duración de 17 minutos, se realizaron 3 vuelos, obteniendo 360 imágenes por cada vuelo.

Figura 16: Vuelo del dron



Fuente: Propia

Figura 17: Plan de vuelo



Fuente: Propia

3.8. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Esta investigación presenta un plan de procesamiento para análisis de datos dividida en 4 fases, las cuales se describen a continuación:

FASE I: Ubicación de puntos georreferenciados haciendo uso del receptor RGNSS para ajustar el modelo del dron.

FASE II: Realizar la red de BM para obtener una base para realizar el levantamiento con estación total.

FASE III: Hacer uso de la estación total para recopilar datos de la morfología del terreno para posteriormente compararlo con la dará obtenida con el vuelo del dron.

FASE IV: Realizar el plan de vuelo con el dron y obtener la data para poder ser comparada respecto a la estación total.

3.9. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 12: Matriz de consistencia

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DISEÑO
COMPARACIÓN DE PRECISIÓN DE UNA NIVELACIÓN PRECISA REALIZADA CON DRON RESPECTO AL MÉTODO TRADICIONAL EN UN RELIEVE SEMI MONTAÑOSO DEL A. H. NUEVO PROGRESO, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2019	¿Qué tan preciso es realizar levantamientos topográficos con dron respecto el método convencional?	OBJ. GENERAL	El uso de drones de alas rotativas modelo Phantom 4 pro para levantamientos topográficos tiene la misma precisión en comparación al método convencional para relieves semi montañosos.	No experimental
		El objetivo principal de la siguiente investigación es comparar la precisión de un levantamiento topográfico usando el método tradicional respecto al uso del dron de ala rotatoria modelo Phantom 4 pro en el A. H. Nuevo Progreso.		
		OBJ. ESPECÍFICO		
		<ul style="list-style-type: none"> - Determinar si un levantamiento topográfico con dron puede remplazar a un levantamiento realizado con estación total. - Determinar cuál de los dos métodos para realizar levantamientos topográficos es más rentable y óptimo. - Determinar cuál de los dos métodos para realizar levantamientos topográficos es más rápido y exacto. - Comparar el error altimétrico de los dos métodos. - Comparar el error planimétrico de los dos métodos. 		

Fuente: propia

3.10. CONSIDERACIONES ÉTICAS

- Para la ejecución de esta investigación se realizó después de obtener los permisos correspondientes, solicitados a la MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHICLAYO GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA PÚBLICA.
- Los datos obtenidos en campo no fueron modificados ni alterados, toda la información expuesta en la investigación es verídico.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

Los resultados obtenidos de la nivelación realizada son 21 BM con sus cotas compensadas y corregidas.

Tabla 13: BM de la nivelación geométrica

DESCRIPCIÓN	COTA (m)
BM-01	30.304
BM-02	31.809
BM-03	30.626
BM-04	32.807
BM-05	31.204
BM-06	28.856
BM-07	28.054
BM-08	37.338
BM-09	40.038
BM-10	47.749
BM-11	45.292
BM-12	52.157
BM-13	44.192
BM-14	42.837
BM-15	41.985
BM-16	52.225
BM-17	49.901
BM-18	52.776
BM-19	54.351
BM-20	53.129
BM-21	49.554

Fuente: propia

4.1.2. POLIGONAL DE APOYO CON ESTACIÓN TOTAL

A continuación, se muestra los resultados de las coordenadas corregidas.

Tabla 13: Coordenadas compensadas - estación total

CÓDIGO	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE
PG-02	9250029.788	623924.753
A	9249994.178	624228.549
B	9249974.179	624321.289
C	9250013.697	624389.831
D	9250104.048	624428.692
E	9250211.690	624350.393
F	9250329.199	624118.254
PG-02	9250029.788	623924.753

Fuente: propia

4.1.3. PUNTOS DE CONTROL DE LA ESTACIÓN TOTAL

Tabla 14: Puntos de control de la estación total

Puntos de control de la estación total			
Descripción	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
BM-10	9250072.840	624235.946	47.749
BM-02	9250015.130	624073.182	31.809
BM-04	9250196.301	624172.214	32.807
BM-15	9250185.612	624233.501	41.985

Fuente: propia

4.1.4. PROMEDIO DE PUNTOS DE CONTROL DEL DRON

Tabla 15: Promedio de puntos de control del dron

Pomedio de Puntos de control del drone			
Descripción	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
BM-10	9250072.881	624235.8982	48.262
BM-02	9250019.162	624075.4896	31.877
BM-04	9250196.281	624172.2383	32.819
BM-15	9250185.452	624232.6197	42.400

Fuente: propia

4.1.5. DIFERENCIA DE COORDENADAS Y COTAS DE LA ESTACIÓN TOTAL RESPECTO AL PROMEDIO DE VUELOS DEL DRON

Tabla 16: Diferencia de coordenadas y cotas de la estación total respecto al promedio de vuelos del dron

Diferencia			
Descripción	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
BM-10	0.041	0.048	0.513
BM-02	4.033	2.308	0.068
BM-04	0.019	0.024	0.012
BM-15	0.159	0.881	0.415

Fuente: propia

4.1.6. PRECISIÓN DEL DRON

Tabla 17: Coordenadas y cotas - vuelo 1

VUELO 1			
Descripción	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
BM-10	9250072.873744	624235.877793	48.270
BM-02	9250019.172528	624075.456940	31.883
BM-04	9250196.312726	624172.237288	32.848
BM-15	9250185.451834	624232.616748	42.400

Fuente: propia

Figura 18: Mediciones obtenidas del software Agisoft metashape - vuelo 1

BM-10		
Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)
624075.456940	9250019.172528	31.883

BM-02		
Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)
624235.877793	9250072.873744	48.270

BM-04		
Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)
624172.237288	9250196.312726	32.848

BM-15		
Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)
624232.616748	9250185.451834	42.400

Fuente: propia

Tabla 18: Error residual - vuelo 1

ERROR RESIDUAL VUELO 1			
Descripción	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
BM-10	-0.007	-0.020	0.008
BM-02	0.010	-0.033	0.006
BM-04	0.031	-0.001	0.029
BM-15	0.000	-0.003	0.000

Fuente: propia

Tabla 19: Coordenadas y cotas - vuelo 2

VUELO 2			
Descripción	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
BM-10	9250072.904877	624235.897574	48.258
BM-02	9250019.182674	624075.519847	31.878
BM-04	9250196.248873	624172.210955	32.807
BM-15	9250185.445967	624232.614644	42.400

Fuente: propia

Figura 19: Mediciones obtenidas del software Agisoft metashape - vuelo 2

BM-10

Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)
624235.897574	9250072.904877	48.258

BM-02

Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)
624075.519847	9250019.182674	31.878

BM-04

Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)
624172.210955	9250196.248873	32.807

BM-15

Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)
624232.614644	9250185.445967	42.400

Fuente: propia

Tabla 20: Error residual - vuelo 2

ERROR RESIDUAL VUELO 2			
Descripción	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
BM-10	0.024	-0.001	-0.004
BM-02	0.021	0.030	0.001
BM-04	-0.032	-0.027	-0.012
BM-15	-0.006	-0.005	0.000

Fuente: propia

Tabla 21: Coordenadas y cotas - vuelo 3

VUELO 3			
Descripción	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
BM-10	9250072.863887	624235.919281	48.259
BM-02	9250019.131058	624075.492153	31.870
BM-04	9250196.282384	624172.266628	32.801
BM-15	9250185.459050	624232.627635	42.399

Fuente: propia

Figura 20: Mediciones obtenidas del software Agisoft metashape - vuelo 3

BM-10

Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)
624235.919281	9250072.863887	48.259

BM-02

Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)
624075.492153	9250019.131058	31.870

BM-04

Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)
624172.266628	9250196.282384	32.801

BM-15

Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)
624232.627635	9250185.459050	42.399

Fuente: propia

Tabla 22: Error residual - vuelo 3

ERROR RESIDUAL VUELO 3			
Descripción	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
BM-10	-0.017	0.021	-0.003
BM-02	-0.031	0.003	-0.007
BM-04	0.001	0.028	-0.018
BM-15	0.007	0.008	-0.001

Fuente: propia

Tabla 23: Error medio cuadrático

ERROR MEDIO CUADRÁTICO			
Descripción	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
BM-10	0.01747	0.01694	0.00544
BM-02	0.02233	0.02574	0.00535
BM-04	0.02608	0.02274	0.02089
BM-15	0.00535	0.00569	0.00047

Fuente: propia

Tabla 24: Error Probable de la media aritmética

ERROR PROBABLE DE LA MEDIA ARITMÉTICA			
Descripción	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
BM-10	0.01009	0.00978	0.00314
BM-02	0.01289	0.01486	0.00309
BM-04	0.01506	0.01313	0.01206
BM-15	0.00309	0.00329	0.00027

Fuente: propia

Tabla 25: Precisión

PRECISIÓN			
Descripción	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
BM-10	0.0000000109	0.0000001567	0.00006503552
BM-02	0.0000000139	0.0000002382	0.00009697293
BM-04	0.0000000163	0.0000002103	0.00036742807
BM-15	0.0000000033	0.0000000527	0.00000641905

PRECISIÓN			
Descripción	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
BM-10	1/917125998	1/63812617	1/15376
BM-02	1/717547500	1/41989700	1/10312
BM-04	1/614366708	1/47542829	1/2722
BM-15	1/2994409296	1/189908973	1/155786

Fuente: propia

Tabla 26: Precisiones

METODO	PRECISION
A pasos	1/50 a 1/100
Estadia	1/150 a 1/750
Estadia invar	1/1000 a 1/2500
Cadeneo ordinario	1/1000 a 1/5000
Cadeneo de precisión	1/5000 a 1/10000
Medición electrónica	1/20000

Fuente: [12]

4.1.7. ALINEAMIENTOS

Tabla 27: Cotas – Alineamiento 1

ALINEAMIENTO 1			
PROGRESIVA	COTA DE TERRENO - ESTACIÓN TOTAL	COTA DE TERRENO - DRON	DIFERENCIA
0+000	28.67	28.60	0.07
0+010	29.08	29.26	0.18
0+020	29.58	29.76	0.18
0+030	30.13	30.05	0.08
0+040	30.70	30.89	0.19
0+050	31.29	31.24	0.05
0+060	31.43	31.76	0.33
0+070	31.79	32.00	0.21
0+080	32.10	32.00	0.10
0+081.21	32.13	32.00	0.13

Fuente: propia

Tabla 28: Cotas – Alineamiento 2

ALINEAMIENTO 2			
PROGRESIVA	COTA DE TERRENO - ESTACIÓN TOTAL	COTA DE TERRENO - DRON	DIFERENCIA
0+000	32.15	32.64	0.49
0+010	32.77	32.99	0.22
0+020	33.28	33.00	0.28
0+030	33.68	33.68	0.00
0+040	33.82	33.99	0.17
0+050	34.71	34.37	0.34
0+060	35.27	34.98	0.29
0+070	35.93	35.66	0.27
0+080	35.84	35.99	0.15
0+090	36.38	36.00	0.38
0+100	36.80	36.84	0.04
0+110	38.24	37.93	0.31
0+120	39.80	39.08	0.72
0+130	40.97	41.09	0.12
0+140	43.19	43.29	0.10
0+150	46.15	45.76	0.39
0+160	48.85	49.05	0.20
0+165.76	50.35	50.46	0.11

Fuente: propia

Tabla 29: Cotas – Alineamiento 3

ALINEAMIENTO 3			
PROGRESIVA	COTA DE TERRENO - ESTACIÓN TOTAL	COTA DE TERRENO - DRON	DIFERENCIA
0+000	34.47	34.56	0.09
0+010	35.67	35.80	0.13
0+020	36.94	37.07	0.13
0+030	38.06	38.49	0.43
0+040	39.09	39.34	0.25
0+050	39.15	40.09	0.94
0+060	39.38	40.30	0.92
0+070	41.18	41.42	0.24
0+080	42.70	42.50	0.20
0+090	43.78	44.24	0.46
0+100	45.73	46.21	0.48
0+102.23	46.36	46.73	0.37

Fuente: propia

Tabla 30: Cotas – Alineamiento 4

ALINEAMIENTO 4			
PROGRESIVA	COTA DE TERRENO - ESTACIÓN TOTAL	COTA DE TERRENO - DRON	DIFERENCIA
0+000	31.94	31.89	0.05
0+010	32.51	32.00	0.51
0+020	32.93	32.67	0.26
0+030	33.66	33.47	0.19
0+040	34.71	34.59	0.12
0+050	35.75	35.92	0.17
0+060	36.76	37.07	0.31
0+070	37.57	37.30	0.27
0+080	37.86	37.52	0.34
0+090	37.73	38.00	0.27
0+100	38.12	37.65	0.47
0+110	38.88	38.28	0.60
0+120	39.02	38.87	0.15
0+130	39.60	39.54	0.06
0+140	40.89	40.88	0.01
0+150	42.44	42.30	0.14
0+155.83	42.82	42.38	0.44

Fuente: propia

Tabla 31: Cotas – Alineamiento 5

ALINEAMIENTO 5			
PROGRESIVA	COTA DE TERRENO - ESTACIÓN TOTAL	COTA DE TERRENO - DRON	DIFERENCIA
0+000	31.90	31.99	0.09
0+010	32.70	32.53	0.17
0+020	33.57	33.80	0.23
0+030	35.04	34.96	0.08
0+031	35.32	35.65	0.33
0+032	35.33	35.68	0.35

Fuente: propia

Tabla 32: Cotas – Alineamiento 6

ALINEAMIENTO 6			
PROGRESIVA	COTA DE TERRENO - ESTACIÓN TOTAL	COTA DE TERRENO - DRON	DIFERENCIA
0+000	31.97	32.00	0.03
0+010	32.49	32.26	0.23
0+020	32.64	32.80	0.16
0+030	33.10	33.42	0.32
0+040	33.78	33.96	0.18
0+050	34.17	34.26	0.09
0+060	34.90	34.98	0.08
0+070	35.19	35.21	0.02
0+080	35.41	35.65	0.24
0+090	35.98	35.99	0.01
0+100	36.29	36.35	0.06
0+110	37.18	37.14	0.04
0+120	38.00	38.28	0.28
0+130	39.00	39.30	0.30
0+140	40.45	40.99	0.54
0+144.58	41.23	41.71	0.48

Fuente: propia

4.1.8. ANÁLISIS DE COSTO

Tabla 33: Análisis de costos

LEVANTAMIENTO CON DRON				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Alquiler del dron + piloto certificado	día	1	S/500.00	S/500.00
Punto geodesico + Operador del GPS + ayudante + seguridad + ficha técnica	und	2	S/1,000.00	S/2,000.00
				S/2,500.00
LEVANTAMIENTO CON ESTACIÓN TOTAL				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Alquiler estación total + operador + 3 ayudantes	hectárea	14	S/300.00	S/4,200.00
Alquiler nivel + operador + ayudante	glb	1	S/600.00	S/600.00
				S/4,800.00

Fuente: propia

4.1.9. ANÁLISIS DE TIEMPO

El levantamiento con estación total se demoró un total de cinco días: un día en realizar la poligonal de apoyo, tres días en realizar la radiación del A.H. Nuevo Progreso y un día en crear la red de BM.

El total de vuelos realizados fueron 3, con un tiempo de vuelo de 17 min. c/u.

4.2. DISCUSIÓN

Al promediar los tres vuelos calculamos el error residual de cada vuelo, para poder calcular el error medio cuadrático y posterior a ello el error probable de la media aritmética. Con los valores calculados anteriormente se puede calcular la precisión del dron, este es un instrumento muy preciso ya que los datos obtenidos de los 3 vuelos procesados mediante el programa Agisoft Metashape son similares, pero respecto a la estación total, equipo catalogado como instrumento de alta precisión una vez configurado y utilizado en cualquier obra de ingeniería por sus excelentes resultados, la diferencia en coordenadas y cotas entre la estación y el dron es mucha ya que el valor mínimo es 0.012 m y el máximo es de 4.033 m.

En una obra de movimiento de tierras una variación de 4.033 m afectaría al coste económico generando en el peor de los casos pérdidas económicas para la empresa ejecutora.

Al superponer las curvas de nivel de los dos levantamientos topográficos se pudo observar una gran diferencia en la parte del terreno con mayor pendiente en todas sus direcciones, ya que el dron obtiene una mayor data pero esta se distorsiona por la cantidad de puntos obtenidos que son más de 400,000.000 que al momento de crearse la superficie se incluyen toda clase de elevación en el terreno como los montículos de agregados que se ponen afuera de las edificaciones en construcción, techos de las casas, postes, vehículos, etc. estos posteriormente se depuran y es un trabajo de gabinete muy extenso a comparación del procesamiento de data con la estación total.

V. CONCLUSIONES

- El mayor valor obtenido del cálculo de precisión del dron fue 0.000367, siendo este menor que la precisión permitida de 0.00005, concluyendo que el dron tiene una buena precisión como equipo.
- Los puntos de control tienen una diferencia máxima de coordenadas entre los dos métodos de 4.033 metros y en cotas de 0.513 m.s.n.m. También se obtuvo a partir de los 6 alineamientos realizados una diferencia de cotas de 90 cm viéndose improbable el uso de dron para levantamientos topográficos de alta precisión ya que la tolerancia permitida es de 5 mm.
- El costo de un levantamiento topográfico por hectárea con la estación total es de S/4,800.00 que resulta elevado en comparación al levantamiento con dron que tiene un precio de S/2,500.00, pero es más preciso y más exacto en comparación al dron.
- El método más rentable es el uso del dron, pero en cuanto a la capacidad para acercarse al valor real no presentaría resultados óptimos para uso ingenieril.
- Concluimos que un levantamiento topográfico con estación total no puede ser sustituido por el dron ya que este no presenta una buena exactitud.
- Los vuelos realizados con el dron se realizaron en un lapso corto de tiempo iniciando en la mañana y terminando al medio día, pero sin embargo el trabajo de gabinete es mayor, ya que la data a procesar es muy tardada a comparación del levantamiento topográfico con estación total que se tardó una semana en levantar el terreno y menos de una semana en procesar la data.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda no utilizar el dron en áreas que presenten antenas de comunicación ya que existe la posibilidad de colisión.
- Se recomienda no utilizar el dron en zonas muy accidentadas ya que al momento de la obtención de las curvas de nivel salen muy distorsionadas.
- Se recomienda no utilizar el dron en zonas urbanas ya que al momento de procesar las fotos el dron considera las cotas de viviendas.
- Se recomienda usar el dron como equipo de apoyo cuando se realiza un levantamiento topográfico realizado con el método tradicional, con este método obtienes una nube de puntos y con el otro una imagen solida del terreno a levantar, ambos métodos se superponen respecto a los puntos de control y facilitan el proceso de dibujo.
- No se recomienda el uso del dron Phantom 4 pro para trabajos que requieran alta exactitud.
- Si se desea realizar un trabajo con dron tener en cuenta realizarlo en un clima donde el sol no esté en su posición cúspide ya que generaría sombras distorsionando la data.
- Se recomienda el uso de una laptop o computadora con los requisitos necesarios para la instalación y procesamiento del software agisoft metashape ya que es un programa muy pesado que una maquina convencional no lo podría realizar.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. M. Jimenez Calero, A. O. Magaña Monge y E. Soriano Melgar, «Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de drones y gps como métodos indirectos,» San Salvador, 2019.
- [2] R. A. Claro Zelada , A. E. Guevara Aguilar y N. R. Pacas Cruz, «Aplicación de fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados,» El Salvador, 2016.
- [3] J. G. Corredor Daza, «Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tuluá- Rio Frio,» Bogotá - Colombia, 2015.
- [4] T. Q. Hilario, «Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional,» Puno - Perú, 2015.
- [5] I. J. Sanchez Vargas, «Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la plaza San Luis - 2017,» Nuevo Chimbote, 2017.
- [6] H. Pantigozo Loza, Topografía Manual Práctico, Lima: Grupo Editorial Megabyte S.A.C., 2014, p. 175.
- [7] T. N. Alvaro y V. B. Eduardo, Topografía, Bogotá: Escuela Colombiana, 2008.
- [8] J. Mendoza Dueñas, Topografía - Técnicas Modernas, Lima: Gráfica SEGRIN EIRL, 2015, p. 546.
- [9] J. V. Villareal Moncayo, «Análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de vehiculos no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control.,» Loja-Ecuador, 2015.
- [10] J. Santamaría Peña y T. Sanz Méndez, «Fundamentos de Fotogrametría,» Universidad de la Rioja, España, 2011.
- [11] Agisoft LLC, «Agisoft,» 2020. [En línea]. Available: https://www.agisoft.com/pdf/metashape_presentation.pdf.
- [12] M. A. Reyes Ibarra, «Tratamiento de errores en levantamientos topográficos,» Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México, 2009.
- [13] F. Bryan, «Sistemas Aéreos no admitidos para levantamiento y mapeo: Comparación de Costes de UAS versus métodos,» Mestro Sur, California, 2016.
- [14] J. Zitnik , «Aerodinámica».
- [15] F. d. ingeniería, «Centro de Geociencias Aplicadas Cátedra: Fotointerpretaación,» [En línea]. Available: <http://ing.unne.edu.ar/dep/goeciencias/fotointer/pub/teoria2011/parte01/fotom.pdf>.
- [16] R. Caputo y P. Burian, Guía de fotografía, España: RBA Libros, 2003, p. 368.
- [17] P. L. Henry, Topografía, Lima: Megabyte, 2014.
- [18] A. Coelo Romero y G. Ballesteros Abellán, «Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con topografía clásica,» Madrid, 2015.
- [19] Á. Torres Nieto y E. Villate Bonilla, Topografía, Bogotá: Alfaguara, 2001.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Solicitud de acceso a información y permiso para estudios emitido por la Municipalidad de Chiclayo.

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD"



SOLICITO: FACILIDADES Y/O AUTORIZACIÓN PARA LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON EN EL AA.HH. NUEVO PROGRESO – CHICLAYO PARA REALIZAR UN TRABAJO DE PROYECTO DE TESIS EN EL CURSO DEL MISMO NOMBRE. EN ATENCIÓN DEL GERENTE DE INFRAESTRUCTURA – ZONA URBANA ING. PEDRO CASTRO CELIS.-----/

SEÑOR ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHICLAYO.
(Atención por Gerente de Infraestructura – Zona Urbana ing. Pedro Castro Celis)

Solanghe Roxana YOMONA LUNA, identificada con DNI N° 70172597, domiciliada en la calle Andrés Rázuri N° 600 – Dist. Provincia y departamento de Lambayeque; alumna del 9no. Ciclo de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la USAT – Chiclayo; a Ud., me presento y expongo.

Que, estando en el último año para culminar mi carrera de Ingeniería Civil Ambiental en la USAT – Chiclayo, y encontrándome preparando mi proyecto de **PRE – TESIS**, denominado **"COMPARACIÓN DE PRECISIÓN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON CON EL MÉTODO CONVENCIONAL EN TRES HECTÁREAS DE TERRENO DEL AA. HH. NUEVO PROGRESO PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE CHICLAYO"**; solicito se digne disponer por quien corresponda se derive mi pedido a la Gerencia de Infraestructura – Zona Urbana a cargo del **Ing. Pedro Castro Célis**, con la finalidad de que se me conceda la **AUTORIZACIÓN** requerida para culminar mi proyecto de pre tesis.

POR LO EXPUESTO:

Señor Alcalde acceda a mi solicitud por ser de justicia.

Chiclayo, 04 de junio de 2019.

ANEXO:
Copia de DNI.
Copia de Carné Universitario.


 Solanghe Roxana YOMONA LUNA
 DNI. N° 70172595

*Anexo 2: Autorización de acceso a información y permiso para estudios emitido por la
Municipalidad de Chiclayo.*



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHICLAYO
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA PÚBLICA



"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN Y LA IMPUNIDAD"

Chiclayo, junio 05 de 2019

OFICIO No. 057 -2019-MPCH/GIP

Señorita
SOLANGHE ROXANA YOMONA LUNA
Alumna de la Universidad USAT SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
Escuela Profesional de Ingeniería Civil,
Ciudad

Asunto : **PERMISO PARA REALIZAR ESTUDIOS PARA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Ref. : **Solicitud SISGEDO 566839/296601**

De mi consideración:

Tengo a bien dirigirme a usted para hacerle llegar mi cordial saludo, en mi calidad de Gerente de Infraestructura Pública (e) de la Municipalidad Provincial de Chiclayo, al mismo tiempo en atención a lo solicitado mediante documento de la referencia, en el cual se solicita **PERMISO** para que realice el estudio topográfico para el proyecto de **PRE TESIS denominado: COMPARACIÓN DE PRECISIÓN EN UN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON CON EL MÉTODO CONVENCIONAL EN TRES HECTÁREAS DE TERRENO DEL AA.HH. NUEVO PROGRESO, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE**".

Al respecto, cumplo con informar a usted, que por tratarse de un estudio de proyecto de tesis vinculado a esta área y siendo el reto de la gestión actual de generar confianza y recuperar la Credibilidad, así como revalorar el Rol de Municipalidad como sustento del Desarrollo Local y en concordancia con lo regulado en el Art. 73 inc. 3.3 de la Ley N°27972 – Ley Orgánica de Municipalidades, señala que las Municipalidades asumen como funciones "Promover la educación e investigación ambiental en su localidad..."; esta **Gerencia otorga el PERMISO** correspondiente para tal fin.

Cabe señalar, que su persona debe garantizar la seguridad del proyecto, así como la señalización y no obstaculización del libre tránsito vehicular.

Sin otro, particular es propicia la ocasión para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,



Leidy Elizabeth Sánchez Campos
Ing. Leidy Elizabeth Sánchez Campos
Gerente de Infraestructura Pública (e)

c.c. archivo
LSC/dss

Anexo 3: Informe de procesamiento de líneas base

SOLANGHE ROXANA YOMONA LUNA		Teléfono:936 016 475	
CL. ANDRÉS RAZURI MZ G LT. 13 PJ SANTA ROSA		Fax:	
LAMBAYEQUE, LAMBAYEQUE		solroxanay@gmail.com	
PERU			
Datos del archivo del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:	C:\Users\ACER\Documents\Trimble Business Center\GEODESIA SOL.vce	Nombre:	World wide/UTM
Tamaño:	56 KB	Datum:	WGS 1984
Modificado/a:	11/09/2019 14:28:27 (UTC:-5)	Zona:	17 South
Zona horaria:	Hora est. Pacífico, Sudamérica	Geoide:	EGM08 PE
Número de referencia:		Datum vertical:	
Descripción:		Obra calibrada:	
Comentario 1:			
Comentario 2:			
Comentario 3:			

Informe de procesamiento de líneas base

Procesando resumen

Observación	De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	ΔAltura (Metro)
LB01 --- PG-01 (B1)	LB01	PG-01	Fija	0.002	0.005	250°50'26"	659.324	-3.444
LB01 --- PG-02 (B2)	LB01	PG-02	Fija	0.002	0.003	237°40'04"	965.263	-6.545

Resumen de aceptación

Procesado	Pasado	Indicador	Fallida
2	2	0	0

LB01 - PG-01 (11:30:22-13:06:17) (S1)

Observación de línea base:	LB01 --- PG-01 (B1)
Procesados:	19/09/2019 11:58:54
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.002 m
Precisión vertical:	0.005 m
RMS:	0.008 m
PDOP máximo:	1.541
Efemérides utilizadas:	Transmisión
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	08/09/2019 11:30:22 (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	08/09/2019 13:06:17 (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	01:35:55
Intervalo de procesamiento:	5 segundos

Componentes de vector (Marca a marca)

De: LB01					
Cuadrícula		Local		Global	
Este	624741.391 m	Latitud	S6°46'44.16277"	Latitud	S6°46'44.16277"
Norte	9250544.033 m	Longitud	W79°52'16.36493"	Longitud	W79°52'16.36493"
Elevación	33.709 m	Altura	42.561 m	Altura	42.561 m

A: PG-01					
Cuadrícula		Local		Global	
Este	624118.217 m	Latitud	S6°46'51.20674"	Latitud	S6°46'51.20674"
Norte	9250329.137 m	Longitud	W79°52'36.64689"	Longitud	W79°52'36.64689"
Elevación	30.285 m	Altura	39.117 m	Altura	39.117 m

Vector					
Δ Este	-623.174 m	Acimut Adelante NS	250°50'26"	Δ X	-618.199 m
Δ Norte	-214.896 m	Dist. elip	659.324 m	Δ Y	-80.983 m
Δ Elevación	-3.424 m	Δ Altura	-3.444 m	Δ Z	-214.468 m

Errores estándar

Errores de vector:					
σ Δ Este	0.001 m	σ Acimut NS delantero	0°00'00"	σ Δ X	0.001 m
σ Δ Norte	0.001 m	σ Dist. elipsoide	0.001 m	σ Δ Y	0.003 m
σ Δ Elevación	0.003 m	σ Δ Altura	0.003 m	σ Δ Z	0.001 m

Matriz de covarianzas a posteriori (Metro²)

	X	Y	Z
X	0.0000009953		
Y	-0.0000012981	0.0000075475	
Z	0.0000000481	0.0000007061	0.0000008721

Ocupaciones

	De	A
ID de punto:	LB01	PG-01
Archivo de datos:	C:\Users\ACER\Documents\Trimble Business Center\GEODESIA SOL\LB01251aA.T01	C:\Users\ACER\Documents\Trimble Business Center\GEODESIA SOL\PG012511.190
Tipo de receptor:	NetR8	S10
Número de serie del receptor:	4906K34403	S10A3580910005
Tipo de antena:	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	S10 Internal
Número de serie de la antena:	40925402	0
Altura de la antena (medida):	0.075 m	1.581 m
Método de antena:	Base del soporte de la antena	Centro de fase de la antena

Resumen de seguimiento

G 2	L1	
	L2	
G 5	L1	
	L2	
G 12	L1	
	L2	
G 13	L1	
	L2	
G 15	L1	
	L2	
G 17	L1	
	L2	
G 19	L1	
	L2	
G 24	L1	
	L2	
G 25	L1	
	L2	
G 28	L1	
	L2	
R 5	L1	
	L2	
R 6	L1	
	L2	
R 7	L1	
	L2	
R 8	L1	
	L2	
R 9	L1	
	L2	
R 19	L1	
	L2	
R 20	L1	
	L2	

Estilo de procesamiento:

Máscara de elevación:	10°00'00.0"
Autoiniciar procesamiento:	Sí
Iniciar numeración automática de ID:	AUTO0001
Vectores continuos:	No
Generar residuales:	No
Modelo de antena:	NGS Absolute
Tipo de efeméride:	Transmisión
Frecuencia:	Múltiples frecuencias
Intervalo de procesamiento:	5 segundos
Forzar flotante:	No
Tipo de procesamiento de SIG:	Procesamiento automático de portadoras y códigos

Criterios de aceptación

Componente del vector	Indicador 	Fallida 
Precisión horizontal >	0.020 m + 1.000 ppm	0.050 m + 1.000 ppm
Precisión vertical >	0.050 m + 1.000 ppm	0.100 m + 1.000 ppm

LB01 - PG-02 (13:20:32-15:06:57) (S2)

Observación de línea base:	LB01 --- PG-02 (B2)
Procesados:	19/09/2019 11:58:54
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.002 m
Precisión vertical:	0.003 m
RMS:	0.008 m
PDOP máximo:	1.762
Efemérides utilizadas:	Transmisión
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	08/09/2019 13:20:32 (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	08/09/2019 15:06:57 (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	01:46:25
Intervalo de procesamiento:	5 segundos

Componentes de vector (Marca a marca)

De:	LB01					
	Cuadrícula		Local		Global	
Este	624741.391 m	Latitud	S6°46'44.16277"	Latitud	S6°46'44.16277"	
Norte	9250544.033 m	Longitud	W79°52'16.36493"	Longitud	W79°52'16.36493"	
Elevación	33.709 m	Altura	42.561 m	Altura	42.561 m	

A:	PG-02					
	Cuadrícula		Local		Global	
Este	623924.753 m	Latitud	S6°47'00.96795"	Latitud	S6°47'00.96795"	
Norte	9250029.788 m	Longitud	W79°52'42.92592"	Longitud	W79°52'42.92592"	
Elevación	27.190 m	Altura	36.016 m	Altura	36.016 m	

Vector					
Δ Este	-816.638 m	Acimut Adelante NS	237°40'04"	Δ X	-814.775 m
Δ Norte	-514.244 m	Dist. elip	965.263 m	Δ Y	-76.977 m
Δ Elevación	-6.519 m	Δ Altura	-6.545 m	Δ Z	-511.863 m

Errores estándar

Errores de vector:					
σ Δ Este	0.001 m	σ Acimut NS delantero	0°00'00"	σ Δ X	0.001 m
σ Δ Norte	0.001 m	σ Dist. elipsoide	0.001 m	σ Δ Y	0.002 m
σ Δ Elevación	0.002 m	σ Δ Altura	0.002 m	σ Δ Z	0.001 m

Matriz de covarianzas a posteriori (Metro²)

	X	Y	Z
X	0.0000007464		
Y	-0.0000003827	0.0000028000	
Z	-0.0000002589	0.0000003856	0.0000005197

Ocupaciones

	De	A
ID de punto:	LB01	PG-02
Archivo de datos:	C:\Users\ACER\Documents\Trimble Business Center\GEODESIA SOL\LB01251aA.T01	C:\Users\ACER\Documents\Trimble Business Center\GEODESIA SOL\PG022511.190
Tipo de receptor:	NetR8	S10
Número de serie del receptor:	4906K34403	S10A3580910005
Tipo de antena:	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	S10 Internal
Número de serie de la antena:	40925402	0
Altura de la antena (medida):	0.075 m	1.602 m
Método de antena:	Base del soporte de la antena	Centro de fase de la antena

Resumen de seguimiento

G 2	L1 L2	
G 5	L1 L2	
G 6	L1 L2	
G 12	L1 L2	
G 13	L1 L2	
G 15	L1 L2	
G 19	L1 L2	
G 24	L1 L2	
G 25	L1 L2	
G 29	L1 L2	
R 1	L1 L2	
R 6	L1	
R 7	L1 L2	
R 8	L1 L2	
R 9	L1 L2	
R 11	L1 L2	
R 20	L1 L2	
R 21	L1 L2	
R 22	L1 L2	

Estilo de procesamiento:

Máscara de elevación:	10°00'00.0"
Autoiniciar procesamiento:	Sí
Iniciar numeración automática de ID:	AUTO0001
Vectores continuos:	No
Generar residuales:	No
Modelo de antena:	NGS Absolute
Tipo de efeméride:	Transmisión
Frecuencia:	Múltiples frecuencias
Intervalo de procesamiento:	5 segundos
Forzar flotante:	No
Tipo de procesamiento de SIG:	Procesamiento automático de portadoras y códigos

Criterios de aceptación

Componente del vector	Indicador 	Fallida 
Precisión horizontal >	0.020 m + 1.000 ppm	0.050 m + 1.000 ppm
Precisión vertical >	0.050 m + 1.000 ppm	0.100 m + 1.000 ppm

19/09/2019 12:01:32	C:\Users\ACER\Documents\Trimble Business Center\GEODESIA SOL.vce	Trimble Business Center
---------------------	--	-------------------------

Anexo 4: Resultado – Lista de puntos

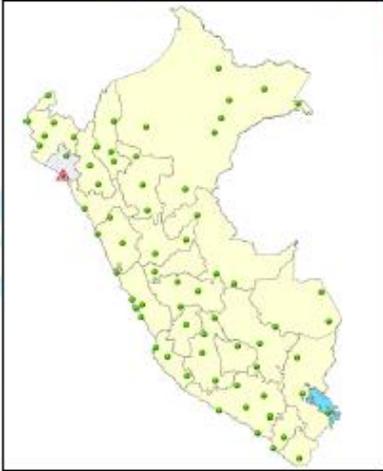
SOLANGHE ROXANA YOMONA LUNA		Teléfono:936 016 475	
CL. ANDRÉS RAZURI MZ G LT. 13 PJ SANTA ROSA		Fax:	
LAMBAYEQUE, LAMBAYEQUE		solroxanay@gmail.com	
PERU			
Datos del archivo del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:	C:\Users\ACER\Documents\Trimble Business Center\GEODESIA SOL.vce	Nombre:	World wide/UTM
Tamaño:	56 KB	Datum:	WGS 1984
Modificado/a:	11/09/2019 14:28:27 (UTC:-5)	Zona:	17 South
Zona horaria:	Hora est. Pacífico, Sudamérica	Geoide:	EGM08 PE
Número de referencia:		Datum vertical:	
Descripción:		Obra calibrada:	
Comentario 1:			
Comentario 2:			
Comentario 3:			

Lista de puntos

ID	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Código de característica	Factor de escala de proyección	Factor de escala de altura	Factor de escala combinada	Ángulo de convergencia de meridiano
LB01	624741.391	9250544.033	33.709	LB01	0.9997925882	0.9999933053	0.9997858948	-0°08'00"
PG-01	624118.217	9250329.137	30.285		0.9997906686	0.9999938470	0.9997845169	-0°07'57"
PG-02	623924.753	9250029.788	27.190		0.9997900747	0.9999943348	0.9997844106	-0°07'57"

19/09/2019 12:02:17	C:\Users\ACER\Documents\Trimble Business Center\GEODESIA SOL.vce	Trimble Business Center
---------------------	--	-------------------------

Anexo 5: Ficha técnica ERP – LB01 Chiclayo

	INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO	
<u>FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS DE RASTREO PERMANENTE</u>		
0. DATOS GENERALES:		
Preparado por: Realizado: Versión:	Departamento de Procesamiento Geodésico 1 de julio de 2019 3.0.0	
1. INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS:		
Nombre: Código Nacional: Código Internacional: Inscripción: Orden de la estación: Fecha de monumentación:	Chiclayo LB01 42212M001 Placa de bronce "0" 19 de noviembre de 2009	
		
2. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN:		
Departamento: Provincia: Distrito: Ubicación de la estación:	Lambayeque Chiclayo Chiclayo Gobierno Regional de Lambayeque	
CROQUIS DE UBICACIÓN		
		
LB01		



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



3. COORDENADAS DE LA ESTACIÓN:

Sistema de referencia: GRS80 / WGS84

Marco de referencia: ITRF2000

3.1. GEODÉSICAS:

Latitud (S)	Longitud (O)
06° 46' 44. 16277"	79° 52' 16. 36493"
Altura Elipsoidal (m)	Factor de escala combinado
42.5611	0.999792556565

3.2. CARTESIANAS

X (m)	Y (m)	Z (m)
1113885.5871	-6235170.9980	-747868.0490

3.3. UTM

Este (m)	Norte (m)
624741.3912	9250544.0325
Zona: 17 Sur	

4. INFORMACIÓN SOBRE EL EQUIPO GNSS

4.1. RECEPTOR:

Modelo: NET R8 TRIMBLE, Doble frecuencia
N° de serie: 4906K34403
Versión del firmware: 4.41
Fecha de instalación: 20 de noviembre de 2009
Ubicación del receptor: El receptor se encuentra dentro de una caja metálica de color blanco humo, ubicada en la Oficina de Servicio Mecánico de la mencionada institución.

4.2. ANTENA:

Modelo: Zephyr Geodetic Model 2 (L1,L2) Trimble
N° de serie: 1440925402
Cubierta protectora: con domo
Medición de la antena: ARP
Altura de la antena: 0.0750 m
Fecha de instalación: 20 de noviembre de 2009
Ubicación de la antena: La antena está instalada sobre un monumento de concreto de 2.00 m de alto y 30 cm x 30 cm de ancho de color blanco, ubicada en el techo del primer piso de la mencionada institución.

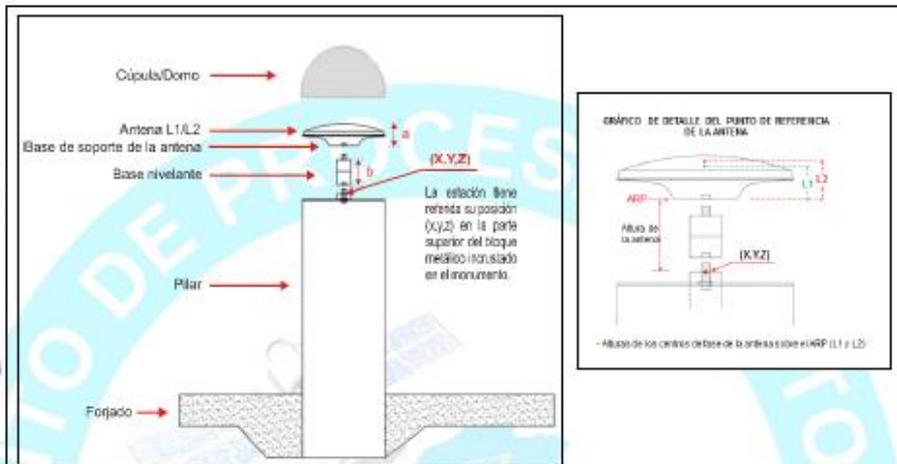


**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**



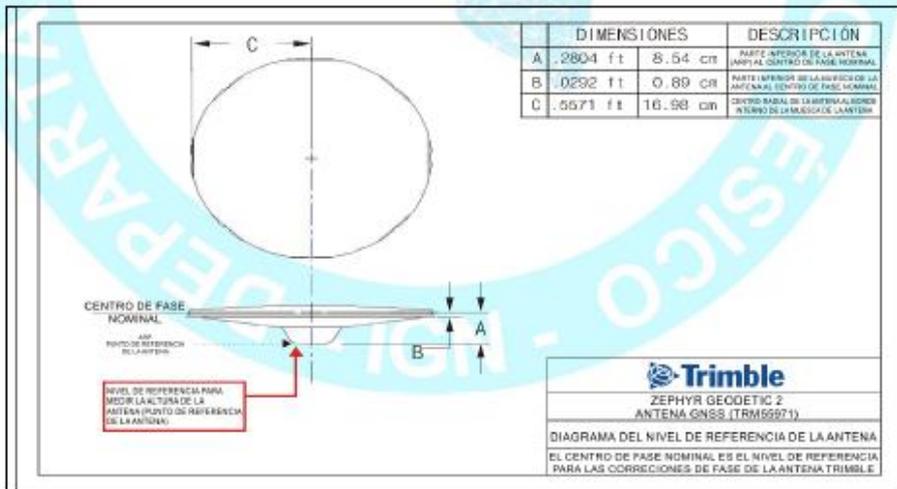
5. ESQUEMA DE LA ESTACIÓN

5.1. ESQUEMA DE ALTURA DE LA ANTENA



a = 8.54 cm	Distancia de compensación del centro de fase. (Phase Center Offset)
b = 7.50 cm	Distancia entre la base de soporte de la antena y el límite superior del bloque metálico incrustado en el monumento.

5.2. DIMENSIONES DE LA ANTENA





INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



6. INFORMACIÓN SOBRE EL PROCESAMIENTO

Área de mantenimiento: DPG
 Área de control: DPG
 Área de procesamiento: DPG
 Observables: L1, L2, C1, P2
 Intervalo de registro: 5 seg
 Máscara de elevación: 5°
 Archivo diario: 24 HRS
 Formato de archivo nativo: *T01
 Datos para el procesamiento: 27 de mayo al 9 de junio de 2019
 Tipo de órbita: Efemérides precisas finales
 Archivo procesado: Rinex 2.11
 Software de procesamiento: Gamit / Globk V 10.7
 Procesador y analista GNSS: Mario César Mendoza Del Aguila
 Revisado por: CAP. EP. Rogger Montoya Monroy

CONTACTOS

Oficina: Departamento de Procesamiento Geodésico
 Dirección: Av. Andrés Aramburú 1184, Surquillo, Lima 34, Perú
 Teléfono: 4759960 / 4753030 Anexo 120
 Correo: cpg@ign.gob.pe / cpg.ign@hotmail.com
 Web site: http://209.45.65.186/rastreo_permanente



Anexo 6: Ficha monográfica de puntos establecidos

		UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA		
NOMBRE	CÓDIGO	LOCALIDAD	ESTABLECIDA POR:	
PG-01	PG-01	NUEVO PROGRESO	SOLANGHE ROXANA YOMONA LUNA	
UBICACIÓN: Sardinel central de la autopista Chiclayo- Pimentel- frente a acceso principal a la Urb. La Pradera.			CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA: VARILLA DE ACERO CORRUGADO DE 1/2"	
LATITUD (S) WGS-84	LONGITUD (W) WGS-84	NORTE (N) WGS-84	ESTE (E) WGS-84	
S6°46'51.20674"	W79°52'36.64689"	9250329.137 m	624118.217 m	
ALTURA ELIPSOIDAL		ELEVACIÓN (EGM-2008)	ZONA UTM	
39.117 m		30.285 m	17 S	
ORDEN DEL PUNTO GEODÉSICO C				
CROQUIS		IMAGEN DE RASTREO DE ANTENA		
				
DESCRIPCIÓN				
El punto geodésico denominado PG-01, se encuentra ubicado en el distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, está localizado dentro del sardinel central de la Autopista Chiclayo- Pimentel.				
DESCRITA POR:	REVISADO POR:	APROBADA POR:	FECHA:	
SOLANGHE R. YOMONA LUNA	HÉCTOR CAMPOS V.		SEPTIEMBRE 2019	

		UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA	
NOMBRE	CÓDIGO	LOCALIDAD	ESTABLECIDA POR:
PG-02	PG-02	NUEVO PROGRESO	SOLANGHE ROXANA YOMONA LUNA
UBICACIÓN:		CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA:	
Sardinel central de la autopista Chiclayo- Pimentel- frente a sede del MTC.		VARILLA DE ACERO CORRUGADO DE 1/2"	
LATITUD (S) WGS-84	LONGITUD (W) WGS-84	NORTE (N) WGS-84	ESTE (E) WGS-84
S6°47'00.96795"	W79°52'42.92592"	9250029.788 m	623924.753 m
ALTURA ELIPSOIDAL		ELEVACIÓN (EGM-2008)	ZONA UTM
36.016 m		27.190 m	17 S
ORDEN DEL PUNTO GEODÉSICO			
C			
CROQUIS		IMAGEN DE RASTREO DE ANTENA	
			
DESCRIPCIÓN			
El punto geodésico denominado PG-02, se encuentra ubicado en el distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, está localizado dentro del sardinel central de la Autopista Chiclayo- Pimentel.			
DESCRITA POR:	REVISADO POR:	APROBADA POR:	FECHA:
SOLANGHE R. YOMONA LUNA	HÉCTOR CAMPOS V.		SEPTIEMBRE 2019

Anexo 7: Boleta



INSTITUTO GEOGRAFICO
NACIONAL
AV. ARAMBURU 1184 ZONA SURQUILLO
LIMA - LIMA
TELEFONO : 226-
7067
EMAIL :
COMERCIALIZACION@IGN.GOB.PE

Horario de Atención: Lunes a Viernes 08:30 am - 04:40 pm

BOLETA ELECTRONICA

RUC :20301053623
B001-005135

Datos de Cliente		Datos de la Factura	
Cliente :	SOLANGHE ROXANA YOMONA LUNA	Fecha de Emision	11 Septiembre 2019
Direccion :	CL. ANDRES RAZURI MZ G. LT. 13 PJ SANTA ROSA	N° Interno :	0000003188
DNI N° :	70172597	Forma de Pago :	DEPOSITO
		Tipo de Moneda :	SOLES

ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO U	SUBTOTAL
01	B-07-01-00063	DATA ERP CHICLAYO DIGITAL DVD	1	151.27	151.27
02	B-07-01-00064	FICHA TECNICA DE ERP CHICLAYO DIGITAL DVD	1	101.70	101.70

DOSCIENTOS NOVENTA Y OCHO CON 50/100 SOLES		SUB TOTAL VENTA	S/	252.97
 <p>Usuario : 20538902374 Clave : 0000005339 Ingrese al link http://app.ign.gob.pe/documentoelectronicos</p> <p>Vendedor : jBROCCAB Cobrado Por jBROCCAB</p>	ANTICIPOS	:	S/	0.00
	DESCUENTOS	:	S/	0.00
	VALOR VENTA	:	S/	0.00
	ISC	:	S/	0.00
			18%	54.46
	OTROS CARGOS	:	S/	0.00
	IMPORTE TOTAL	:	S/	298.50

Esta es una representacion impresa

Efectos fiscales al pago

N° NOTA VENTA : 0000004976

ERP : LB01- CHICLAYO