



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú - IGP

IGP Instituto
Geofísico
del Perú

**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA AÉREA CON DRON Y MEDICIONES GPS EN
LA LOCALIDAD DE SAN JOSÉ, LA LIBERTAD**



Lima – Perú

2020



*“Ciencia para protegernos,
Ciencia para avanzar”*

Este informe ha sido elaborado por el Instituto Geofísico del Perú

Créditos:

Presidente Ejecutivo

Dr. Hernando Tavera

Director científico

Dr. Danny Scipión

Autores: Juan Carlos Villegas y Juan Carlos Gómez

Colaboradores: Keiko Moroccore y Mijaell Berduzco



Investigación para la Prevención de Desastres

RESUMEN

En el marco de las actividades del Programa Presupuestal por Resultados PPR068 “Zonas geográficas con gestión de información sísmica”, el Instituto Geofísico del Perú (IGP), viene realizando estudios de caracterización sísmica-geotécnica en el departamento de La Libertad, los cuales tienen por finalidad caracterizar las propiedades físico-mecánicas y la obtención de los parámetros elásticos que determinan la rigidez de los suelos. Como parte de estos trabajos se ha realizado el levantamiento topográfico mediante fotogrametría aérea con dron y mediciones geodésicas GNSS en la localidad de San José, La Libertad, con el propósito de obtener información del relieve y caracterizar la superficie del terreno con un alto nivel de resolución. El área de estudio es de 764 ha y comprende el ámbito urbano y rural de la localidad de San José (764 ha). Los trabajos de campo se realizaron el día 9 de marzo del 2020, en el que se obtuvieron 440 fotografías aéreas y se midieron coordenadas GNSS precisas en 6 puntos de fotocontrol. Los productos obtenidos consisten en: 01 Modelo Digital del Terreno (MDT) con una resolución espacial de 29 cm/píxel, que ha permitido generar mapas de la zona de estudio a escala 1:5000 como curvas de nivel con un intervalo de 5 metros y 01 ortomosaico con una resolución espacial de 7.5 cm/píxel. Estos productos permitirán realizar un análisis y evaluación precisa de la morfología del terreno, así como la elaboración de perfiles topográficos, modelos de inundación de drenaje, entre otros.



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	6
2	ASPECTOS GENERALES	7
2.1	UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	7
3	OBJETIVOS	7
3.1	OBJETIVO GENERAL	7
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
4	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA AÉREA CON DRON Y MEDICIONES DE GPS	7
4.1	PLANIFICACIÓN DEL PLAN DE VUELO Y DE LOS PUNTOS DE FOTOCONTROL	8
4.1.1	<i>Plan del vuelo</i>	8
4.1.2	<i>Puntos de fotocontrol</i>	8
4.2	INSTALACIÓN Y MEDICIÓN DE COORDENADAS GPS PRECISAS EN LOS PUNTOS DE FOTOCONTROL	9
4.3	LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO	10
5	METODOLOGÍA PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS	10
5.1	PROCESAMIENTO DE DATOS DE LOS PUNTOS DE FOTOCONTROL GPS	10
5.2	PROCESAMIENTO DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS	11
6	RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	11
6.1	COORDENADAS PRECISAS DE LOS PUNTOS DE FOTOCONTROL GPS	11
6.2	FOTOGRAMETRÍA	12
6.2.1	<i>Modelo digital del terreno (MDT)</i>	12
6.2.2	<i>Mapa de ortomosaico</i>	13
6.2.3	<i>Mapa de curvas de nivel</i>	13
7	CONCLUSIONES	15
8	RECOMENDACIONES	15
9	REFERENCIAS	16
	ANEXO 2: MARCO CONCEPTUAL	22

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1. Punto de fotocontrol SJE05. Se observa al operador y al equipo GPS rover realizando la adquisición de datos. 9

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1. Planes de vuelo para la adquisición de fotografías aéreas. 8
Tabla 2. Programa de ejecución de las misiones de vuelo para la adquisición de fotografías aéreas en la localidad de San José. 10
Tabla 3. Coordenadas de los puntos de fotocontrol corregidos 12

RELACIÓN DE ANEXOS

Anexo 01: Mapas

- A Ubicación, planes de vuelo y puntos de fotocontrol
- B Ortotomosaico
- C Modelo Digital del Terreno (MDT)
- D Curvas de nivel con intervalo 5 m

Anexo 02: Marco conceptual

- Fotogrametría
- Mediciones GPS en modo Post Procesamiento Cinemático (PPK)
- Puntos de control
- Ortomosaico
- Dron
- Modelo Digital del Terreno (MDT)

1 INTRODUCCIÓN

El Instituto Geofísico del Perú (IGP), en el marco de las actividades del Programa Presupuestal por Resultados PPR068 “Zonas geográficas con gestión de información sísmica”, viene realizando estudios de caracterización sísmica-geotécnica en las localidades de mayor exposición frente a la ocurrencia de grandes sismos en el departamento de La Libertad, con la finalidad de caracterizar las propiedades físico-mecánicas y la obtención de parámetros elásticos que determinan la rigidez de los suelos. Estos resultados sirven para determinar el comportamiento dinámico de los suelos que presentarían ante la eventual ocurrencia de un sismo de gran magnitud. En este sentido, con la finalidad de contar con información que permita caracterizar el relieve de la superficie terrestre con un alto nivel de resolución que sirva de base para el cartografiado geológico, geomorfológico y geodinámico, de la zona de estudio; se ha llevado a cabo el “Levantamiento topográfico de la ciudad de San José, mediante fotogrametría aérea con dron y mediciones GNSS”. El área de estudio abarca una extensión de 764 ha, y se caracteriza por presentar una topografía relativamente llana, con elevaciones máximas y mínimas de 180 m s.n.m y 75 m s.n.m., respectivamente. Los trabajos realizados se dividieron en 3 etapas: en la primera se realizó la revisión de información de la zona de estudio (mapas, imágenes satelitales, etc) para evaluar la accesibilidad y definir la ubicación de los puntos de fotocontrol GPS y los planes de vuelo; en la segunda, se realizó el trabajo de campo, el día 09 de marzo del 2020, que consistió en la adquisición de 440 fotografías aéreas con dron y la medición de 6 puntos de fotocontrol GPS. Finalmente, en la tercera etapa se realizó el procesamiento de datos. En este informe se presenta una breve descripción de los trabajos de campo, la metodología de procesamiento de datos y finalmente los productos obtenidos, que consisten en: 01 mapa del modelo digital del terreno (MDT) con una resolución espacial de 29 cm/pixel, que ha permitido generar un mapa de la zona de estudio a escala 1:5000, 01 ortomosaico con resolución espacial de 7.5 cm/pixel, y finalmente curvas de nivel con un intervalo de 5 m. En el Anexo 2 se incluye el marco conceptual con las principales definiciones que comprende el levantamiento fotogramétrico con dron y mediciones GPS.

2 ASPECTOS GENERALES

2.1 Ubicación y accesibilidad

El Centro Poblado de San José se encuentra ubicado en el distrito y provincia de Virú, en el departamento de La Libertad, (Mapa A en Anexo 1), en las coordenadas UTM 749055.79 m E, 9065482.15 m N, a una elevación promedio de 90 m s.n.m. Este centro poblado abarca una superficie de 534 ha y sus límites son: por el Sur con la empresa Camposol, por el Norte y el Este con el sector agrícola del distrito de Virú, y por el Oeste con el Fundo Santa María y el conjunto residencial Las Dunas de San José. El acceso al centro poblado de San José, desde Lima se realiza vía terrestre por la carretera Panamericana Norte (PE-1N), en un recorrido de 520 km, durante 8 horas aproximadamente.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- Realizar el levantamiento topográfico del distrito de San José, La Libertad (área 764 ha), mediante fotogrametría aérea con dron y mediciones GPS para obtener un mapa del modelo digital del terreno en alta resolución y curvas de nivel a escala 1:5000.

3.2 Objetivos específicos

- Obtener un modelo digital del terreno con una resolución espacial de 29 cm/pixel.
- Obtener un ortomosaico con una resolución espacial inferior a 7.5 cm/pixel.
- Obtener curvas de nivel del terreno cada 5 metros.

4 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA AÉREA CON DRON Y MEDICIONES DE GPS

La realización del levantamiento topográfico con dron del distrito de San José se desarrolló en tres fases, las cuales se describen a continuación:



4.1 Planificación del plan de vuelo y de los puntos de fotocontrol

4.1.1 Plan del vuelo

Para llevar a cabo la adquisición de las fotografías aéreas es necesario elaborar el plan de vuelo a fin de definir los parámetros de adquisición de las imágenes, la extensión y tiempo de vuelo del dron. Para ello se utilizó el software licenciado MapPilot. Considerando que la extensión total del área de estudio es de 764 ha y la configuración de la superficie del terreno (zonas llanuras y elevaciones), se dividió la zona de estudio en 2 sub-áreas o misiones (Tabla 1). Se consideraron los siguientes parámetros para el levantamiento:

- Resolución de las fotografías: 20 megapíxeles
- Ground Simple Distance (GSD): 8.58 cm/pixel
- Traslape: 65% longitudinal y 65% transversal
- Tiempo de vuelo: no mayor a 20 minutos

Tabla 1. Planes de vuelo para la adquisición de fotografías aéreas.

Código	Área (ha)	Orientación	Coord. Este UTM	Coord. Norte UTM
Misión 01 (SJ1)	393	NE-SO	749003	9064314
Misión 02 (SJ2)	315	NE-SO	748268	9065417

4.1.2 Puntos de fotocontrol

En base a información sobre la orografía y accesibilidad a la zona de estudio se establecieron 6 puntos de fotocontrol (Mapa A, en Anexo 1), considerando como mínimo 2 puntos en común por cada plan de vuelo. Para definir la ubicación de los puntos se consideró que el relieve del terreno sea llano y se encuentre despejado en un radio de 3 metros, a fin de que la marca en el suelo sea visible en las fotografías aéreas.



4.2 Instalación y medición de coordenadas GNSS precisas en los puntos de fotocontrol

Con el propósito de georeferenciar las fotografías aéreas se realizó la señalización de 6 puntos de fotocontrol y la respectiva medición de coordenadas. Para la señalización se realizó la verificación in situ de la localización de los puntos planteados en gabinete, a fin de evaluar las condiciones físicas del lugar (presencia de árboles, áreas de cultivo, pendientes, construcciones, propiedad privada, etc). Luego, se procedió a señalar los puntos de fotocontrol utilizando plantillas diana con colores en alto contraste y marcas temporales de yeso en forma de aspa de color blanco con una dimensión de 3 m de longitud y 30 cm de ancho (Figura 1).



Figura 1. Punto de fotocontrol SJE05. Se observa al operador y al equipo GNSS rover realizando la adquisición de datos.

Para la adquisición de datos se utilizó un set de receptores GNSS base y móvil Trimble R8 y accesorios. La estación base fue ubicada sobre un punto con coordenadas a priori conocidas (UTM Este: 755522.3, Norte: 9055420.8)

(utilizando un trípode y un bastón de 25 cm de altura), mientras que para la estación móvil se utilizó un bastón de 1.80 m de altura (Figura 1). El registro de datos en las estaciones base y móvil se realizó a una tasa de muestreo de 1 segundo durante 9 horas y de 1 segundo durante 10 minutos, respectivamente.

4.3 Levantamiento fotogramétrico

El levantamiento fotogramétrico se realizó utilizando un dron modelo Phantom 4 Pro y un controlador remoto con el software MapPilot. Las 2 misiones de vuelo se realizaron el 9 de marzo del 2020 (Tabla 2), periodo en el que se obtuvieron un total de 440 fotografías aéreas. Todos los vuelos se realizaron desde las 9 hasta las 15 horas aproximadamente, ya que durante este intervalo se cuenta con mejor luz del día y vientos débiles.

Tabla 2. Programa de ejecución de las misiones de vuelo para la adquisición de fotografías aéreas en la localidad de San José.

Fecha	Misiones	Duración	Hora Inicio	Hora Final
09/03/2020	Misión - 01 (SJ1)	02:00:00	11:00:00 a. m.	01:00:00 p. m.
09/03/2020	Misión - 02 (SJ2)	01:45:00	02:30:00 p. m.	04:15:00 p. m.

5 METODOLOGÍA PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS

5.1 Procesamiento de datos de los puntos de fotocontrol GNSS

Para el cálculo de la corrección de coordenadas de los puntos de fotocontrol se utilizó el software licenciado Trimble Business Center (TBC). Este software realiza el cálculo de las coordenadas Este, Norte y Elevación, mediante la determinación de líneas de base entre la estación GPS base y los puntos GPS temporales. Para ello, el software corrige el retraso de la señal producido por la tropósfera mediante el modelo Hopfield (1971), y resuelve las ambigüedades utilizando los parámetros orbitales de los satélites de las efemérides precisas del servicio internacional de GNSS (IGS) (Trimble survey división, 2012). Como resultado se obtienen las coordenadas corregidas y la precisión final de la posición para cada componente.



5.2 Procesamiento de fotografías aéreas

Las fotografías aéreas fueron procesadas en el software licenciado Pix4D en 3 etapas. En la primera se realizó la calibración automática de cámaras, que consiste en la búsqueda de puntos en común entre las fotografías. Este proceso permitió generar una nube de 499,405 puntos de enlace. En la segunda etapa se realizó la densificación de la nube de puntos, logrando generar 11.3 puntos/m². Luego, se realizó la clasificación de la nube de puntos, considerando las siguientes categorías: vegetación, edificios y terreno, posteriormente se realizó la clasificación manual para asignar una clase a los puntos que no se clasificaron correctamente. Finalmente, se realizó la creación del Modelo Digital del Terreno (MDT) y la generación de un ortomosaico. Posteriormente, a partir del MDT y haciendo uso del software libre Qgis 2.20, se generaron curvas de nivel a un intervalo de 5 m.

6 RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

6.1 Coordenadas precisas de los puntos de fotocontrol GPS

Las coordenadas UTM corregidas de los puntos de fotocontrol se muestran en la Tabla 3. La precisión de los resultados obtenidos en la componente horizontal varía entre 0.4 cm a 2.6 cm y en la componente vertical entre 0.9 cm a 9.3 cm. Debido a que la estación base (CHAO-BASE) fue calculada respecto a una estación de referencia regional ubicada a 300 km de distancia, su precisión es de 2.6 cm y 9.3cm para las componentes horizontal y vertical, respectivamente. Para propósitos de este estudio estos valores son óptimos.



Tabla 3. Coordenadas de los puntos de fotocontrol corregidos

Localidad: San José Provincia: San José Región: La Libertad Coordenadas UTM Datum: WGS 1984 Zona: 17 (Sur)					
ID	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Precisión Horizontal (Metro)	Precisión Vertical (Metro)
CHAO-BASE	755522.28	9055420.78	105.99	0.026	0.093
SJE01	750345.83	9064391.74	109.28	0.010	0.011
SJE02	748120.67	9065934.30	80.79	0.006	0.009
SJE04	749262.78	9065335.56	102.71	0.004	0.009
SJE05	748703.90	9064738.80	88.86	0.006	0.011
SJE08	748271.85	9065337.03	83.54	0.006	0.010

6.2 Fotogrametría

Los resultados obtenidos del procesamiento fotogramétrico para la localidad de San José son los siguientes:

6.2.1 Modelo digital del terreno (MDT)

Se ha obtenido un modelo digital del terreno (MDT), para la localidad de San José (764 ha) con una resolución espacial de 29 cm/píxel. A partir de este modelo se ha generado un mapa a escala 1:5000 (Mapa B en Anexo 1). Este modelo contiene información sobre la superficie del terreno en coordenadas X, Y y Z, libre de edificios y árboles. Las tonalidades que se observan en el mapa B indican las elevaciones del terreno, estas varían de tonalidades verdes (para elevaciones < 120 m s.n.m.) a marrones (para elevaciones entre 127 a 180 m s.n.m.), distribuyéndose preferentemente en el sector oeste del mapa.

Asimismo, se observa que las elevaciones máximas (de colores marrones a plomos) se ubican al oeste del centro poblado de las Dunas de San José, con una elevación promedio de 150 m s.n.m., las tonalidades verdes se observan en todo el mapa abarcando el centro poblado de San José, parte de la empresa

Camposol y la Laguna San José, estas zonas presentan elevaciones entre 80 m s.n.m (Norte del C. P. San José) a 110 m s.n.m. (margen derecho de la Laguna San José).

6.2.2 Mapa de ortomosaico

Se ha generado un mapa de ortomosaico del centro poblado de San José con una resolución espacial de 7.47 cm/píxel a escala 1:5000 (Mapa C en Anexo 1), el cual permite identificar claramente: calles, viviendas, árboles, canales de agua, autos, parques, muros de piedra, y objetos de hasta 23 cm de longitud, entre otros. En el mapa se observan diversos tonos de color, los cuales reflejan el predominio de objetos en el área de estudio. El color de tonalidad ploma representa las edificaciones, las calles y canales de agua; las tonalidades verdes representan las áreas de cultivo, las cuales abarcan un área aproximada de 270 ha, y las tonalidades marrones representan lomas y caminos de trocha, los cuales predominan en el mapa abarcando un área de 300 ha. Según esta clasificación en el área de estudio predominan las zonas desérticas como lomas y caminos de trocha. Cabe mencionar que el efecto de sombra producido por árboles y construcciones es mínimo.

De acuerdo a las tonalidades identificadas en el mapa, se puede estimar el área aproximada de que abarcan los centros poblados de San José y Las Dunas de San José siendo de 79 ha y 12 ha, respectivamente, asimismo se ha estimado el área que abarca parte de la empresa Camposol que se muestra en el ortomosaico siendo de 29 ha. Finalmente, es preciso destacar la alta resolución de este producto, en comparación con las imágenes que se obtienen del satélite PERU-SAT, cuya resolución es de 70 cm/píxel.

6.2.3 Mapa de curvas de nivel

A partir de los modelos digitales del terreno se elaboró un mapa de curvas de nivel (cada 5 metros) a escala 1:5000 para el centro poblado de San José (Mapa D Anexo 1). A fin de obtener curvas representativas de la superficie del terreno, estas fueron superpuestas sobre el ortomosaico para verificar su correspondencia con el terreno y no a construcciones ni a vegetación. Para ello,



Levantamiento topográfico mediante fotogrametría aérea con dron y mediciones de GPS en la localidad de San José

se realizó el suavizado de las curvas en el software libre Qgis, el cual genera una nueva capa vectorial con los mismos objetos de la capa de entrada, pero con un mayor número de nodos o vértices. Cuanto mayor es el número de iteraciones, las geometrías resultantes son más suaves. Para este estudio se aplicaron 5 iteraciones.

Finalmente, el mapa de curvas de nivel obtenido permite identificar la existencia de importantes lomas al oeste de la localidad de San José, la primera corresponde al centro poblado Las Dunas de San José con elevaciones que oscilan entre los 90 a 170 m s.n.m, y la segunda corresponde a una loma ubicada en el margen derecho de la Laguna San José que presenta una cota máxima y mínima de 120 y 90 m s.n.m., respectivamente. Las elevaciones intermedias corresponden al centro poblado de San José, zona de cultivos y parte de la empresa Camposol, para estas zonas las elevaciones oscilan entre 80 a 110 m s.n.m. Por último, las cotas bajas (79 m s.n.m a 80 m s.n.m) corresponden a los canales de agua que atraviesan la zona de estudio con una dirección SE-NW



7 CONCLUSIONES

- Se ha realizado el levantamiento topográfico en el centro poblado de San José, mediante fotogrametría con dron y mediciones GPS, el cual ha permitido generar un mapa del modelo digital del terreno a escala 1:5000 con una resolución espacial inferior a 29 cm/pixel y un ortomosaico con una resolución espacial inferior a 7.47 cm/pixel.

- Estos productos tienen una mayor resolución que los productos generados por el satélite peruano PERU-SAT, cuya resolución es de 70 cm/pixel. Al obtener una mejor resolución, es posible identificar una mayor cantidad de objetos en el área de estudio (montículos de tierra en los márgenes de los canales de agua, arbustos, entre otros), con lo cual es posible realizar un análisis detallado del terreno.

- Se ha elaborado un mapa de curvas de nivel del terreno con intervalo de 5 metros a escala 1:5000. Los resultados muestran que el centro poblado de San José presenta elevaciones máximas al oeste de la localidad donde se encuentra el centro poblado de las Dunas de San José, un relieve llano en el centro urbano y zonas de cultivo, y depresiones que remarcan los canales de agua de la zona de estudio.

8 RECOMENDACIONES

- Antes de realizar el vuelo se recomienda realizar la verificación de las condiciones meteorológicas de la zona de estudio y el índice geomagnético (kp).

- Evitar volar el dron en áreas de concentración de personas, en condiciones nocturnas y a menos de 4 km de un aeródromo.



9 REFERENCIAS

- Doyle, F. (1978). Digital Terrain Models: An Overview*. Photogrammetric engineering and remote sensing, 44, 1481–1485. Recuperado de https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1978journal/dec/1978_dec_1481-1485.pdf
- Hoffmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Collins, J. (2001). Global Positioning System: Theory and Practice. Viena, New York: Springer Vienna.
- Hopfield, H. S. (1971). Tropospheric Effect on Electromagnetically Measured Range: Prediction from Surface Weather Data. Radio Science, 6(3), 357–367. <https://doi.org/10.1029/rs006i003p00357>
- Luo, X. (2013). GPS Stochastic Modelling. Springer Theses, . <https://doi.org/10.1007/978-3-642-34836-5>
- PIX4D. (2017, 14 diciembre). Offline Getting Started and Manual (pdf). Recuperado 12 diciembre, 2019, de <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/204272989-Offline-Getting-Started-and-Manual-pdf>
- RAE. (2019). Dron. Recuperado 6 noviembre, 2019, de <https://dle.rae.es/?id=ED2QqnQ>
- Trimble survey division. (2012, noviembre). Trimble HD-GNSS processing. Recuperado 12 diciembre, 2019, de <https://community.trimble.com/docs/DOC-1923>.
- Us Army Corps Of Engineers. (2002). Engineering and Design: Photogrammetric Mapping (Engineer Manual EM 1110-1-1000). Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=PtLTkwEACAAJ>
- USGS. (2014). Ground Control Points. Recuperado 12 noviembre, 2019, de <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/ground-control-points>

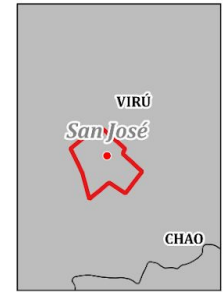
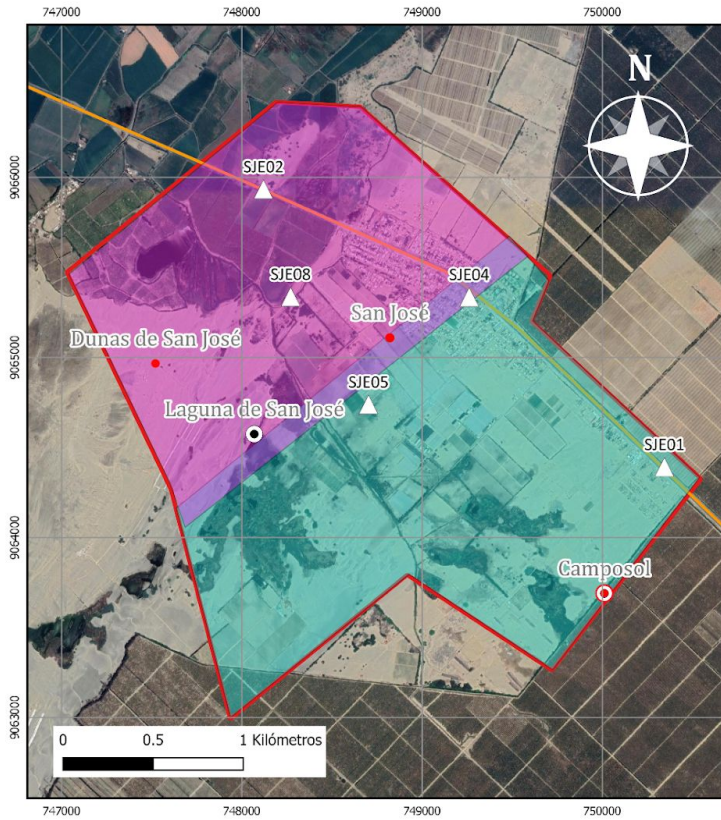


ANEXOS



Levantamiento topográfico mediante fotogrametría aérea con dron y mediciones de GPS en la localidad de San José

ANEXO 1



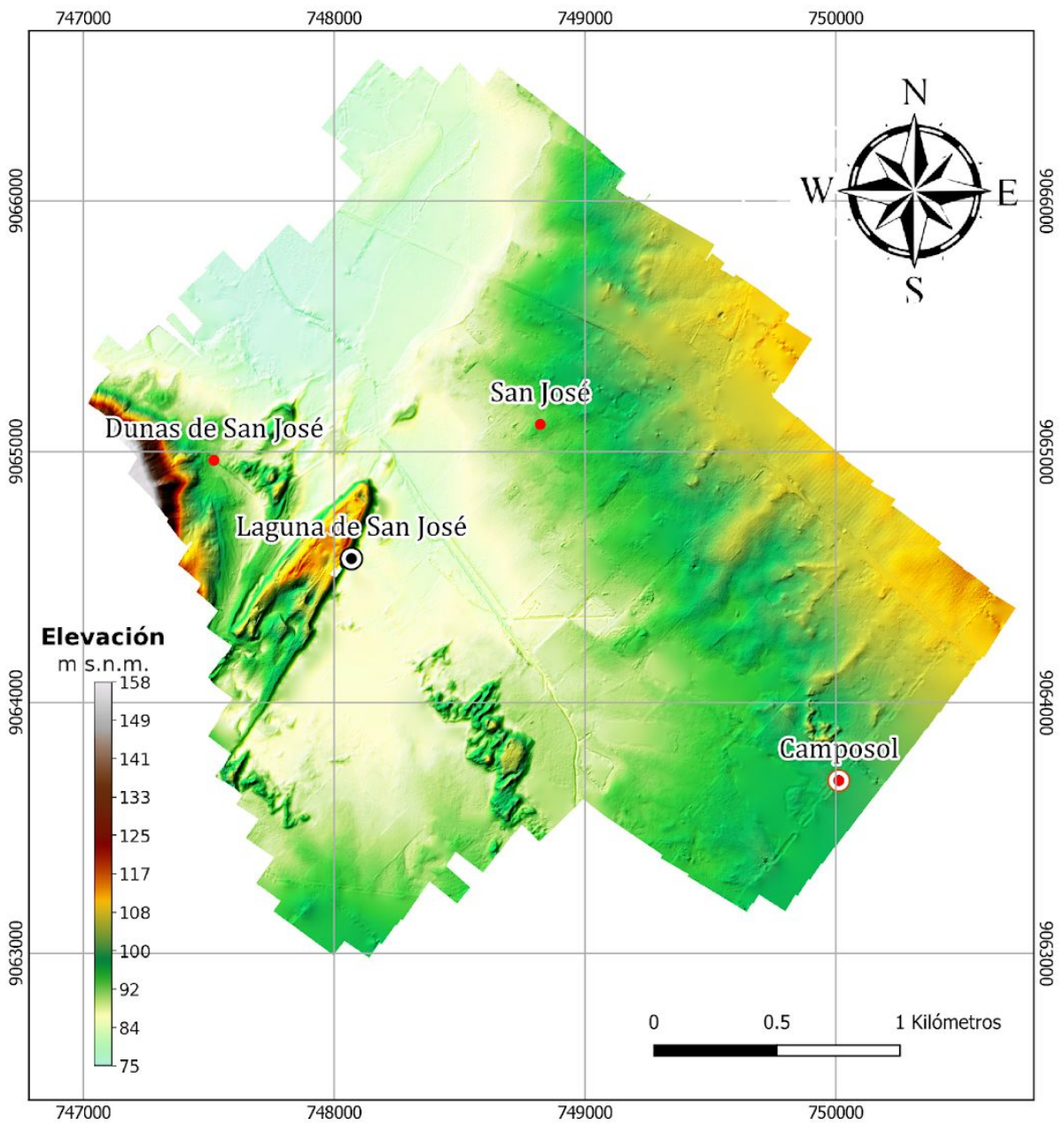
LEYENDA

Carretera Panamericana Norte	Puntos de control
Centro Poblado (C.P.)	Planes de vuelo
Laguna de San José	Misión 1 (SJ1)
Empresa Camposol	Misión 2 (SJ2)
Área de estudio	

		INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ	
		SUBDIRECCIÓN DE CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA	
PROGRAMA PRESUPUESTAL POR RESULTADOS PPR068			
Zonas Geográficas con gestión de Información Sísmica			
Generación de Estudios Territoriales de Peligro Sísmico		Zonificación sísmica - geotécnica Centro Poblado San José - La Libertad	
MAPA DE UBICACIÓN, PLANES DE VUELO Y PUNTOS DE FOTOCONTROL			
Responsable del proyecto: Hernando Tavera		Ejecución del estudio: Juan Carlos Villegas Lanza	
Elaborado por: Ketiko Morocotte/ Mijaell Berduzco		Escala: 1/20,000	Mapa: A
Datum: WGS84 Proyección: UTMZona 17S			



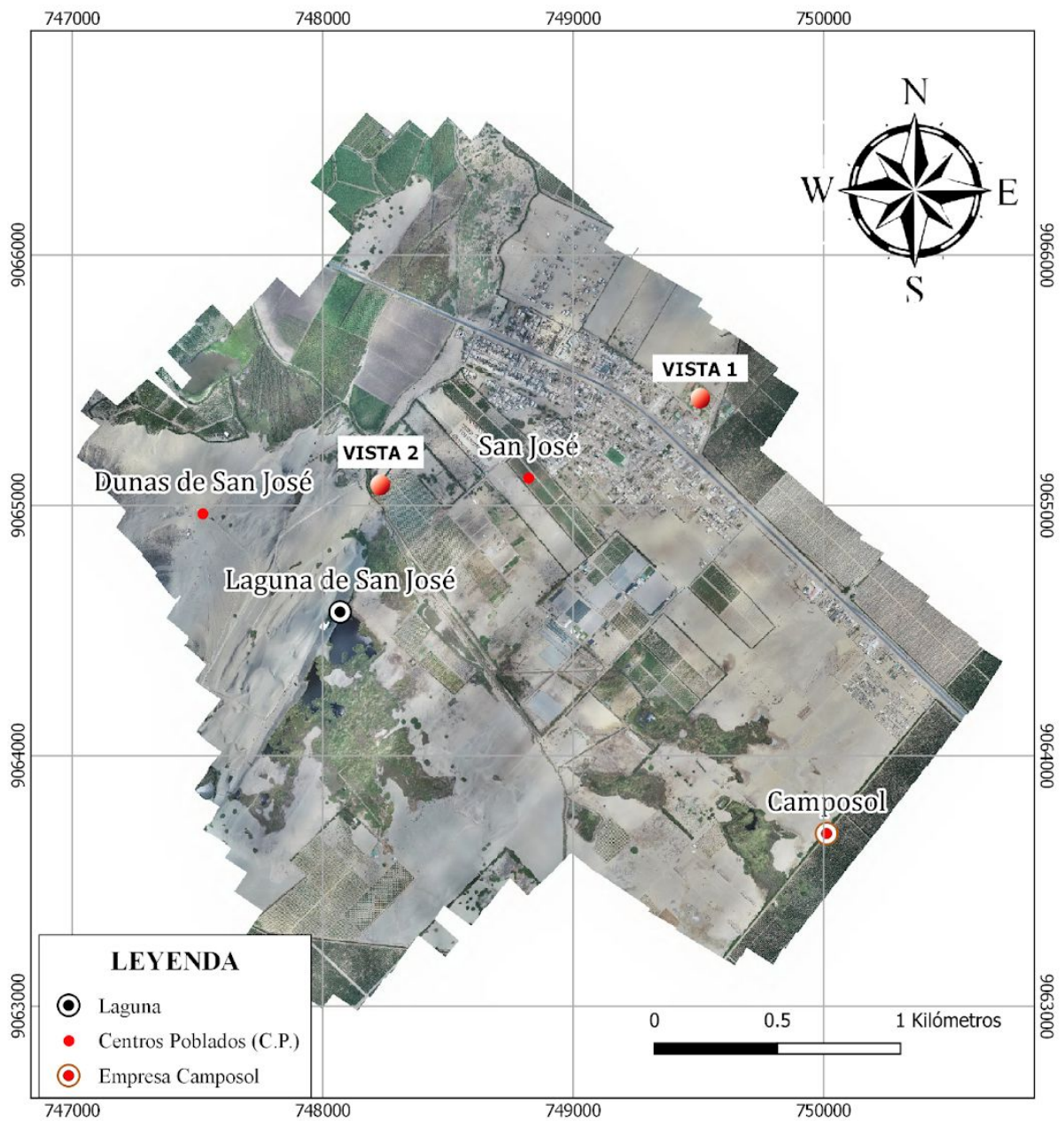
Investigación para la Prevención de Desastres



LEYENDA	
●	Centros Poblados (C.P.)
○	Laguna
○	Empresa Camposol

 INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ SUBDIRECCIÓN DE CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA		
PROGRAMA PRESUPUESTAL POR RESULTADOS PPR068 Zonas Geográficas con gestión de Información Sísmica		
Generación de Estudios Territoriales de Peligro Sísmico	Zonificación sísmica - geotécnica Centro Poblado San José - La Libertad	
MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT)		
Responsable del proyecto: Hernando Tavera	Ejecución del estudio: Juan Carlos Villegas Lanza	
Elaborado por: Keiko Moroccoire/ Mijaell Berduzco	Escala: 1/5,000	
Datum: WGS84 Proyección: UTMZona 17S		Año: 2020
		Mapa: B

Levantamiento topográfico mediante fotogrametría aérea con dron y mediciones de GPS en la localidad de San José



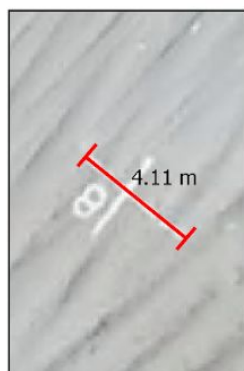
LEYENDA


- Laguna
- Centros Poblados (C.P.)
- Empresa Camposol

VISTA 1

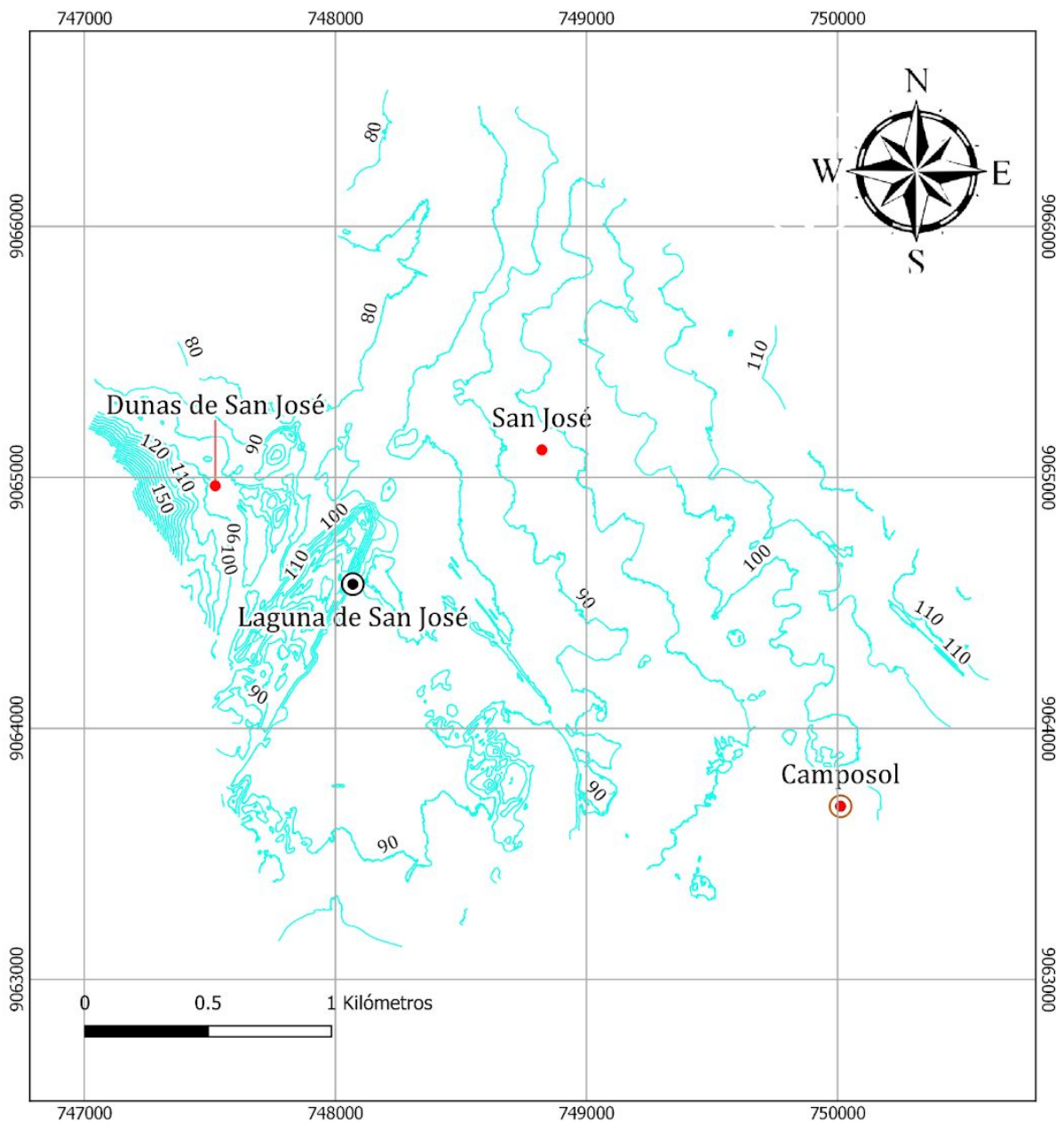


VISTA 2



 INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ SUBDIRECCIÓN DE CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA	
PROGRAMA PRESUPUESTAL POR RESULTADOS PPR068 Zonas Geográficas con gestión de Información Sísmica	
Generación de Estudios Territoriales de Peligro Sísmico	Zonificación sísmica - geotécnica Centro Poblado San José - La Libertad
ORTOMOSAICO	
Responsable del proyecto: Hernando Tavera	Ejecución del estudio: Juan Carlos Villegas Lanza
Elaborado por: Keiko Moroccoire/ Mijaell Berduzco	
Datum: WGS84 Proyección: UTMZona 17S	Año: 2020
Escala: 1/5,000	
Mapa: C	

Levantamiento topográfico mediante fotogrametría aérea con dron y mediciones de GPS en la localidad de San José



LEYENDA	
	Curvas de nivel
	Centros Poblados (C.P.)
	Laguna
	Empresa Camposol

INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ SUBDIRECCIÓN DE CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA		
PROGRAMA PRESUPUESTAL POR RESULTADOS PPR068 Zonas Geográficas con gestión de Información Sísmica		
Generación de Estudios Territoriales de Peligro Sísmico	Zonificación sísmica - geotécnica Centro Poblado San José - La Libertad	
CURVAS DE NIVEL A INTERVALO 5m		
Responsable del proyecto: Hernando Tavera	Ejecución del estudio: Juan Carlos Villegas Lanza	
Elaborado por: Keiko Moroccoire/ Mijaell Berduzco	Escala: 1/5,000	
Datum: WGS84 Proyección: UTMZona 17S		Año: 2020
		Mapa: D

ANEXO 2: MARCO CONCEPTUAL

Fotogrametría

La fotogrametría se define como la disciplina que permite determinar las características cuantitativas y cualitativas de objetos y superficies mediante el análisis de fotografías. Las características cualitativas como la forma, el patrón, el tono y la textura de la zona en estudio, se determinan a partir de la observación de las fotografías; mientras que las características cuantitativas como el tamaño, la orientación y la posición de los objetos, se determinan con mediciones en las fotografías (Us Army Corps Of Engineers, 2002). El principio fundamental de la fotogrametría es la triangulación, al obtener como mínimo dos fotografías continuas de la zona de interés se generan puntos en común, que son identificados y sirven para generar una nube de puntos a partir del cual se realiza la representación del terreno en un sistema de coordenadas X, Y y Z (PIX4D, 2017).

Mediciones GPS en modo Post Procesamiento Cinemático (PPK)

Este método emplea una estación GPS base y una o más estaciones móviles (rover), donde la estación móvil realiza mediciones GPS en diversos puntos dentro del área de estudio. La precisión de los resultados obtenidos en esta metodología es de 5 mm en las componentes horizontales y 5 mm en la componente vertical, sin embargo, la precisión varía en función de la distancia entre la estación GPS base y las estaciones móviles siendo mayor cuando la distancia entre ambos es inferior a 20km (Luo, 2013). El levantamiento en modo post-proceso cinemático se inicia cuando ambas estaciones (base y móvil) permanecen estáticas durante un periodo (típicamente 8 min) suficiente como para resolver las ambigüedades entre la señal emitida por los satélites y la generada en los receptores (Hoffman-Wellenhof et al., 2001). Finalizado este proceso, la estación móvil puede moverse de manera independiente y registrar posiciones. Posteriormente, la corrección de los datos GPS se realiza en gabinete.

Puntos de control

Un punto de control es un lugar físico en la tierra del cual se conoce su posición en un sistema de coordenadas (USGS, 2014); estos puntos deben ser visibles en las fotografías aéreas ya que permiten georreferenciar la zona de estudio. Por ejemplo, se puede utilizar como punto de fotocontrol: plantillas diana; marcas con pintura, yeso, y detalles de construcciones.

Ortomosaico

Un ortomosaico es una fotografía aérea compuesta por el conjunto de fotografías adquiridas en campo, las cuales se unen por un proceso fotogramétrico y se corrigen y escalan con un software de procesamiento fotogramétrico (Por ej.: PIX4D, Agisoft, etc).

Dron

También llamado Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV), es una aeronave que tiene la habilidad de volar sin piloto a bordo controlada por ondas de radio mediante un control remoto localizado en tierra (RAE, 2019). El dron está equipado con accesorios tales como: cámara, luces led, baterías, hélices, protectores, entre otros; los cuales permiten realizar la adquisición de fotografías aéreas de la zona de estudio.

Modelo Digital del Terreno (MDT)

Se define como un conjunto de datos que representan la distribución espacial de las características físicas del terreno, tales como elevación, morfología, entre otros. Este modelo es una representación de la topografía constituida por una nube de puntos proyectados en un sistema de coordenadas X, Y y Z (Doyle, 1978).

