

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



TESIS

**HERRAMIENTAS VIRTUALES (BIM) PARA EL DISEÑO Y
MODELADO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL –
PASO A DESNIVEL**

ELABRADO POR

ADOLFO ANAHUI MAMANI

ASESOR

Mg. FÉLIX WILFREDO ULLOA VELÁSQUEZ

LIMA- PERÚ

2019

© 2019, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados.

“El autor autoriza a la UNI a reproducir la tesis en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”

Adolfo Anahui Mamani
Correo: aanahuim@uni.pe
Teléf.: 986 348 763

ÍNDICE

	Pag.
RESUMEN.....	5
ABSTRAC	7
PRÓLOGO	9
LISTA DE TABLAS	10
LISTA DE FIGURAS	12
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	17
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	20
1.1 GENERALIDADES	20
1.2 PROBLEMÁTICA.....	20
1.3. OBJETIVOS	22
1.3.1 Objetivo General	22
1.3.1 Objetivo Específicos.....	23
CAPITULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO	25
2.1 Metodología BIM.....	25
2.1.1 Aplicaciones BIM para la industria de la elaboración de proyectos.....	28
2.1.2 Herramienta Virtual (BIM).....	29
2.2 Word Geodetic System WGS-84	31
2.3 Topografía	38
2.4 Fotogrametría	41
2.4.1 Cámaras aéreas.....	44
2.4.2 Altura de vuelo	47
2.4.3 Plan de vuelo	50
2.4.4 Restitución fotográfica	52
2.5 Hidráulica.....	54
2.6 Carreteras.....	55

2.6.1 Clasificación de Carreteras	56
2.6.2 Clasificación de Pavimentos.....	57
CAPÍTULO III: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE PARÁMETROS DEL INFRAWORKS 2020	63
3.1 ENTORNO, CONFIGURACIÓN Y OBJETIVOS DE INFRAWORKS 2020 ...	63
3.1.1 Reconocimiento de los elementos de la ventana de programa.....	63
3.1.2 Creación y configuración de un proyecto.....	64
3.2 DESCRIPCIÓN DE ESPECIALIDADES	66
3.2.1 Roadway Desing for Infracworks 2020	69
3.2.2 Bridge Desing for Infracworks 2020	74
3.2.3 Drainage Desing for Infracworks 2020	77
3.2.4 Superficies	79
3.2.5 Presentaciones de salida	80
3.3 INTERACCIÓN INFRAWORKS 2020 CON CIVIL 3D	80
CAPÍTULO IV: INFORMACIÓN BÁSICA.....	81
4.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO	81
4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	82
4.3 ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	82
4.3.1 Puntos de control GPS y Beach Marks (BM's)	83
4.3.1.1 Control Horizontal Geodésico.....	85
4.3.2 Levantamiento Topográfico Tradicional.....	87
4.3.3 Levantamiento Fotogramétrico Mediante DRON	94
4.4 DISEÑO GEOMÉTRICO.....	109
4.4.1 Clasificación vial.....	109
4.4.2 Vehículo de diseño.....	110
4.4.3 Velocidad directriz	112
4.4.4 Sección transversal	114

4.4.5 Sección transversal especial	121
4.4.6 Diseño geométrico en pendiente	122
4.4.7 Características Geométricas de Diseño	123
4.5 ESTUDIO SUELOS	124
4.5.1 CONDICIÓN DEL CLIMA	124
4.5.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	124
4.5.3 PROSPECCIONES	125
4.5.3 ENSAYOS DE LABORATORIO	126
4.5.4 DESCRIPCIÓN ENSAYOS DE LABORATORIO	126
4.5.5 CONSIDERACIONES DE CIMENTACIÓN	128
4.5.6 ANÁLISIS QUÍMICO	130
CAPÍTULO V: TRAZO DE EJE DE VÍA PASO A DESNIVEL	132
5.1 TRAZOS DE EJE TENTATIVO CON INFRAWORKS 2020	132
5.1.1 Trazo de eje tentativo en función de obstáculos	134
5.1.2 Trazo de eje tentativo en función de diagrama de masas	140
5.2 ELECCIÓN DEL TRAZO DEFINITIVO	145
CAPÍTULO VI: MODELAMIENTO DE ESPECIALIDADES DE INFRAESTRUCTURA VIAL CON INFRAWORKS 2020 Y AUTOCAD CIVIL 3D	146
6.1 MODELAMIENTO ANÁLISIS Y DISEÑO CON AUTOCAD CIVIL 3D.....	146
6.1.1 Introducción de datos de campo – Point Cloud	147
6.1.2 Introducción del alineamiento a AutoCad Civil 3D	150
6.1.3 Parámetros de la norma de Diseño Geométrico - DG-2014	151
6.1.4 Importación del alineamiento de Infracworks 2020 a AutoCAD Civil 3D	154
6.2 MODELAMIENTO, ANÁLISIS Y DISEÑO CON AUTOCAD CIVIL 3D.....	154
6.2.1 Alineamiento de tramo.....	155
6.2.2 Perfil.....	155
6.2.3 Sección de vía.....	156

6.2.4 Puente en Paso a Desnivel	158
CAPÍTULO VII: CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS PROPORCIONADOS POR CADA FUENTE DE INFORMACIÓN	163
7.1 CONTRASTACIÓN DE PERFILES Y SECCIONES TRANSVERSALES.	163
7.1.1 Contrastaciones de Perfiles.....	163
7.1.2 Secciones.....	165
7.2 CONTRASTACIÓN DE DIAGRAMA DE MASAS.....	166
7.3 COMPROBACIÓN DE PRESICIÓN.....	168
7.3.1 PRESICIÓN EN ELEVACIÓN	168
7.3.2 PRESICIÓN EN PLANTA.....	169
7.4 PRESENTACIÓN Y PLANOS.....	171
CONCLUSIONES.....	173
RECOMENDACIONES.....	175
BIBLIOGRAFÍA.....	175
ANEXOS	178

RESUMEN

En proyectos de Infraestructura Vial, desarrollado según metodología tradicional de entrega de proyectos Diseño/Licitación/Construcción, los documentos de diseño de ingeniería son elaborados en la etapa de trazo y topografía, por los proyectistas de ingeniería desempeñando un papel muy importante en los proyectos de construcción ya que trasladan la necesidad de los usuarios en informes, planos y especificaciones correspondientes. Estos documentos, al contener toda la información necesaria para la construcción de la vía, sirven de base para los contratos privados o concursos de licitaciones en sus diferentes modalidades en el caso estatal, en el cual se hace su entrega a la empresa que obtiene la buena pro para iniciar la construcción. Este documento debe contar con los diversos estudios de las especialidades, planos, especificaciones precisas sin conflictos y ambigüedades de acuerdo a los términos de referencia, pero esto no se encuentra en la realidad de los proyectos por lo que las contratistas hacen uso del artículo 174° de Adicionales y Reducciones del Reglamento de Contrataciones del Estado (Aprobado mediante D.S. N° 184-2008-EF) ya que es común encontrar alguno de estas tres deficiencias (1) Conflictos entre los planos y especificaciones de los documentos contractuales, (2) Errores y conflictos de coordinación interdisciplinaria, (3) La falta de constructabilidad, en pleno proceso de ejecución de las obras.

En el estudio de información básica (Topografía, Fotogrametría, Diseño Geométrico) se realizarán dos métodos; la primera mediante el método tradicional de levantamiento topográfico con estación total y como segundo método mediante levantamiento fotogramétrico con DRONES.

Con el método tradicional la obtención de la información básica desde la georreferenciación de los puntos de control (cada 5 km) en donde mediante los equipos de gps diferenciales y su estacionamiento por un tiempo no menos de dos horas se obtiene presiones milimétricas; el paso siguiente es el levantamiento topográfico (puntos de relleno) mediante estación total, es en esta etapa donde la obtención de la nube de puntos no representa en su totalidad la superficie del

terreno, ya que la ubicación del prisma está en función de la experiencia del topógrafo.

Mediante la nueva metodología de fotogrametría por DRON, se inicia con la georreferenciación de los puntos de control a lo largo de la vía esto con el fin de poder corregir la fotogrametría, como siguiente paso se realizará el plan de vuelo el cual tendrá que abarcar entre 10 a 20 metros más del derecho y se realizará el vuelo del Dron y finalmente la restitución fotogramétrica mediante software obteniendo en este paso la nube de puntos y el ortomosaico.

El procesamiento de datos para el pre-diseño del trazo de la vía se realizará mediante la herramienta virtual Autodesk INFRAWORKS 2020, para el cual se requiere realizar en la etapa de diseño sus respectivos planos debidamente modelados en 3D y ver a simple vista las incompatibilidades e interferencias que se pueden encontrar en nuestro vía y el derecho de vía, así como en el área de influencia de infraestructuras puntuales como puentes, alcantarillas, muros y señalización.

ABSTRAC

In Road Infrastructure projects, developed according to the traditional methodology of project delivery Design / Tender / Construction, the engineering design documents are prepared in the stage of layout and topography, by the engineering designers playing a very important role in the projects of construction since they transfer the users' needs in corresponding reports, plans and specifications. These documents, containing all the information necessary for the construction of the road, serve as the basis for private contracts or bidding contests in its different modalities in the state case, in which it is delivered to the company that obtains the good pro to start construction. This document must have the various studies of the specialties, plans, precise specifications without conflicts and ambiguities according to the terms of reference, but this is not found in the reality of our projects, so the contractors make use of article 174 ° of Additional and Reductions of the Regulation of Contracting of the State (Approved by means of DS N ° 184-2008-EF) since it is common to find some of these three deficiencies (1) Conflicts between the planes and specifications of the contractual documents, (2) Errors and conflicts of interdisciplinary coordination, (3) The lack of constructability, in the process of execution of the works

In the study of basic information (Topography, Photogrammetry, Geometric Design) two methods will be carried out; the first using the traditional method of topographic survey with total station and as a second method by photogrammetric survey with DRONES.

With the traditional method, obtaining the basic information from the georeferencing of the control points (every 5 km) where by means of the differential GPS equipment and its parking for a time not less than two hours, millimeter pressures are obtained; the next step is the topographic survey (filling points) by total station, it is at this stage where obtaining the point cloud does not represent

the entire surface of the land, since the location of the prism is a function of the experience of the surveyor.

Through the new methodology of photogrammetry by DRON, it begins with the georeferencing of the control points along the way this in order to be able to correct the photogrammetry, as the next step the flight plan will be made which will have to cover between 10 to 20 meters more from the right and the drone flight will be carried out and finally the photogrammetric restitution through software obtaining in this step the point cloud and the orthomosaic.

The data processing for the pre-design of the track trace will be made using the virtual tool Autodesk INFRAWORKS 2020, for which it is required to carry out in the design stage their respective planes modeled in 3D and to see the incompatibilities at a glance. interferences that can be found in our road and the right of way, as well as in the area of influence of specific infrastructures such as bridges, culverts, walls and signage

PRÓLOGO

Es una gran satisfacción presentar la tesis de investigación con título “HERRAMIENTAS VIRTUALES (BIM) PARA EL DISEÑO Y MODELADO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL – PASO A DESNIVEL” el cual viene a ser el primero en su tipo quien ejecuta la metodología BIM en infraestructura vial en su etapa de diseño aplicado en una infraestructura vial (Paso a desnivel UNI – CISMID). En los inicios de la presente tesis de investigación todos aquellos relacionados a la ingeniería y arquitectura de diseño y construcción en nuestro país se hablaba únicamente de que se tiene que implementar la filosofía BIM en los proyectos a nivel nacional y se daba por hecho que se estaba hablando en edificaciones, claro está que el nombre de BIM viene del inglés Building Information Modeling y traducido a nuestro idioma sería el Modelamiento de Información en Edificaciones, pero nadie hablaba de realizar y/o implementar el “BIM” en otro tipo de proyectos que no sea edificaciones, es allí en donde como primer laboratorio que implementa el BIM educativo en el Perú y teniendo la obligación académica de seguir implementando metodologías que la tecnología está permitiendo plantear nuevas formas de realizar proyectos en infraestructura tanto en Europa y Estados Unidos, es a raíz de ello que se plantea la elaboración de la presente tesis.

Con el objetivo de transmitir el amplio mundo de la filosofía BIM a la comunidad académica inmersa en la Ingeniería Civil, se presenta la tesis de investigación con las herramientas BIM que nuestro medio actual utilizada y explicadas paso a paso, así como también en los capítulos planteados se presenta el flujo de trabajo que se implementó para este proyecto; iniciando desde la georreferenciación, la fotogrametría digital, el trazo alternativo y la presentación de planos.

LISTA DE TABLAS

	Pag.
.....	Pag.
Tabla 2.1: Estándares de precisión geométrica	37
Tabla 4.1: Puntos de control	85
Tabla 4.2: Ubicación de estación base – CISMID	86
Tabla 4.3: Parámetros de Datum WGS84.....	88
Tabla 4.4: Constantes geométricas derivadas	88
Tabla 4.5: tabla de nivelación de IDA.....	88
Cuadro 4.6: tabla de nivelación de VUELTA.....	89
Tabla 4.7: Tabla de precisiones	91
Tabla 4.8: Tabla resumen de coordenadas y cota de los puntos de control.	92
Tabla 4.9: Datos de DRON Phantom 3 Professional.....	94
Tabla 4.10: Puntos de control	106
Tabla 4.11: Identificación de orografía.	110
Tabla 4.12: Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de las carreteras	111
Tabla 4.13: Dimensiones del tipo de vehículos a transitar.	112
Tabla 4.14: Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía	113
Tabla 4.15: Selección de la velocidad de diseño.....	114
Tabla 4.16: Valores del ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño con relación a la clasificación de la carretera	115
Tabla 4.17: Ancho de bermas.....	115
Tabla 4.18: Valores del bombeo de la calzada	117
Tabla 4.19: Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte.....	117
Tabla 4.20: Valores de peralte máximo.....	118
Tabla 4.21: Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido.....	118
Tabla 4.22: Holguras teóricas para vehículos comerciales de 2.60 m de ancho	119
Tabla 4.23: Holguras calculadas para vehículos comerciales de 2.60 m de ancho	120
Tabla 4.24: Sobreanchos por Tipo de vehículo en función del radio minimo....	120
Tabla 4.25: Pendientes máximas (%)	122
Tabla 4.26: Características Geométrica de Diseño	123

Tabla 4.27: Caracterización de Suelos	128
Tabla 4.28: Capacidad portante.....	129
Tabla 4.29: Asentamiento por el método elástico.....	130
Tabla 5.1: Propuesta A – Diagrama de masas 01	141
Tabla 5.2: Propuesta B – Diagrama de masas 02.....	143
Tabla 6.1: Características Geométrica de Diseño	151
Tabla 6.2: Parámetros de la norma DG-2014 en el software AutoCAD Civil 3D	151
Tabla 7.1: Tabla de errores en ELEVACIÓN de la superposición de superficies - AutoCAD Civil 3D	169
Tabla 7.2: Tabla de errores en PLANTA de la nueve de puntos - AutoCAD Civil 3D.....	170

LISTA DE FIGURAS

	PAG
Figura 1.1a Niveles de adopción de BIM en USA	23
Figura 1.1b Nivel de adopción BIM en edificaciones urbanas en Lima Metropolitana y Callao 2017	23
Figura 2.1: Niveles de implementación BIM para infraestructura en el tiempo (Por usuarios).....	27
Figura 2.2: Proyecto Paso Desnivel Campus UNI-CISMID	29
Figura 2.3a: Restitución fotogramétrica con el Software PIX4D - Paso Desnivel UNI-CISMID.....	30
Figura 2.3b: Primer trazo preliminar con el Software Infracad - Paso Desnivel UNI-CISMID.....	30
Figura 2.3c: Elaboración de planos con el Software AutoCAD Civil 3D – Paso a Desnivel UNI-	31
Figura 2.4: Configuración del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), comprendiendo 32	32
Figura 2.5: Principio fundamental de posicionamiento con GPS	33
Figura 2.5b: Constelación NAVSTAR	34
Figura 2.6b: Estaciones Master y de Monitoreo	35
Figura 2.6c: Segmento del Usuario GPS Diferencial.....	36
Figura 2.7: Representación gráfica del procedimiento de obtención de punto en el espacio.	39
Figura 2.8: Representación gráfica del procedimiento de nivelación de un punto en el espacio.	40
Figura 2.9: Porta de Mar, Palma de Mallorca – Fotogrametría terrestre.....	42
Figura 2.10a: Información de una fotografía aérea incluida los márgenes	43
Figura 2.10b: Determinación de la Escala del Fotograma.....	43
Figura 2.11: Cámara fotogramétrica estándar.....	45
Figura 2.12: Cámara fotogramétrica Digital en un Drone.Phantom 3	45
Figura 2.13: Fotografía aérea en serie.....	46
Figura 2.14a: Distancia focal y altura de vuelo relativo	47
Figura 2.14b: Altura de vuelo sobre el nivel del mar.	48
Figura 2.15: Desnivel de eje, altura de vuelo y terreno.	49
Figura 2.16: Variación de traslape según relieve de terreno.	49

Figura 2.17: Determinación de desniveles admisibles.	50
Figura 2.18: Plan de vuelo en un terreno rectangular.	51
Figura 2.19: Plan de vuelo mediante software.	52
Figura 2.20: Puntos de apoyo de dos fotogramas continuos.....	53
Figura 2.21a: Restitución Fotogrametría – Nube de Puntos – Carreteras.	53
Figura 2.21b: Restitución Fotogramétrica 1:1000 sobre Ortofoto	54
Figura 2.22: Restitución Fotogrametría – Reservorio.....	55
Figura 2.23: Dimensiones de un Vehículo Ligero.....	58
Figura 2.24: Dimensiones de un Vehículo Ligero.....	59
Figura 1.20: Dimensiones de un Vehículo Ligero.....	62
Figura 3.1: Interfaz de inicio de INFRAWOKS 2020.....	64
Figura 3.2: Nombre el proyecto - Infraworks	65
Figura 3.3: Configuración de los sistemas de referencia - Infraworks.	66
Figura 3.4: Gama de archivos que puede importar Infraworks 2020.	67
Figura 3.5: Capas que tiene el modelo de Infraworks.	67
Figura 3.6: Paleta de Estilos de Infraworks.	68
Figura 3.7: Paleta de opciones de la especialidad de CARRETERAS.	69
Figura 3.8: Trazo con 04 puntos de paso obligatorio en el sector UNI - CISMID – Infraworks.	70
Figura 3.9: Informe de estado del informe de Optimización del trazo - Infraworks.	71
Figura 3.10: Contorno de simulación de Tráfico - Infraworks.	71
Figura 3.11: Trazo de una vía compuesta - Infraworks.	72
Figura 3.12: Trazo de una vía compuesta - Infraworks.	73
Figura 3.13: Elementos de curva Horizontal y Sección de vía - Infraworks.	73
Figura 3.14: Modelado y diseño de una intersección en función del vehículo de diseño - Infraworks.	74
Figura 3.15: Paleta de opciones de la especialidad de PUENTES.....	75
Figura 3.16a: Definición de la longitud del puente en un paso de desnivel - Infraworks.	75
Figura 3.16b: Análisis de vigas del puente por Infraworks.	76
Figura 3.17: Definición de la longitud del túnel en un paso de desnivel.	76
Figura 3.18: Paleta de opciones de la especialidad de HIDROLOGÍA.	77
Figura 3.19: Paleta de opciones de la especialidad de HIDROLOGÍA	78

Figura 3.20: Delimitación de Cuenca HIDROLOGÍA con Infracworks	78
Figura 3.21: Superficie o Terrain - Infracworks	79
Figura 3.22: Archivos de intercambio entre Infracworks y AutoCAD Civil 3D	80
Figura 4.1: Ubicación del proyecto Paso Desnivel Campus UNI-CISMID – Distrito de Rimac – Provincia de Lima	81
Figura 4.2: Ubicación de los puntos de control - Paso Desnivel Campus UNI-CISMID.....	84
Figura 4.3: Equipos estación total (Izquierdo) y GPS diferencial (Derecho).	87
Figura 4.4: Proceso de nivelación geométrica, con un Nivel de Ingeniero.....	92
Figura 4.5: TIN del levantamiento topográfico con estación total	93
Figura 4.6: DRON Phantom 3 Professional DJI.	94
Figura 4.7 a: Restitución Analógico ZEISS modelo Planicart.	99
Figura 4.7 b: Restitución Digital PIX4D	99
Figura 4.8: Tie points, DSM, Orthomosaic y Nube de puntos.....	100
Figura 4.9: Plan de vuelo con el software Map Pilot for DJI en el área del Proyecto.	102
Figura 4.10a: Datos que posee una Fotografía tomada con Dron.- Camara. ...	104
Figura 4.10b: Datos que posee una Fotografía tomada con Dron – GPS.	105
Figura 4.10c: Distribución de las fotografías en el software PIX4D.	105
Figura 4.11a: Toma de datos mediante GPS Diferencial Pto-05.	106
Figura 4.11b: Ubicación de puntos de control con el software PIX4D – Pto-07.107	
Figura 4.12: Numero de imágenes por cada punto de control mediante en el software PIX4D – Pto-07.	107
Figura 4.13: Equipo de cómputo utilizado para la restitución fotogramétrica – LAB DCV.....	108
Figura 4.14: Sección típica de la vía.	121
Figura 4.15: Ubicación de calicata para la prospección.	125
Figura 4.16: Prospección en donde se nota la ausencia de napa freática.....	127
Figura 4.17: Diagrama de estrato en el tramo del Paso a Desnivel.....	131
Figura 5.1a: Generación de propuestas o trazos preliminares.	132
Figura 5.1b: Propuestas debidamente registradas.....	133
Figura 5.2: Información base o master que consta de superficie e imagen - Infracworks.....	133
Figura 5.3a: Edificio del laboratorio de Ingeniería de Sistemas.....	135

Figura 5.3b: Cercos perimétricos de la UNI, CISMID e IPEGA	135
Figura 5.3c: Cercos perimétricos de IPEGA.....	136
Figura 5.3d: Cercos perimétricos del CISMID e IPEGA	136
Figura 5.4a: Trazo en planta de la propuesta A en el software Infracworks 2020	138
Figura 5.4b: Trazo planta y perfil de la propuesta A en el software Infracworks 2020	138
Figura 5.5a: Trazo en planta de la propuesta B en el software Infracworks 2020	139
Figura 5.5b: Trazo planta y perfil de la propuesta B en el software Infracworks 2020	139
Figura 5.6: Opción para el cálculo de volumen de corte y relleno en el software Infracworks.....	140
Figura 5.7: Diagrama de masas con el software Infracworks.....	142
Figura 5.8: Diagrama de masas acumulada con el software Infracworks.....	142
Figura 5.9: Diagrama de masas con el software Infracworks.....	144
Figura 5.9: Diagrama de masas acumulada con el software Infracworks.....	144
Figura 6.1a: Configuración del sistema de trabajo en el software AutoCAD Civil 3D.....	147
Figura 6.1b: Nube de puntos (*.RCP) y georreferenciado en el software AutoCAD Civil 3D.....	148
Figura 6.2: Flujo de trabajo con archivos *.LAS en AutoCad Civil 3D.....	149
Figura 6.3: Curvas de nivel generado a partir de la nube de puntos espaciados a 0.10m - AutoCad Civil 3D	149
Figura 6.4: Alineamiento importado desde Infracworks a AutoCad Civil 3D.....	150
Figura 6.5: Importación mediante el formato *.sqlite – AutoCad Civil 3D	154
Figura 6.6: Radios del alineamiento Vs Radio Mínimo	155
Figura 6.7: Perfil en ambos softwares – AutoCad Civil 3D.....	156
Figura 6.8a: Sección de vía en Infracworks 2020	157
Figura 6.8b: Sección Típica de vía en AutoCAD Civil 3D 2020.	158
Figura 6.9a: Planta de Puente Paso a Desnivel - Infracworks.	160
Figura 6.9b: Perfil de Puente Paso a Desnivel - Infracworks.	160
Figura 6.10a: Viga Externa de Puente - Infracworks.....	161
Figura 6.10b: Viga Interna de Puente - Infracworks.....	161

Figura 6.11a: Análisis de vigas del Puente - Infracworks.	162
Figura 6.11b: Informe de Análisis de vigas del Puente - Infracworks.	162
Figura 7.1a: Perfil de alineamiento en superficie levantado con estación total.	164
Figura 7.1b: Perfil de alineamiento en superficie levantado con dron.....	164
Figura 7.2a: Sección levantado con estación total y dron en el Km 0+030.....	165
Figura 7.2b: Sección levantado con estación total y dron en el Km 0+180.....	166
Figura 7.3a: Sección levantado con estación total y dron en el Km 0+180.....	167
Figura 7.3b: Sección levantado con estación total y dron en el Km 0+180.....	167
Figura 7.4: Superposición de superficies (Dron y Estación total)	168
Figura 7.5: Nuevo Edificio de la Facultad de Ingeniería de Sistemas.....	170
Figura 7.6: Planos finales	171
Figura 7.7a: Vista 3D de Paso a Dnivel UNI - CISMID	172
Figura 7.7b: Vista 3D del Puente en el Paso a Dnivel UNI - CISMID.....	172

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

CARRETERA

MTC	: Ministerio de transportes y comunicaciones
AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials.
IMDA	: Índice Medio Diario Anual
Pf	Tránsito final
P0	: Tránsito inicial (año base).
Tc	: Tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo
n	: Año a estimarse.
Dp	: Distancia de parada (m)
V	: Velocidad de diseño
tp	: Tiempo de percepción + reacción (seg.)
f	: Coeficiente de fricción, pavimento húmedo
i	: Pendiente longitudinal (tanto por uno)
+i	: Subidas respecto al sentido de circulación
-i	: Bajadas respecto al sentido de circulación
d	: Distancia de frenado en metros
V :	: Velocidad de diseño en km/h
a	: Deceleración en m/s ² (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo)
Da	: Distancia de Paso o Adelantamiento en metros
L	: Longitud de Curva en metros
P.C.	: Punto de inicio de la curva
P.I.	: Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas
P.T.	: Punto de tangencia
E	: Distancia a externa (m)
M	: Distancia de la ordenada media (m)
R	: Longitud del Radio de la curva (m)
T	: Longitud de la sub tangente (P.C a P.I. y P.I. a P.T.) (m)
L	: Longitud de la curva (m)
L.C	: Longitud de la cuerda (m)
Δ	: Ángulo de deflexión (°)

p	: Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)
R _{mín}	: Radio mínimo (m)
p _{max}	: Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno)
f _{max}	: Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V
e _{max}	: Valor máximo de peralte
S _{an}	: Sobre ancho correspondiente a un punto distante l_n metros del origen
L	: Longitud total del desarrollo del sobreebanco dentro de la curva de transición
l_n	: Longitud en cualquier punto de la curva, medido desde su origen (m).
S _a	: Sobre ancho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva (m)
N	: Numero de carriles
K	: Parámetro de curvatura
A	: Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes
PCV	: Principio de la curva vertical
PIV	: Punto de intersección de las tangentes verticales
PTV	: Término de la curva vertical
L	: Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m), se cumple: $L=L_1 + L_2$, $L_1 \neq L_2$
S ₁	: Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%)
S ₂	: Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%)
L ₁	: Longitud de la primera rama, medida por su proyección horizontal en metros (m).
L ₂	: Longitud de la segunda rama, medida por su proyección horizontal, en metros (m).
LL.V.	: Galibo (Luz Libre Vertical)
H:V	: Talud en función de la relación: Horizontal y Vertical

GEODESIA

a	:	Semieje mayor
w	:	Velocidad angular de la tierra
GM	:	Constante Gravitacional Terrestre
J2	:	Coeficiente armonico zonal de 2° grado del geopotencial
b	:	Semieje menor
e ²	:	Primera Excentricidad al Cuadrado
e' ²	:	Segunda Excentricidad al Cuadrado
f	:	Achatamiento
f-1	:	Reciproco del Achatamiento
S	:	Latitud
W	:	Longitud
WGS84	:	World Geodetic System de 1984
UTM	:	Universal Transversa Mercator
GPS	:	Global System Position
IGN	:	Instituto Geofisico Nacional
NMM	:	Nivel Medio del Mar

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En este capítulo se verá las generalidades, la problemática en la que se encuentra la formulación de proyectos viales en la etapa de diseño, el objetivo general y finalmente también los objetivos específicos en la que se basa la presente tesis.

1.1 GENERALIDADES

1.2 PROBLEMÁTICA

En la actualidad en el medio existe la carencia del uso de herramientas virtuales BIM en el modelamiento, análisis y diseño de obras de infraestructura vial en nuestro país, por lo que existen muchas oportunidades en el uso de herramientas virtuales de modelamiento de información en infraestructura vial (BIM) para modelar las diferentes especialidades teniendo en cuenta las características de la topografía, suelos, hidrología, obras de arte, explanaciones, paquete estructural del pavimento y señalización, aun en nuestro medio no se usa un software que integre al modelado virtual desarrollado con la plataforma Autodesk Inroadworks 2020 mediante sus tres especialidades (Especialidades de Carreteras, Puentes e Hidrología) y el diseño geométrico, y que llegue a la precisión que aporta el modelo AutoCAD Civil 3D.

La industria de la construcción de infraestructura vial es un factor clave en el fortalecimiento, dinamismo de la económica y la conexión física de nuestras regiones del país, que en este último año 2018 nuestro crecimiento ha tenido valores que bordean el 4.0% del PBI (Fuente MEF) esto por el fortalecimiento de la demanda interna, en particular, por un mayor impulso fiscal y la recuperación de la inversión privada; y por ello el sector construcción a nivel nacional viene a convertirse en una industria dinámica en cuanto a generación de empleo tanto directo e indirecto se refiere; el estado está invirtiendo en la construcción de 15,000 Km de vías de la red nacional, regional y local a nivel de carpeta asfáltica (Visión al 2021 del Gobierno central), y será propicio la implementación de nuevos métodos que brinden más eficiencia en el proceso de elaboración y construcción, generando así mayor rentabilidad.

Cada vez las licitaciones de obras en infraestructura vial se van tornando cada vez más complejas, así como los márgenes presupuestarios y periodos de construcción son más ajustados; su documentación en planos y detalles es más voluminosa y por ende los errores de compatibilidad están presentes.

La necesidad de seguir incrementando las eficiencias tanto en tiempos, costos y la sostenibilidad de los procesos relacionados con el ciclo de vida del proceso constructivo de las obras viales en el Perú, se incrementan cada vez más. Por lo que existe la necesidad de utilizar nuevas metodologías e instrumentos virtuales de trabajo que permitan a todas las áreas integrar sus conocimientos desde un inicio. El objetivo es plantear diferentes alternativas de trazo, construcción de infraestructura vial como puentes, pontones, alcantarillas y muros con informaciones básicas tradicionales y no tradicionales, y poder analizar la mejor alternativa acorde al proyecto.

En la actualidad el diseño de las obras de infraestructura vial, son desarrolladas mediante el uso tradicional de softwars como Autocad y Autocad Civil 3D, hoy en día existen herramientas virtuales muy poderosas que nos permiten modelar, diseñar, y visualizar mejor el proyecto vial hasta niveles de informe final o expediente técnico.

Los problemas de ambigüedades son las que se encuentran con mucha frecuencia en los documentos de ingeniería de detalle, así como la incompatibilidad de estos con el trazo principal o la estructura de obras de arte, debido básicamente a:

- 1 Deficiente interacción entre las etapas diseño-construcción al aplicar la metodología tradicional de desarrollo de entrega de proyectos Idea/Diseño/Licitación/Construcción.
- 2 Deficiente proceso de colaboración, comunicación e integración entre los especialistas encargados del diseño e ingeniería en la elaboración de los documentos para la construcción (planos y especificaciones técnicas) durante la etapa de diseño.

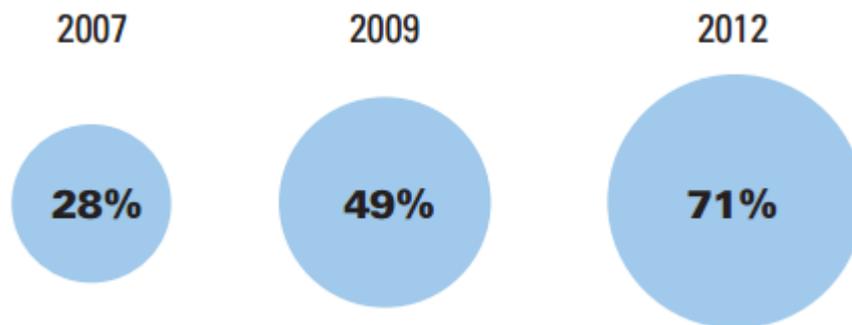
- 3 Presencia de incompatibilidades e interferencias en los documentos contractuales de diseño entre las distintas disciplinas o especialidades del proyecto, las cuales se detectan y corrigen en plena construcción de la obra, en la etapa menos indicada donde todo cambio, debido a estos problemas, tiene un mayor impacto en el costo y plazo de entrega.
- 4 Proyectos de construcción cada vez más complejos que requieren un enfoque distinto de gestión de la información usando tecnologías y herramientas más eficaces.
- 5 Las infraestructuras correspondientes a vías no viene a ser un área puntual (como el caso de una edificación), sino más bien abarca varios kilómetros por un ancho de vía (derecho de vía) lo cual complica la obtención de la información clara del terreno entregado.
- 6 En las llegadas, dentro y salidas de las zonas urbanas y zonas rurales, en primer lugar, las viviendas se encuentran cerca de la vía dificultando el trazo de la carretera, haciendo necesario en muchos casos una expropiación y/o demolición de áreas privadas, y en lo segundo los terrenos de agrícolas y/o eriazos invaden el derecho de vía dejando sin posibilidad de mejorar el trazo existente, que en muchos casos son trochas carrozables.

1.3. OBJETIVOS

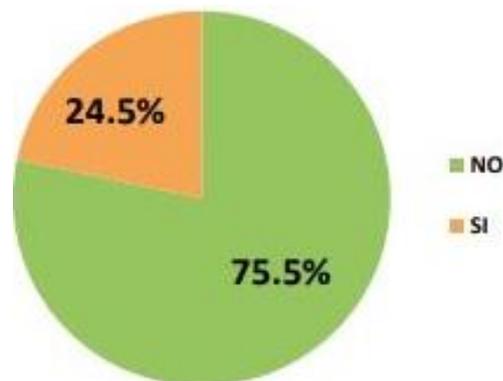
1.3.1 Objetivo General

El objetivo de la presente investigación es la de ver los beneficios del uso de las herramientas virtuales BIM de Autodesk InfraWorks 2020 y AutoCAD CIVIL 3D en la etapa de modelado y diseño de obras de infraestructura vial como es el caso de PASO A DESNIVEL del Campus UNI-CISMID, para ello se utilizará las herramientas virtuales de la familia Autodesk, InfraWorks 2020 que viene a ser el primero en su categoría de la empresa. Mediante esta nueva metodología (BIM) en infraestructura vial, se podrá ingresar al mundo de la gestión de información virtual BIM (Building Information Modeling) en lo que se refiere a obras de infraestructura vial.

La adopción de la metodología BIM en el Perú fue acogida primeramente por la industria de la construcción en edificaciones en la etapa de ejecución, el siguiente paso es la implementación de esta metodología en la etapa de diseño y mantenimiento, para el caso de la presente tesis de investigación se enfocara en la etapa de DISEÑO.



1 Figura 1.1a Niveles de adopción de BIM en USA
Fuente: SmartMarket Report – McGraw Hill CONSTRUCTION 2012



2 Figura 1.1b Nivel de adopción BIM en edificaciones urbanas en Lima Metropolitana y Callao 2017
Fuente: Pontificia Universidad Católica del Perú – PRIMER ESTUDIO DE ADOPCIÓN BIM EN PROYECTOS DE EDIFICACIONES EN LIMA Y CALLAO 2017

1.3.1 Objetivo Específicos

- Realizar el diseño y modelado de obras de infraestructura vial mediante el programa Autodesk Infracad 2020 y Autocad Civil 3D.
- Realizar una comparación de resultados de precisión entre los diferentes tipos de información base fotogrametría empleando Drones y el levantamiento topográfico tradicional.
- Desarrollar el modelamiento y diseño de un paso a desnivel urbano.

CAPITULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

La primera vez que se menciona el concepto BIM fue en la publicación “AIA Journal” en 1975. En esta publicación, Chuck Eastman, profesor en el Instituto Tecnológico de Georgia, mencionó un concepto llamado “Building Description System” que se relaciona con muchas de las ideas que rodean al concepto del término BIM, como se conoce hoy en día (BIM Handbook).

El arquitecto Phil Bernstein, fue el primero que usó el término actual de BIM (modelado de información BIM). Jerry Laiserin, analista industrial, ayudó a popularizar y estandarizarlo como un nombre para la representación digital de los procesos de construcción con el objetivo de intercambiar e interoperacionalizar información en formato digital.

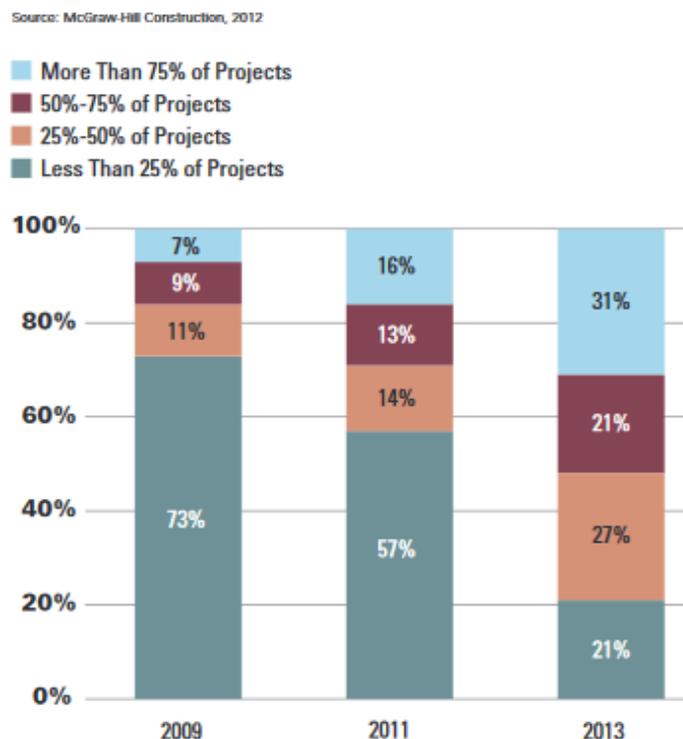
2.1 Metodología BIM

Se ha encontrado varias definiciones acerca de Building Information Modeling, por lo que existen varias maneras de interpretar lo que es BIM:

- Eastman (2011) describe BIM como una tecnología de modelado y un conjunto asociado de procesos para producir, comunicar y analizar modelos de edificaciones. Estos modelos son caracterizados por:
 - Componentes de la edificación: que son representados mediante representaciones digitales (objetos) que tienen gráficos computables y datos que los identifican en los softwares así mismo tienen reglas paramétricas que les permiten ser manipulados de una manera inteligente.
 - Componentes: que tienen data que describen como éstos se comportan que son útiles para análisis.
 - Datos constantes y no redundantes de tal manera que los cambios a los datos del componente son representados en todas las vistas del componente y en todas las partes a las que está unido.
 - Data coordinada tal que todas las vistas de un modelo son representadas en una manera coordinada.

- El National Building Information Modelling, define BIM como una representación de características físicas y funcionales de una instalación. BIM es un recurso de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación formando una base confiable para decisiones sobre su ciclo de vida, definido desde la concepción hasta la demolición (NBIMS, 2007,).
- Una tecnología de modelamiento y un conjunto de procesos asociados para producir, comunicar y analizar modelos de construcción (Eastman, 2008).
- El proceso de crear y usar modelos digitales para el diseño, construcción y/u operaciones para proyectos (McGraw-Hill Construction, 2009).
- General Service Administration (GSA) de los Estados Unidos dice que BIM es el desarrollo y uso de un software multifacético de computador para no sólo documentar un diseño de construcción, sino para simular la construcción y operación de una nueva instalación o de una instalación modernizada. El BIM resultante es una representación digital rica en data, basada en un objeto, inteligente y paramétrica de la instalación, de la cual vistas apropiadas a varias necesidades de los usuarios pueden ser extraídas y analizadas para generar retroalimentación y mejoramiento del diseño de la instalación.
- American Institute of Architects (AIA) define BIM como un modelo digital y tridimensional vinculado a una base de datos de información del proyecto.
- Hardin (2009) describe a BIM como un proceso y software; y lo explica de la siguiente manera “Muchos creen que una vez que han comprado una licencia para un software BIM pueden sentar una persona en frente de la computadora y están haciendo BIM. Y lo que no se dan cuenta que BIM no sólo significa usar un software de modelado tridimensional sino también la implementación de una nueva forma de pensar”.

- El proceso que se enfoca en el desarrollo y uso de un modelo generado por computadora para simular el planeamiento, diseño, construcción y operación de una instalación (Azhar, 2008).
- BIM es un proceso para planificar, diseñar, construir y gestionar la infraestructura que implica la creación y utilizando de modelos 3D inteligentes. En comparación con los tradicionales dibujos en 2D, estos modelos dan a los interesados una mejor comprensión del proyecto que conducen a un mayor proyecto de calidad en los resultados. BIM no es una tecnología, sino que introduce, más que impulsado por el dibujo, un enfoque por datos para permitir a los profesionales para ejecutar un trabajo más eficiente y efectivo; integrar las aportaciones de los demás; hacer cambios; explorar alternativas y ofrecer soluciones más adecuadas que satisfagan las necesidades de todos los participantes. (BIM para Infraestructura – AUTODESK)



3 Figura 2.1: Niveles de implementación BIM para infraestructura en el tiempo (Por usuarios)
Fuente: The Business Value of BIM for Infraestructura - McGraw Hill CONSTRUCTION 2012

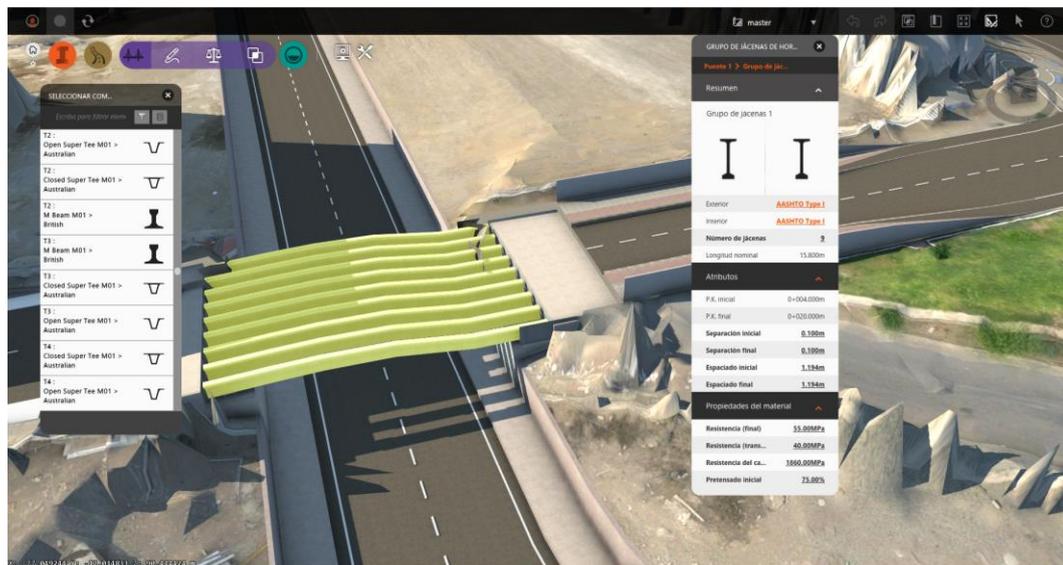
Como se ha señalado por el McGraw-Hill Construction (2007), BIM puede significar diferentes cosas para diferentes profesionales. El término no es sólo definido de diferentes maneras de acuerdo a determinadas profesiones, pero también hay confusión en tres niveles diferentes. Algunos podrían decir BIM es una aplicación de software, otros, un proceso para el diseño y documentación de información de edificios, y otros más podrían decir que es un enfoque totalmente nuevo para la práctica y la promoción de las profesiones que requiere la implementación de nuevas políticas, contratos y relaciones entre los involucrados del proyecto.

Para el propósito de esta tesis, se considera que la definición BIM implica tanto el uso del software como el proceso que se debe implementar en la organización para cambiar la forma de pensar y aprovechar al máximo los beneficios de este concepto.

En conclusión, BIM es una representación digital de un producto que se da mediante un proceso colaborativo entre los diferentes integrantes y que sirve para la toma de decisiones anticipadas en todo el ciclo de vida del proyecto (diseño – construcción – mantenimiento) para eliminar el desperdicio e incrementar la eficiencia.

2.1.1 Aplicaciones BIM para la industria de la elaboración de proyectos

Se habla mucho de BIM (Building Information Modelling) aplicado a la industria de las edificaciones en la etapa de la construcción, donde la gestión de información se encuentra virtualizada en un solo modelo, en este proyecto de investigación se desarrolla un proyecto de infraestructura vial en la etapa de diseño (Figura 2.2) hasta la elaboración de planos, cabe indicar que como diseño será el trazo geométrico, en esta oportunidad se aplicará la metodología BIM mediante el flujo de trabajo a desarrollar.



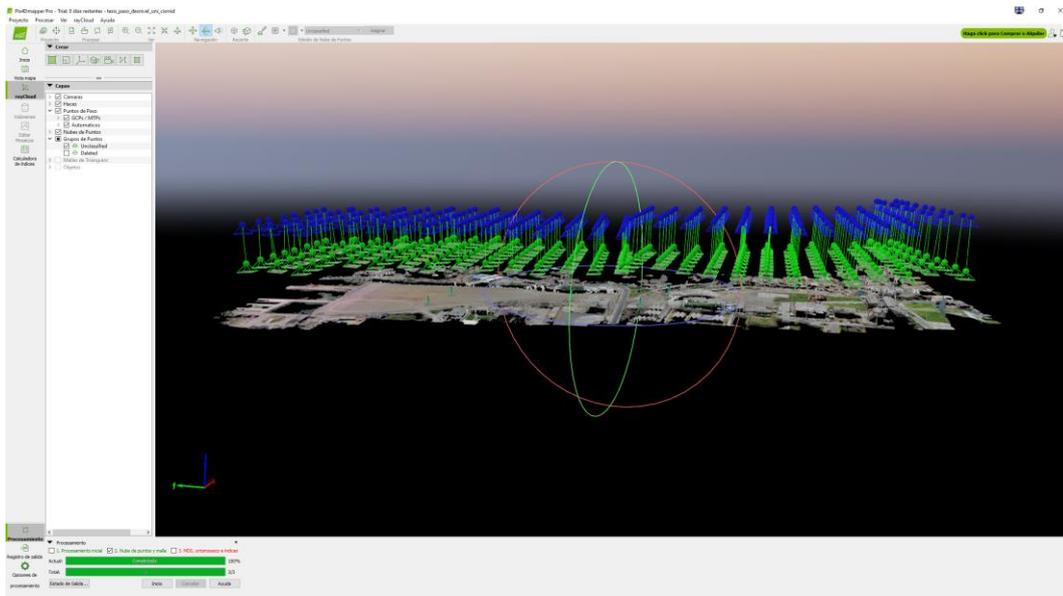
4 Figura 2.2: Proyecto Paso Desnivel Campus UNI-CISMID

Fuente: Elaboración propia

2.1.2 Herramienta Virtual (BIM)

Herramienta virtual (BIM) es aquel software que se utiliza para el modelado en 3D, 4D, 5D, 6D y 7D y que en ella contengan información inherente a la infraestructura que se puedan manejar para una mejor gestión de datos y a partir de estas poder compartir información entre las diferentes especialidades involucradas; a su vez que tengan la facilidad de comunicación con otros softwares mediante un tipo de formato, para la transferencia de información, enriqueciendo así el modelo digital.

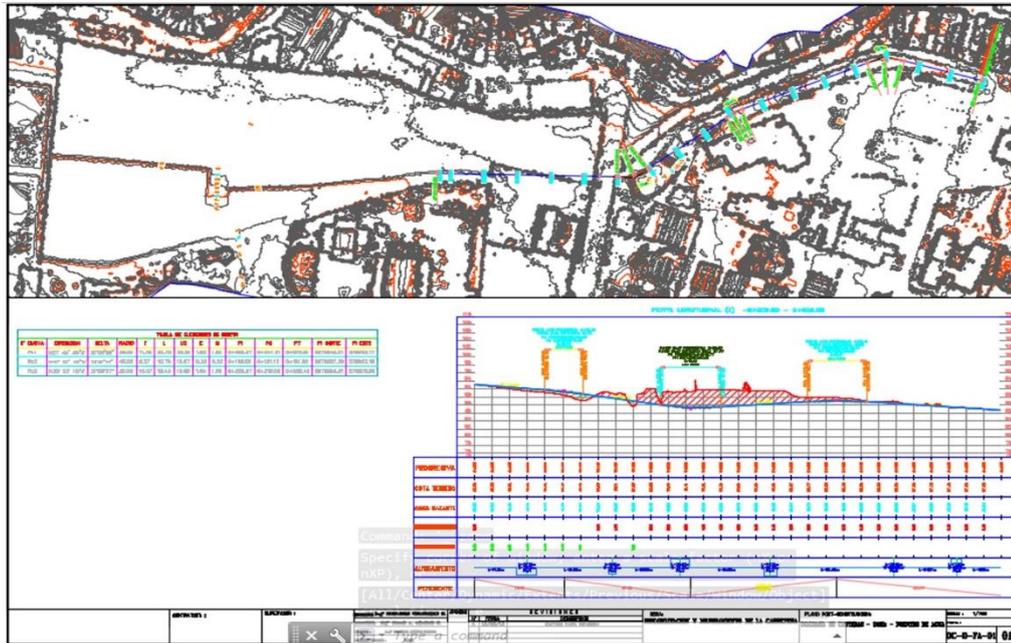
Existen diferentes tipos de herramientas virtuales para las diferentes etapas de la vida de un proyecto; desde la idea, diseño, construcción y mantenimiento; en la presente tesis de investigación se ingresara a trabajar la metodología BIM en la etapa de diseño de una infraestructura vial con los softwares PIX4D, Infraworks 2020 y AutoCAD Civil 3D, dando como resultado lo plasmado en las Figura 2.3a, 2.3b, 2.3c.



5 Figura 2.3a: Restitución fotogramétrica con el Software PIX4D - Paso Desnivel UNI-CISMID
Fuente: Elaboración propia



6 Figura 2.3b: Primer trazo preliminar con el Software Infracore - Paso Desnivel UNI-CISMID
Fuente: Elaboración propia



7 Figura 2.3c: Elaboración de planos con el Software AutoCAD Civil 3D – Paso a Desnivel UNICISMID

Fuente: Elaboración propia

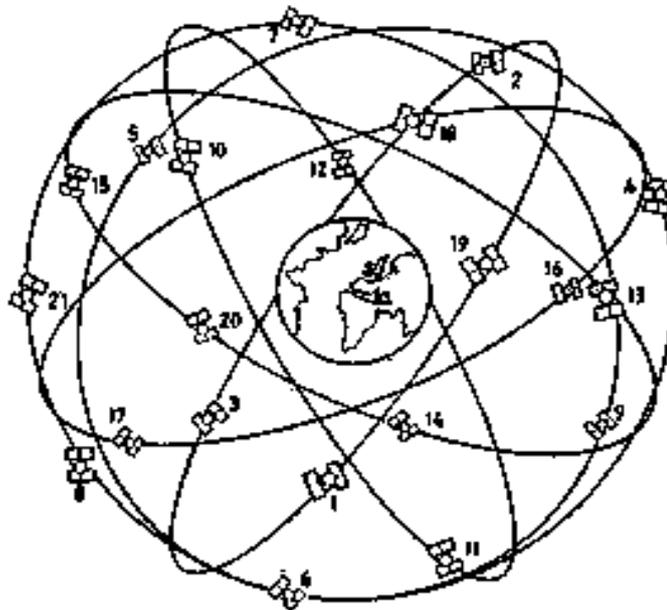
2.2 Word Geodetic System WGS-84

El sistema geodésico mundial WGS-84 (Word Geodetic System 1984) viene a ser el cuarto de elipsoides geocéntricos definidos por el Departamento de Defensa (DoD) de los EE.UU. desde 1960. Históricamente cuando los países empezaron hacer sus levantamientos cartográficos de los continentes y el mar desarrollaron dátums locales para dar un punto de origen y orientación para una superficie de una determinada región, estos dátums generalmente emplearon elipsoides no geocéntricos de manera que calcen al geode. Cuando los satélites artificiales y los misiles balísticos intercontinentales fueron introducidos en los años 50 fue obvio que era necesario un sistema de referencia global geocéntrico. Del WGS 60 se evolucionó al WGS 66 y con la puesta en órbita de los satélites TRANSIT se introdujo el WGS 72 que trabaja con el efecto Doppler, por la necesidad de mayor precisión con fines estratégicos militares se puso en órbita los satélites Navstar, que generaron el WGS 84 o elipsoide GPS. Cada sistema de referencia incorporaba más parámetros, mejores técnicas computacionales, un mejor conocimiento de la

tierra y mayor precisión. A las crecientes aplicaciones del posicionamiento por satélite se suman los sistemas globales coordinados que se incrementaron volviéndose importantes para geodesia, cartografía y navegación; en especial se utilizó para relacionar los dátums locales y regionales a través de un sistema geodésico geocéntrico común. Al sustituir a un sistema geocéntrico de varios sistemas no geocéntricos favorece enormemente en los trabajos Geodésicos y Cartográficos.

Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

Mediante el sistema GPS (Global Positioning System) o sistema de posicionamiento global (Figura 2.4) es un sistema de posicionamiento terrestre, la posición la calculan los receptores GPS gracias a la información recibida desde satélites en órbita alrededor de la Tierra.

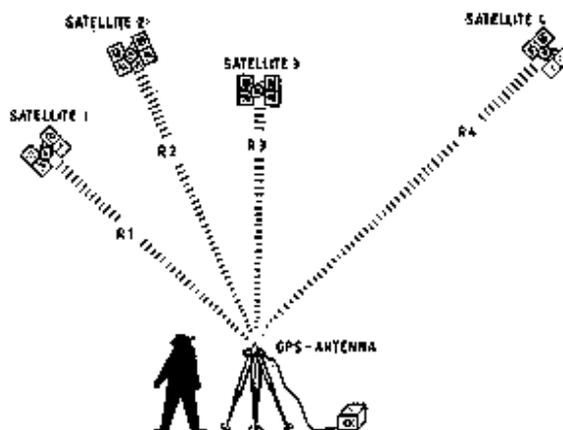


8 Figura 2.4: Configuración del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), comprendiendo 32 Satélites

Fuente: Apuntes del curso de Geodesia - UNI

Entre las aplicaciones del GPS destacan las dirigidas a obtener la posición de vehículos, barcos y aviones en movimiento conocida como posicionamiento GPS cinemático. En el posicionamiento de cámaras aéreas o sensores, las condiciones de operación son muy diferentes que en tierra, ya que están condicionadas a que el vuelo fotogramétrico sea operativo. Las condiciones restrictivas se deben a que el receptor del avión está continuamente en movimiento y en tierra se debe utilizar sólo un receptor, por razones de operatividad, y éste puede estar a cientos de kilómetros, además de que la duración del vuelo se puede prolongar durante horas.

La configuración GPS fue desarrollado básicamente como un sistema destinado a la navegación. El principio fundamental de la navegación se basa en la medición de las llamadas seudo distancias (pseudoranges) entre el usuario y cuatro satélites (Figura 2.5). conociendo las coordenadas de la antena del usuario. Desde el punto de vista geométrico basta con la medición de tres distancias la cuarta observación es necesaria puesto que GPS usa la técnica de medición “Vía única” y el reloj del receptor no se halla sincronizado con el reloj del satélite. Esta falla de sincronización es la razón para que se use el término “seudo distancia”.



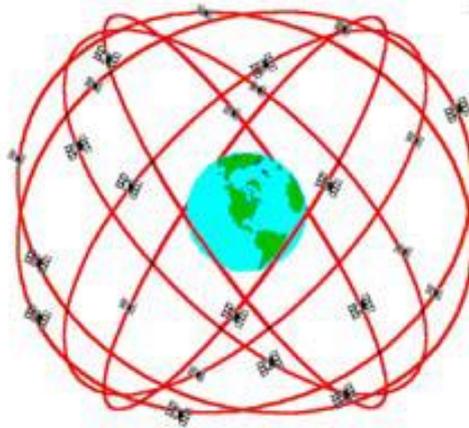
9 Figura 2.5: Principio fundamental de posicionamiento con GPS
Fuente: Apuntes del curso de Geodesia - UNI

Es un Sistema que hace uso de un conjunto de Satélites ubicados en el espacio agrupados en forma de constelaciones. Actualmente se conocen las siguientes

constelaciones: NAVSTAR (Americano), GLONASS (Ruso) y GALILEO (Europeo) en proceso (2009) Torres y Villate (2001) lo define como un sistema de medición tridimensional que utiliza señales de radio que proporciona el sistema NAVSTAR, esta constelación está integrada por 24 satélites artificiales que orbitan la Tierra en 12 horas. Esto permite que durante las 24 horas estén visibles al menos 5 a 8 satélites desde cualquier punto del planeta. Los satélites NAVSTAR, Figura 1.6b, orbitan la tierra en 6 planos orbitales, de 4 satélites cada uno, a una altura aproximada de 20.200 Km. El NAVSTAR es utilizado por miles de usuarios civiles alrededor del mundo; el mismo fue diseñado, financiado, controlado y operado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos. Como sistema está integrado por tres segmentos: espacial, de control y el de usuario.

Segmento Espacial

El segmento espacial está formado por los llamados vehículos espaciales o satélites que envían señales de radio desde el espacio Figura 2.6a.

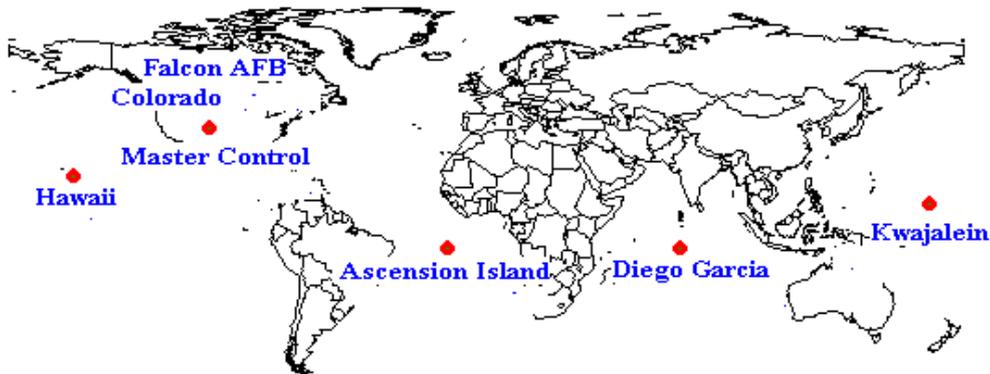


10 Figura 2.5b: Constelación NAVSTAR
Fuente: Dana P.H. - 2005

Segmento de Control

Está formado por una red (Figura 2.6b), de estaciones de monitoreo, ubicadas alrededor del mundo: Colorado (estación master), Hawai, Ascensión, Diego Garcia y Kwajalein. El propósito del segmento de control (Wells et al, 1986) es monitorear

el funcionamiento de los satélites, determinar sus órbitas y el funcionamiento de los relojes atómicos así como enviar la información que será transmitida en forma de mensaje desde los satélites.



11 Figura 2.6b: Estaciones Master y de Monitoreo
Fuente: Dana P.H. - 2005

Segmento del Usuario

Está integrado por los receptores que captan las señales emitidas por los satélites y empleados para el posicionamiento estático o cinemático. En general se conoce como receptor GPS (Casanova, 2002) al instrumento que recibe y decodifica la señal del satélite calculando las coordenadas del punto deseado; es un equipo constituido (Figura 2.6c), por una antena con preamplificador para capturar las señales emitidas por los satélites, canal de radio frecuencia, microprocesador para la reducción, almacenamiento y procesamiento de datos, oscilador de precisión para la generación de códigos pseudoaleatorios, fuente de energía eléctrica, interface del usuario constituida por la pantalla, teclado y por un dispositivo de almacenamiento de datos. Existiendo dos tipos de GPS, un navegador y el diferencial, en donde el primero alcanza precisiones de ± 1.00 m y el segundo puede llegar a precisiones de ± 1.00 mm o menores dependiendo del tiempo de almacenamiento y tipo de antena.



12 Figura 2.6c: Segmento del Usuario GPS Diferencial.
Fuente: Elaboración propia

Para los efectos de Proyecto de Normas Técnicas de Levantamientos Geodésicos del Instituto Geográfico Nacional (IGN – Dirección de Geodesia 2005), se consideran los tipos de levantamientos geodésicos siguientes:

- Levantamientos Geodésicos Horizontales; son aquellos que comprenden el conjunto de mediciones efectuadas en el campo, con el objetivo de determinar las coordenadas geográficas (geodésicas) horizontales de puntos situados sobre la superficie terrestre.

- Levantamientos Geodésicos Verticales; comprende el conjunto de operaciones de campo dirigidas a determinar la distancia vertical que existe entre puntos situados sobre la superficie terrestre y un nivel de referencia.

- Se entiende por coordenadas geográficas indistintamente a las coordenadas geodésicas o astronómicas de un punto. Y por coordenadas geodésicas a los elementos que definen la posición de un punto sobre la superficie del elipsoide: latitud y longitud geodésica, también llamadas coordenadas elipsoidales.

Los valores de número mínimo de estaciones que recomienda el Proyecto de Norma Técnica de Levantamientos Geodésicos del Instituto Geográfico Nacional (IGN – Dirección de Geodesia 2005), se muestran en la Tabla 2.1.

1 Tabla2.1: Estándares de precisión geométrica

Fuente: Proyecto de Norma Técnica de Levantamientos Geodésicos

Número mínimo de estaciones de control de la Red Geodésica Horizontal que se deben enlazar:	0	A	B	C
0	4			
A	2	3		
B	2	2	3	
C	1	1	1	2
Enlaces a la Red Geodésica Vertical	5	4	3	2
Número mínimo de estaciones de monitoreo permanente (ERP)(*)	4	3	2	Op
Localización de las estaciones de control (número de cuadrantes)	2	2	2	1
Separación máxima (Km) entre estaciones existentes fuera del área de proyecto y el mismo.	3000	500	400	50
Entre estaciones existentes y el centro del proyecto a no más de	100 d	10 d	7 d	Na

Donde:

d Distancia máxima en kilómetros (Km) entre el centro del área del proyecto y cualquier estación de este.

Op Opcional

Na No aplicable

EEP(*) Estación Rastreo Permanente, en caso de establecerse Red GPS activa.

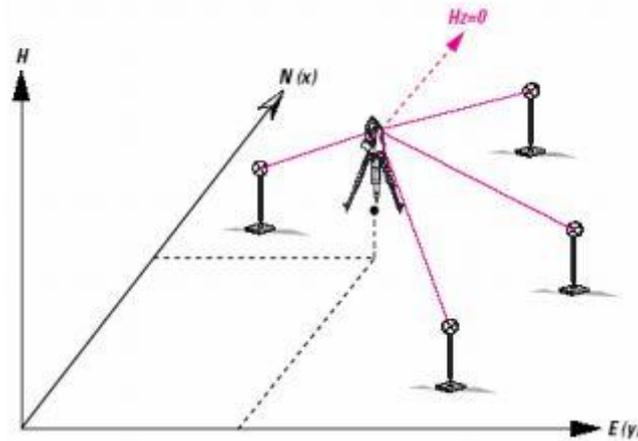
2.3 Topografía

Ciencia que se propone determinar la posición relativa de los puntos, mediante la recopilación y procesamiento de las informaciones de las partes físicas del geode, considerando hipotéticamente que la superficie terrestre de observaciones es una superficie plana horizontal. La información base (BMs, Coordenadas GPS) se obtienen de instituciones encargadas de ejecutar y administrar la información a través de las mediciones realizadas sobre el terreno, complementando esta información con la aplicación de elementales procedimientos matemáticos. Evidentemente si se plantea esta hipótesis principal se desprende de la misma, los subsiguientes enunciados:

- La línea que une dos puntos sobre la superficie terrestre es una línea recta.
- Las direcciones de la plomada, en dos puntos diferentes cualesquiera son paralelos.
- La superficie imaginaria de referencia, respecto a la cual se tomaron las alturas, es una superficie plana.
- El ángulo formado por la intersección de dos líneas sobre la superficie terrestre es un ángulo plano y no esférico

Se entiende por levantamiento topográfico al conjunto de actividades que se realizan en campo con el objeto de capturar la información necesaria que permita determinar las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno (Figura 2.7), ya sea directamente o mediante un proceso de cálculo, con las cuales se obtiene la representación gráfica del terreno levantado, el área y volúmenes de tierra cuando así se requiera; (Torres y Villate, 2001,p.17).

Los trabajos de levantamiento topográfico desarrollados incluyen el levantamiento de la franja de la vía a construir, a partir del cual se ha procedido a desarrollar el trazo de la carretera, el levantamiento topográfico de la franja de la vía, la nivelación de BM's y del eje de la carretera, y los levantamientos topográficos complementarios.



13 Figura 2.7: Representación gráfica del procedimiento de obtención de punto en el espacio.
Fuente: Elaboración propia

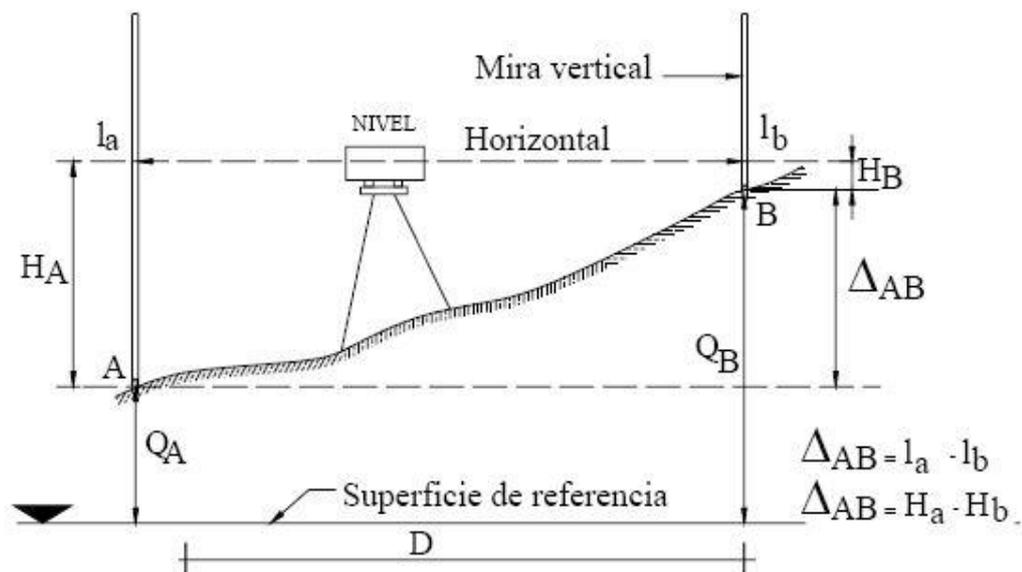
Para desarrollar los trabajos de campo, se ha contado con una brigada de topografía, la brigada ha utilizado equipos de topografía de última generación, tanto estaciones totales como niveles. En el caso de las estaciones la información almacenada ha sido volcada a PC's para su procesamiento haciendo uso de software especializado.

Los términos de referencia indican que el Control Horizontal, sea realizado cada 10km; sin embargo, el presente estudio tomando en cuenta una mayor precisión, se ha considerado tomar los pares de puntos cada 05 Km. aproximadamente, y se ha hecho mediante pares de puntos georeferenciado por medio del Sistema GPS, mediante el método Estático, al inicio y final de cada tramo de la poligonal, lo que permitirá hacer el cálculo de error y cierre de esta. En el anexo A se encuentran todas las lecturas GPS con sus respectivos cálculos y tarjetas de identificación.

Para los trabajos de levantamiento de la franja de la vía, así como para el replanteo del eje, se ha hecho uso de una Poligonal Básica de Apoyo. De acuerdo a las condiciones de terreno se generaron Poligonales, con el fin de realizar los levantamientos topográficos en zonas donde no alcanza la visibilidad desde los vértices de la Poligonal de Apoyo. Los trabajos del levantamiento de la franja de

la carretera, han incluido el levantamiento de todas aquellas estructuras existentes.

La nivelación topográfica, viene a ser la diferencia de elevación entre dos puntos, la distancia entre dos planos horizontales, ya sean reales o imaginarios (Figura 2.8), en los cuales están dichos puntos. Se observa, que las medidas de diferencias de nivel tienen mucho que ver, ya sea directa o indirectamente con las medidas de distancias verticales, debido a que éste conjunto de procedimientos realizados para tomar las medidas citadas, toma el nombre de nivelación. Considerando al nivel medio del mar al plano de referencia más empleado; Sin embargo para realizar una nivelación no es necesario relacionarse con esta consideración, puesto que un levantamiento, se hace referenciando a un plano cualquiera, con respecto a las cotas referenciadas. Si solo se desea la nivelación relativa de los puntos entre sí.



14 Figura 2.8: Representación gráfica del procedimiento de nivelación de un punto en el espacio.
Fuente: Elaboración propia

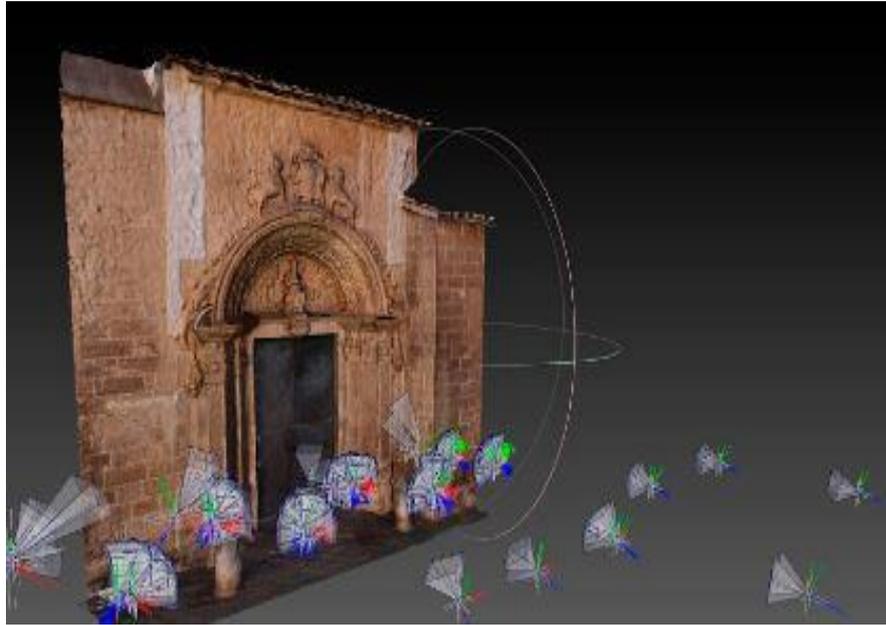
2.4 Fotogrametría

Etimológicamente, la palabra fotogrametría procede de tres vocablos griegos "photon-luz, graphos-escrita, metron-medidas", es decir, medir gráficamente por medio de la luz. Una definición admitida por consenso enuncia que fotogrametría es la ciencia y tecnología para obtener información fiable a través de imágenes adquiridas por sensores.

La fotogrametría es la ciencia por medio del cual a partir de fotografías de un objeto, se consigue resolver su ubicación relativa en el espacio, llegando a formar por este método una representación gráfica del objeto. Estas fotografías pueden tomarse desde tierra o desde el aire, así dando lugar a la división en dos grandes ramas de la fotogrametría: fotogrametría terrestre y fotogrametría aérea.

Con el avance de la tecnología, la digitalización no es ajena a la fotogrametría, por lo que se tiene la FOTOGAMETRÍA DIGITAL, definida como la tecnología aplicada basada en la medición sobre imágenes digitales, en dos dimensiones 2D, para obtener información: geométrica, semántica o radiométrías, del terreno o de objetos allí construidos o ubicados, la cual estará representada en dos dimensiones 2D y/o tres dimensiones 3D.

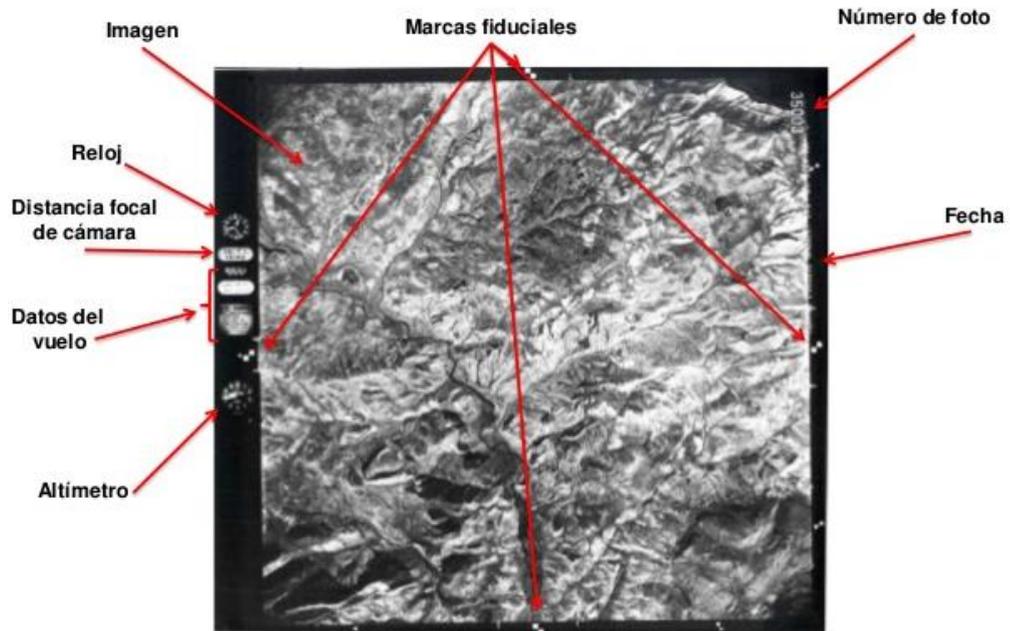
La fotogrametría terrestre viene a ser la realizada mediante fotografías tomadas desde el mismo plano del objeto, en donde los ejes de la cámara (cámaras) son horizontales, paralelos entre si y perpendiculares a la base tal como se puede ver en la Figura 2.9.



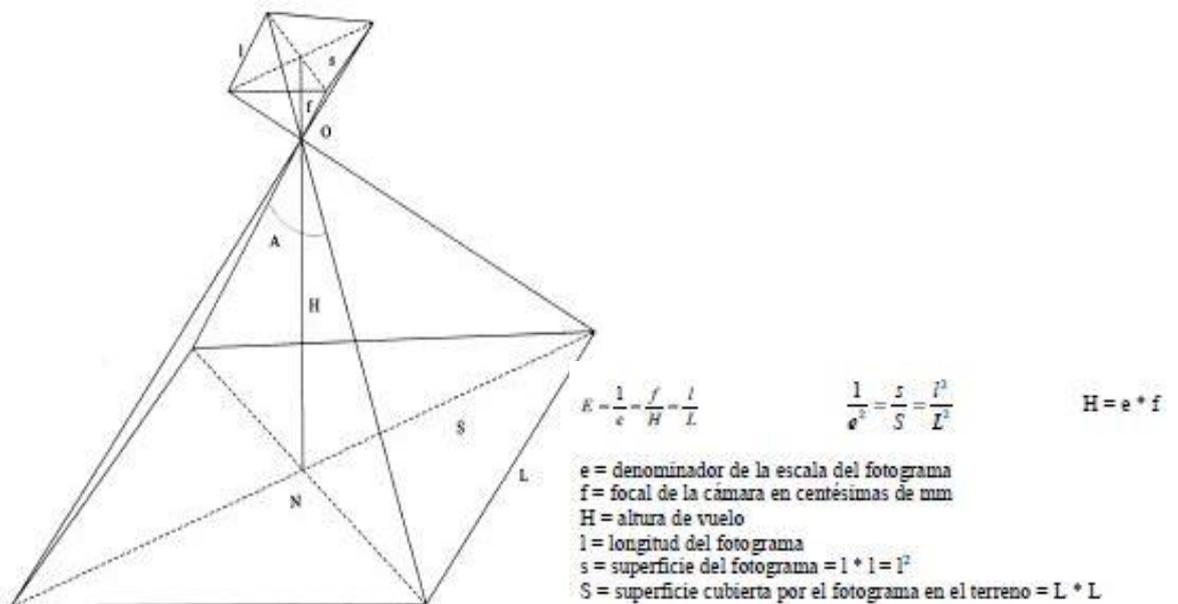
15 Figura 2.9: Porta de Mar, Palma de Mallorca – Fotogrametría terrestre.
Fuente: <http://pointcloud.es/nubes-puntos-fotogrametria-terrestre-puerta-mar-palma-mallorca/>

La fotogrametría área, al igual que la topografía pretende establecer modelos precisos de la realidad de una determinada superficie, con la particularidad de utilizar sensores o cámaras aerotransportadas, bien en aviones o implementadas en satélites.

Es una vista aérea del terreno obtenida por fotografías desde un avión, para este propósito los aviones llevan una cámara especial en la parte inferior, con la cual se obtienen los fotogramas, estos fotogramas, además de impresionar una determinada superficie de terreno, llevan en sus bordes una serie de datos como son: la distancia focal, altura de vuelo, hora de toma, número de orden de la fotografía como se ve en la Figura 2.10a. El tamaño de los fotogramas suelen ser por lo general 180x180 mm, 230x230 mm y 300x300 mm.



16 Figura 2.10a: Información de una fotografía aérea incluida los márgenes
Fuente: Elaboración propia



17 Figura 2.10b: Determinación de la Escala del Fotograma.
Fuente: Elaboración propia

Un parámetro a tener en cuenta es la Escala del fotograma, el cual viene a ser la relación entre dos líneas homologas cualesquiera, una del terreno y otra del fotograma, tal como se puede apreciar en la Figura 2.10b.

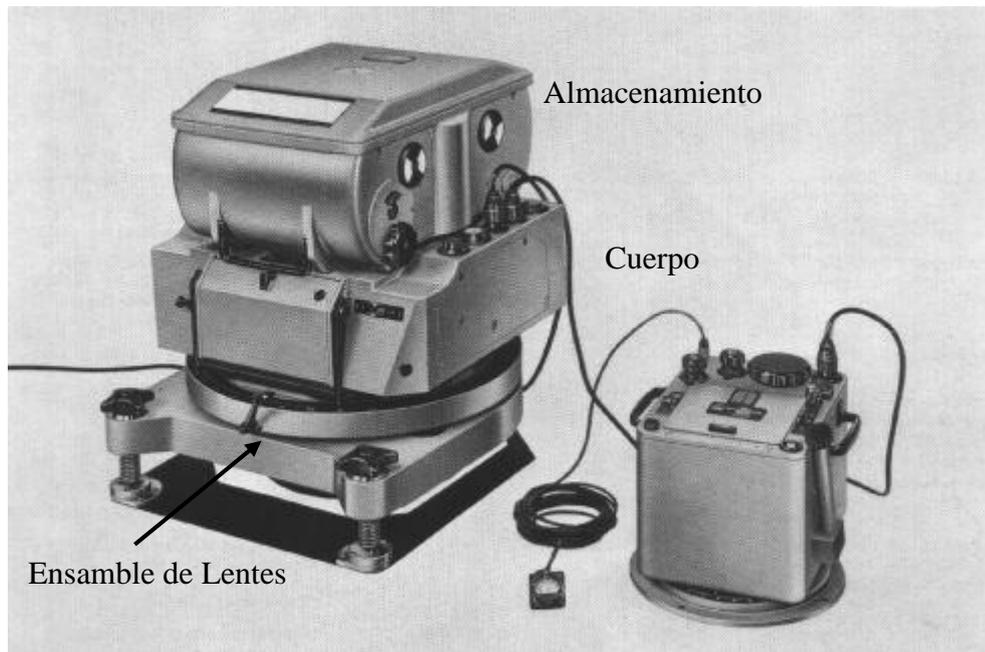
Algunas aplicaciones específicas de la fotografía aérea, además de la elaboración de planos topográficos, con fines cartográficos, se tiene algunas ramas de la ingeniería.

- Proyectos de carreteras, vialidades y aeropuertos.
- Proyectos de irrigación.
- Proyectos de presas y control de ríos.
- Proyectos batimétricos y de zonas costeras.
- Proyectos de líneas de energía, ductos y derechos de vía.
- Proyectos de saneamiento.
- Proyectos de catastro rural y urbano.
- Proyectos de desarrollos turísticos.
- Proyectos mineros.
- Proyectos agrícolas.
- Proyectos de edificaciones.
- Proyectos de conservación arqueológica.

2.4.1 Cámaras aéreas

Las cámaras aéreas en general pueden definir como un instrumento dentro del conjunto de los sensores remotos (no se presenta contacto entre el sensor y el objeto sensado) el cual recoge o capta propiedades físicas de los objetos: longitudes de onda comprendidas en el rango del espectro electromagnético entre el ultravioleta y el infrarrojo por medio de la absorción, refracción o reflexión, una cámara típica utilizada se muestra en la Figura 2.11.

Una buena cámara debe tener una exposición rápida, un buen objetivo (correspondiente al sistema de lentes, la cual es considerada como el elemento más importante) y una película o serie de placas que se puedan sustituir con rapidez.



18 Figura 2.11: Cámara fotogramétrica estándar.
Fuente: <https://www.timetoast.com/timelines/linea-del-tiempo-atlas-ing>

Para la presente tesis de investigación se utilizó la cámara digital adaptada en el DRON Phantom 3 Figura 2.12, sus características se encuentran en la Tabla 4.8.



19 Figura 2.12: Cámara fotogramétrica Digital en un Drone.Phantom 3
Fuente: <https://mydroneservices.com/es/photogrammetry-surveying-why-use-photogrammetry-for-surveying-and-mapping/>

Las fotos aéreas pueden ser:

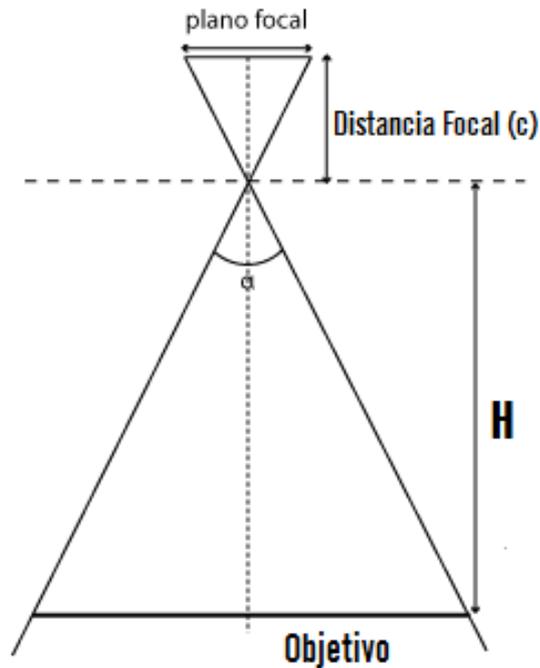
- Simples, que son las de una zona en particular o lugar que se quiere ver desde el aire (Fotos aisladas).
- En serie, son las obtenidas cuando entra en juego el automatismo de la cámara (Como se aprecia en la Figura 2.11 o la del Dron Figura 2.12). Los disparos de la cámara se hacen en función de la velocidad y altura relativa de vuelo del avión (Tripulado o RPAs – Remotely Piloted Aircraft), para que haya cierto traslape entre fotos consecutivas Figura 2.13.



20 Figura 2.13: Fotografía aérea en serie.
Fuente: <http://www.fuicafoto.cl/aereas.html>

2.4.2 Altura de vuelo

Una vez determinada cual será la escala de la imagen, y conocida la distancia principal o focal de la cámara, se podrá obtener la altura de vuelo sobre el terreno Figura 2.14a.



21 Figura 2.14a: Distancia focal y altura de vuelo relativo

Fuente: Elaboración propia

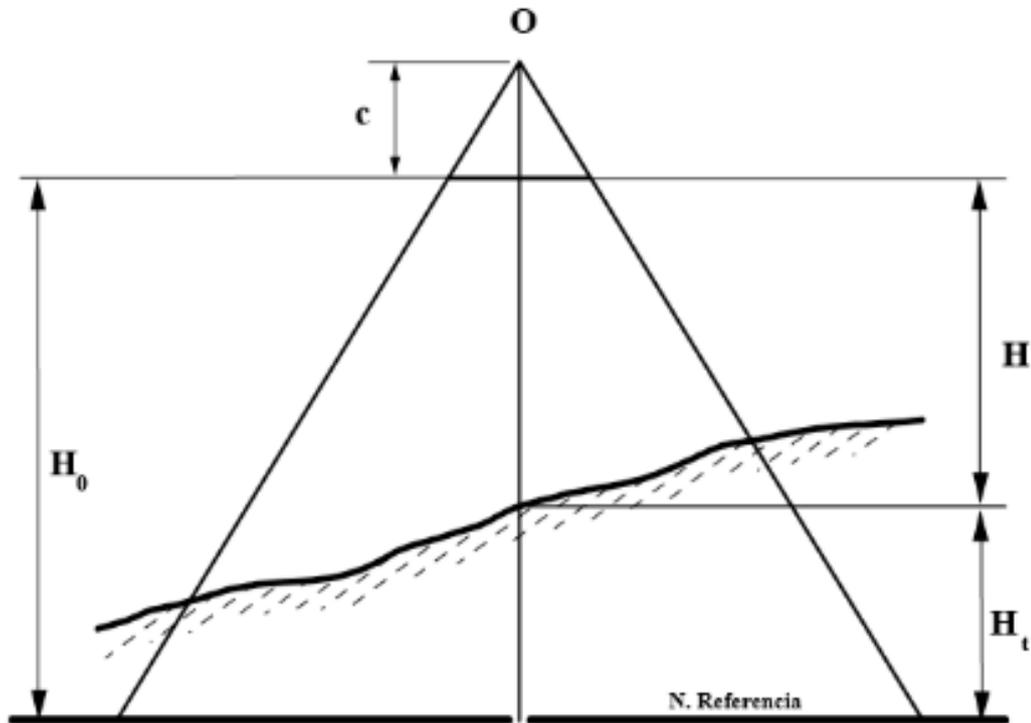
$$Mb = \frac{1}{mb} = \frac{c}{H} \Rightarrow H = c mb$$

Donde:

c: Distancia principal

mb: Escala de la imagen

La altura de vuelo sobre el nivel medio del mar H_0 , vendrá dada por la altitud del nivel de referencia en función del relieve del terreno Figura 2.14b.



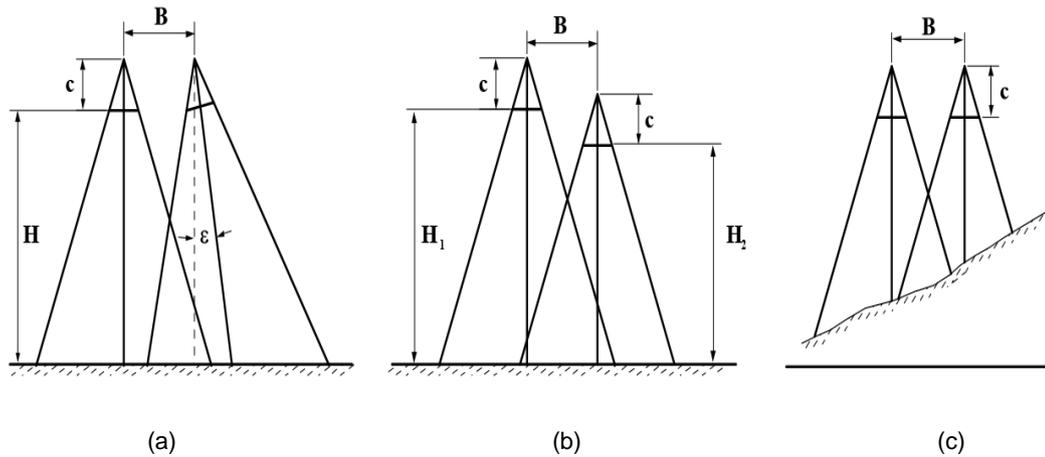
22 Figura 2.14b: Altura de vuelo sobre el nivel del mar.

Fuente: Elaboración propia

$$H_o = H + H_t \Rightarrow Mb = \frac{1}{mb} = \frac{c}{H_o - H_t}$$

La forma y dimensiones de la superficie del terreno cubierta por las fotos son función de:

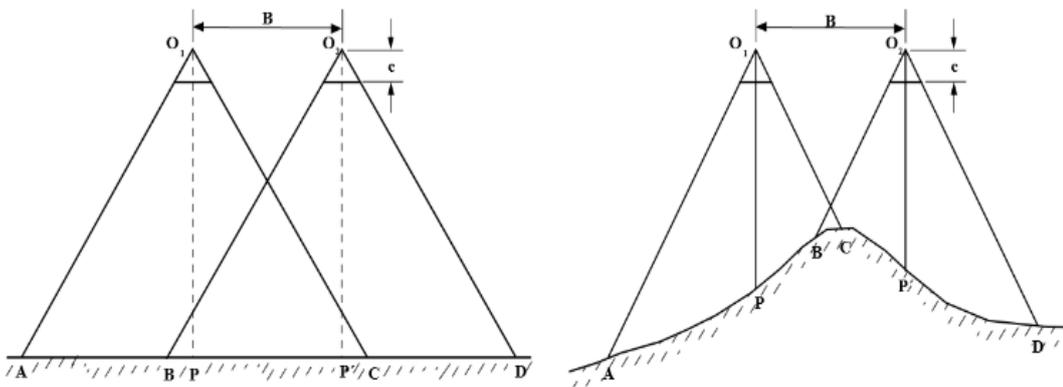
- La inclinación del eje vertical; si el eje de la cámara está inclinado, la superficie cubierta será trapezoidal (Figura 2.15-a).
- Variaciones en la altura de vuelo (Figura 2.15-b).
- El relieve del terreno; la superficie se deforma de modo regular (Figura 2.15-c).



23 Figura 2.15: Desnivel de eje, altura de vuelo y terreno.

Fuente: Elaboración propia

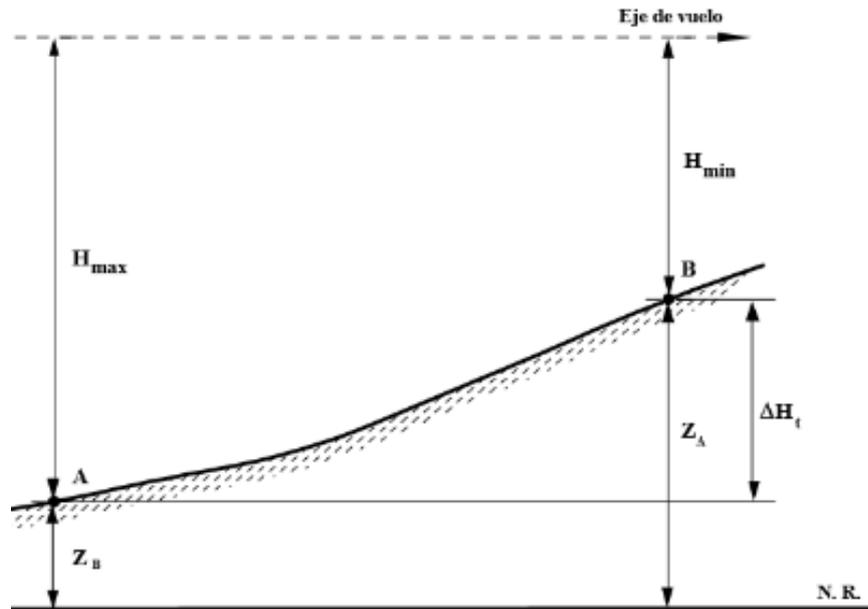
Tomar en cuenta que cuando se nos presenta un terreno con desniveles, en estos casos el nivel de referencia (H_t) deberá escogerse, de modo que no produzca huecos (Área por cubrir con fotografía) en los traslapes entre fotografías en los puntos altos del terreno, caso de la figura 2.16 (lado derecho), donde \underline{PB} no quedará reflejado en la segunda fotografía.



24 Figura 2.16: Variación de traslape según relieve de terreno.

Fuente: Elaboración propia

Para estos casos se fijan unos límites de variación del desnivel, a partir de las tolerancias fijadas para la variación de la escala (tolerancia que vendrá expresada en el Pliego de Condiciones) Figura 2.17.



25 Figura 2.17: Determinación de desniveles admisibles.

Fuente: Elaboración propia

$$Mb_{\max} = \frac{1}{mb_{\max}} = \frac{c}{H_{\min}}$$

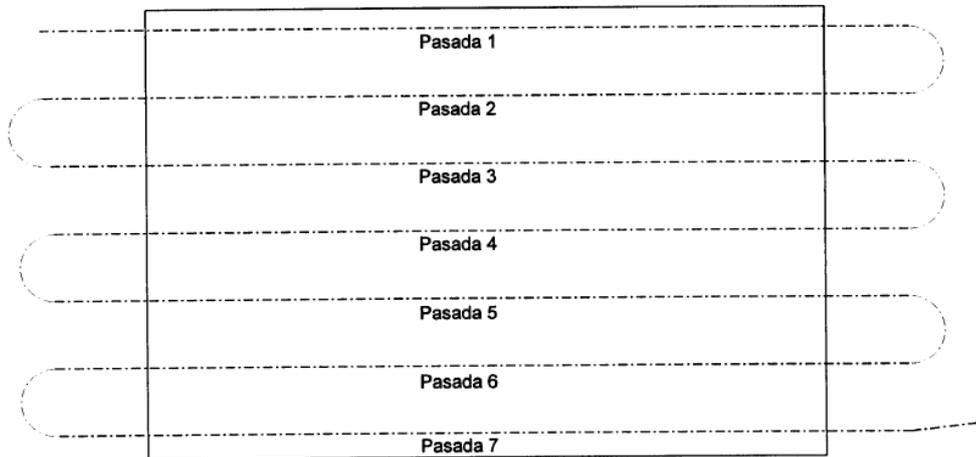
$$Mb_{\min} = \frac{1}{mb_{\min}} = \frac{c}{H_{\max}}$$

$$mb_{\min} - mb_{\max} = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{c} = \frac{\Delta H_t}{c}$$

$$\Delta H_t = c(mb_{\min} - mb_{\max})$$

2.4.3 Plan de vuelo

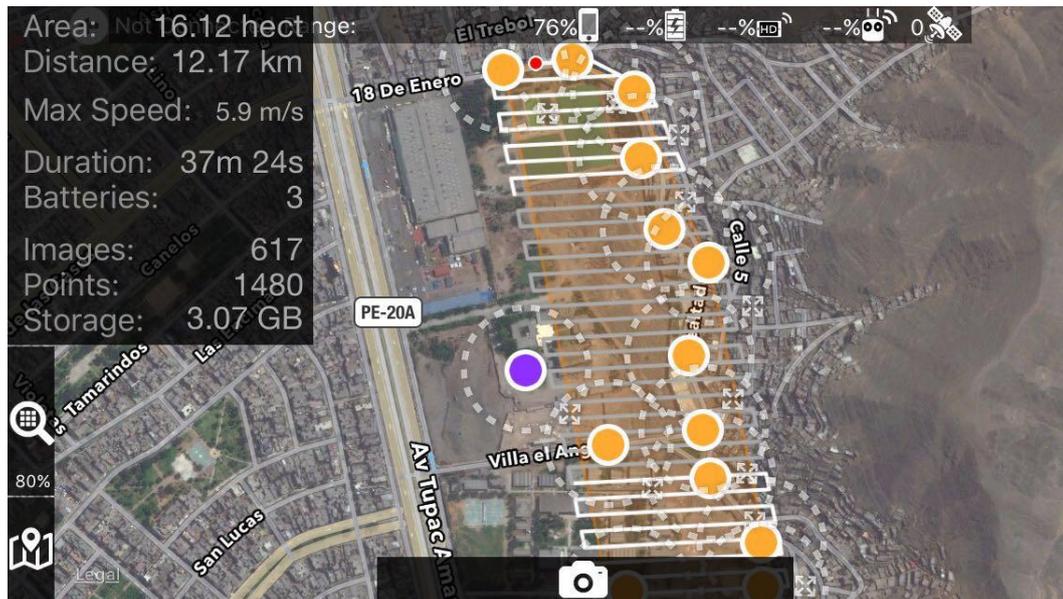
El plan de vuelo fotogramétrico lo determina la configuración del terreno a levantar, siguiendo el rumbo de la mayor dimensión de este, el cual debe hacerse mediante pasadas paralelas y todas a la misma altura de vuelo. Debe existir un recubrimiento longitudinal de por menos del 60% y un máximo del 90% (para ver en estereoscopia) y otro traslape transversal de una pasada sobre otra, en por lo menos del 30%.



26 Figura 2.18: Plan de vuelo en un terreno rectangular.
Fuente: Apuntes del curso de Fotogrametría - UNI

En la figura 2.18, se muestran siete líneas de vuelo para realizar un trabajo mediante la fotogrametría con vuelo tripulado, al cual se tendrá que adicionar información de coordenadas de inicio y fin de cada línea, dichas coordenadas se obtendrán de mapas cartográficos o mediante softwares aplicativos que muestran todo el planeta por internet, en las que se calcularán u obtendrán las coordenadas en unidades del sistema UTM para así el vehículo pueda orientar su dirección y mantener los traslapes longitudinales y transversales calculados al inicio, esto se tendrá en cuenta en cada línea de vuelo.

Hoy en día la digitalización, se tiene un nuevo método de realizar los planes de vuelo; esto consiste en la utilización de softwares aplicativos de distintas empresas, en la que teniendo en cuenta el área de terreno y la altura de vuelo se pueden obtener las líneas de vuelo y estas a su vez poder cargar dichos datos al vehículo de vuelo, tal como se puede ver en la Figura 2.19.



27 Figura 2.19: Plan de vuelo mediante software.
Fuente: Elaboración propia.

2.4.4 Restitución fotográfica

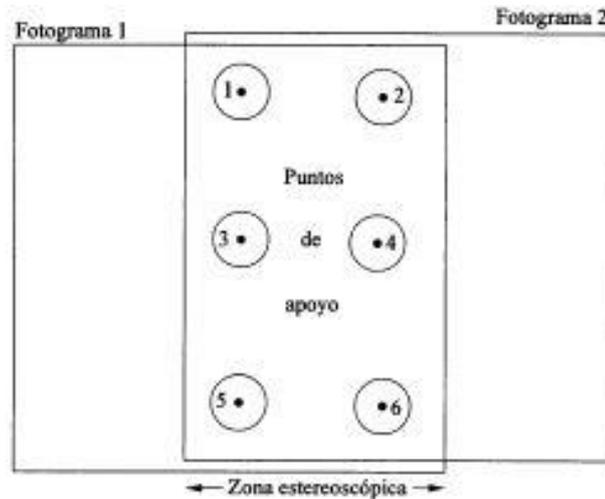
La restitución de un punto de un fotograma es determinar su situación relativa respecto a otros que aparezcan también en él y tengan una situación conocida, lo que se consigue cuando se conocen sus tres coordenadas X, Y, Z respecto a un origen de referencia conocido de antemano.

Una vez realizado el vuelo se han de obtener sobre el terreno las coordenadas X, Y, Z de determinados puntos bien definidos (punto de control o punto de apoyo) en el terreno e identificados en los fotogramas. Cada punto que se observe debe aparecer en la zona común de dos fotogramas.

Generalmente se dan coordenadas X, Y, Z a seis puntos en la zona común de dos fotogramas (tres puntos en sentido vertical y tres en horizontal). Estos puntos se les denominan puntos de apoyo o puntos de anclaje.

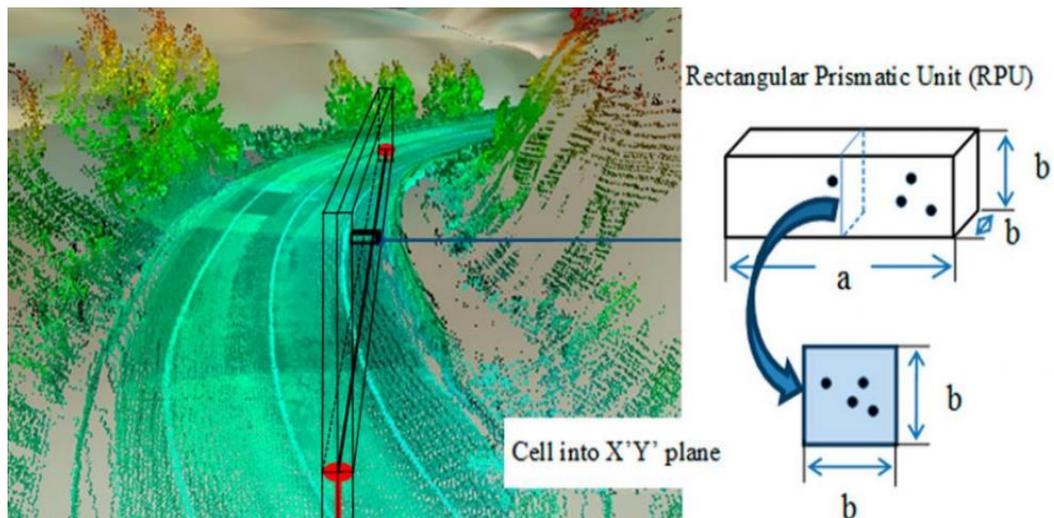
La restituidores fotogramétricos, permiten ver en el relieve la zona en común de dos fotografías consecutivas Figura 2.20, por lo que apoyándonos en las

coordenadas obtenidas, se pueden ir trazando la planimetría y altimetría del terreno objeto.



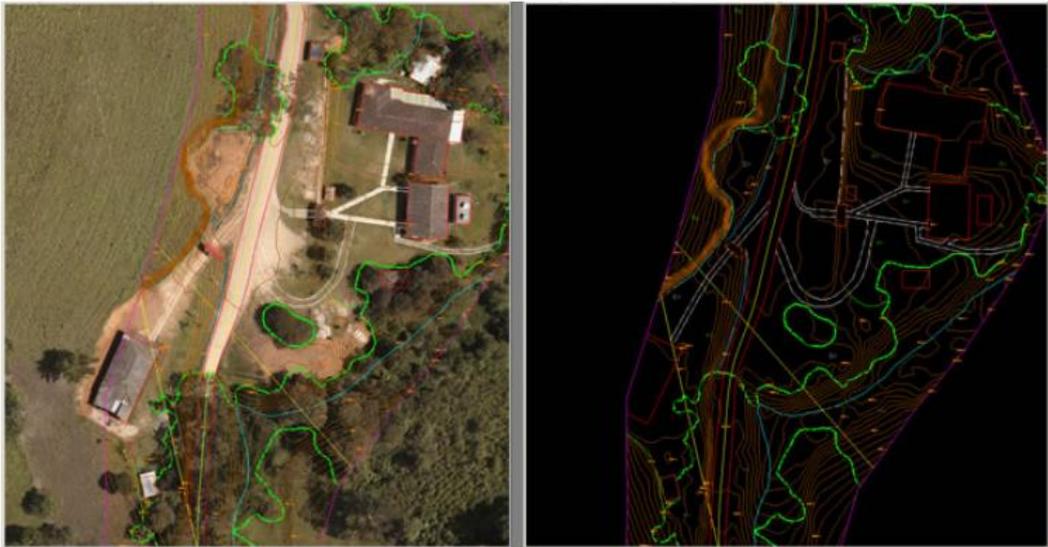
28 Figura 2.20: Puntos de apoyo de dos fotogramas continuos.
Fuente: Elaboración propia.

De manera similar se da con la restitución digital, donde las fotografías digitales tienen un traslape transversal al 90%, lo cual hace que se tenga mayor área para tomar puntos de apoyo; ahora bien, la restitución lo realiza netamente un software, mediante el procedimiento que se muestra en la Figura 2.21a.



29 Figura 2.21a: Restitución Fotogramétrica – Nube de Puntos – Carreteras.
Fuente: <http://www.sigla-sas.com/restitucion-fotogrametrica-y-cartografia.html>

Finalmente, como resultando se obtiene una ortofoto (lado izquierdo) y el plano con el fin específico (lado derecho) en la Figura 2.21b.



Restitución fotogramétrica 1:1000 sobre Ortofoto para diseño de vías en Fase III – Departamento del Huila

30 Figura 2.21b: Restitución Fotogramétrica 1:1000 sobre Ortofoto
Fuente: <http://www.sigla-sas.com/restitucion-fotogrametrica-y-cartografia.html>

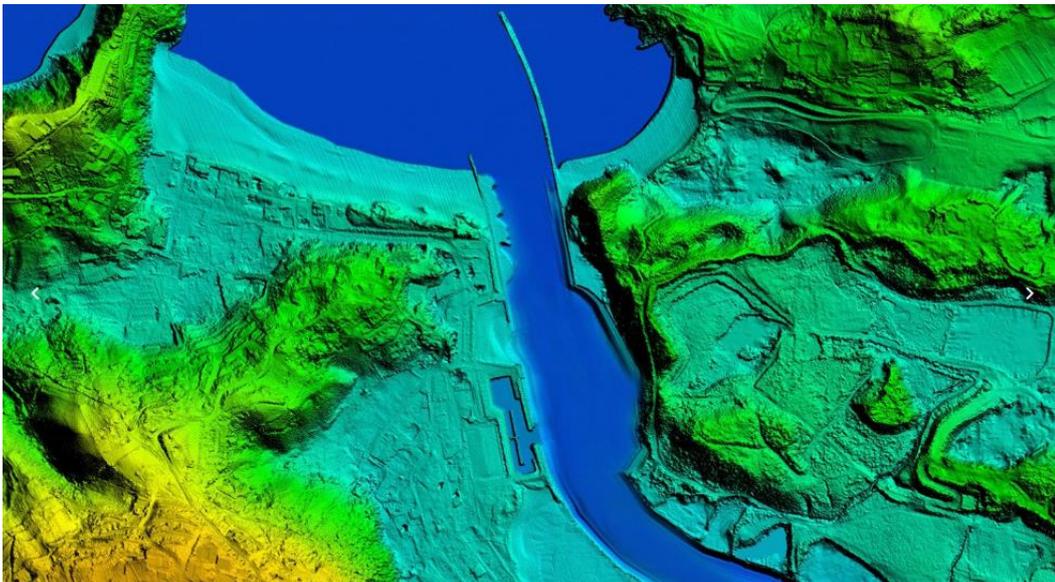
2.5 Hidráulica

En una vía de comunicación, no solo exige una buena planeación económica y la selección conveniente de la ruta y materiales de construcción a emplear, si no el diseño racional de las estructuras de drenaje, capaz de desalojar en todo momento de forma eficiente el escurrimiento aportado por las lluvias en cualquier tramo de la vía Figura 2.22.

Para esto se tiene dos tipos de drenaje:

- Drenaje Superficial
 - Cunetas
 - Drenaje Transversal
 - Alcantarillas
 - Pases de agua

- Canal rejilla
- Puentes
- Pontones
- Drenaje Longitudinal
- Drenaje Sub superficial
 - Sub Drenes
 - Pedraplenes



31 Figura 2.22: Restitución Fotogrametría – Reservorio.
Fuente: <http://www.sigla-sas.com/restitucion-fotogrametrica-y-cartografia.html>

2.6 Carreteras

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la sub rasante de una vía que se obtiene mediante movimiento de tierras y a veces requiere un mejoramiento si esta no cumple con algunos requisitos mínimos de resistencia, que las cargas repetidas de tránsito vehicular transferidas durante el periodo de vida para el cual ha sido diseñada la estructura de pavimento.

2.6.1 Clasificación de Carreteras

En nuestro medio se puede encontrar diferentes tipos de pavimentos que se clasificaran por tipos y funciones.

➤ Clasificación por Demanda

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y sub base. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra. Entre las que se tiene según el Manual de Carreteras – Diseño Geométrico DG-2019 son:

- Autopistas de Primera Clase
- Autopistas de Segunda Clase
- Carreteras de Primera Clase
- Carreteras de Segunda Clase
- Carreteras de Tercera Clase
- Trochas Carrozables

➤ Clasificación por Orografía

Este tipo de pavimento guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas del pavimento, teniendo en cuenta que lo adecuado es que se encuentren a distancias tales que encarecerían notablemente los costos de construcción. Entre las que se tiene según el Manual de Carreteras – Diseño Geométrico DG-2019 son:

- Terreno plano (Tipo 1)
- Terreno ondulado (Tipo 2)
- Terreno accidentado (Tipo 3)
- Terreno escarpado (Tipo 4)

2.6.2 Clasificación de Pavimentos

➤ Pavimentos Rígidos

Este tipo de pavimentos están fundamentalmente formado por una única capa de concreto hidráulico de espesor variable de acuerdo a diseño, apoyada sobre una subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina sub base del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficiente mente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la sub rasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.

➤ Vehículo de Diseño

El Diseño Geométrico de Carreteras se efectuará en concordancia con los tipos de vehículos, dimensiones, pesos y demás características, contenidas en el Reglamento Nacional de Vehículos, vigente.

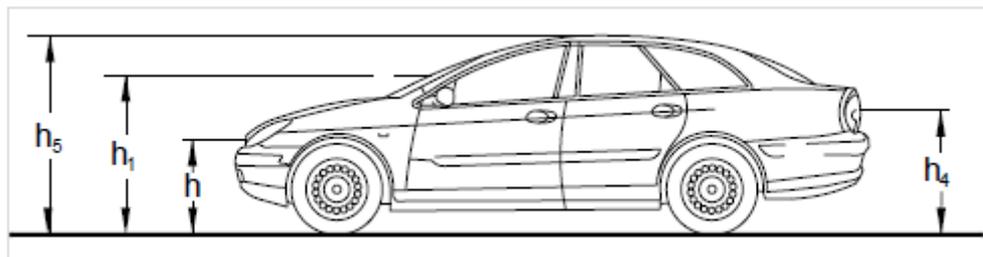
Las características físicas y la proporción de vehículos de distintos tamaños que circulan por las carreteras, son elementos clave en su definición geométrica. Por ello, se hace necesario examinar todos los tipos de vehículos, establecer grupos y seleccionar el tamaño representativo dentro de cada grupo para su uso en el proyecto. Estos vehículos seleccionados, con peso representativo, dimensiones y características de operación, utilizados para establecer los criterios de los proyectos de las carreteras, son conocidos como vehículos de diseño.

Al seleccionar el vehículo de diseño hay que tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía. Normalmente, hay una participación suficiente de vehículos pesados para condicionar las características del proyecto de carretera. Por consiguiente, el vehículo de diseño normal será el vehículo comercial rígido (camiones y/o buses).

Las características de los vehículos tipo indicados, definen los distintos aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de una carretera. Así, por ejemplo:

- El ancho del vehículo adoptado incide en los anchos del carril, calzada, bermas y sobreecho de la sección transversal, el radio mínimo de giro, intersecciones y gálibo.
- La distancia entre los ejes influye en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles.
- La relación de peso bruto total/potencia, guarda relación con el valor de las pendientes admisibles.

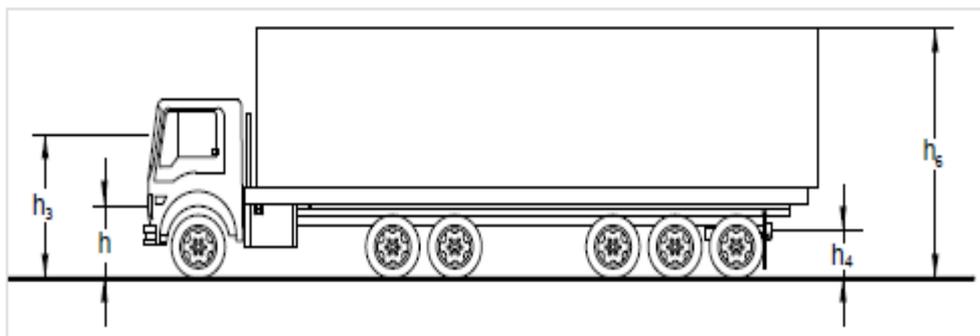
Los Vehículos Ligeros, en donde la longitud y el ancho del vehículo no condicionan el proyecto, salvo que se trate de una vía por la que no circulan camiones; a modo de referencia, se citan las dimensiones representativas de vehículos de origen norteamericano, ancho 2.10 m y largo de 5.80m, tal como se puede ver en la Figura 2.23.



- h: Altura de los faros delanteros: 0.60 m
- h1: Altura de los ojos del conductor: 1.07 m
- h2: Altura de un obstáculo fijo en la carretera: 0.15 m
- h4: Altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0.45 m
- h5: Altura del techo de un automóvil: 1.30 m

32 Figura 2.23: Dimensiones de un Vehículo Ligero.
Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico dg-2019

Los Vehículos Pesados, las dimensiones máximas de los vehículos a emplear en la definición geométrica son las establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos aprobado con D.S. N° 058-2003-MTC. Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad. Figura 2.24.



- h : Altura de los faros delanteros: 0.60 m
- h_3 : Altura de ojos de un conductor de camión o bus, necesaria para la verificación de visibilidad en curvas verticales cóncavas bajo estructuras: 2.50 m
- h_4 : Altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0.45 m
- h_6 : Altura del techo de un automóvil: 4.10 m

33 Figura 2.24: Dimensiones de un Vehículo Ligero.
Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico dg-2019

El vehículo pesado tiene las características de sección y altura para determinar la sección de los carriles y su capacidad portante, radios y sobrecanchos en curvas horizontales, alturas libres mínimas permisibles, necesidad de carriles adicionales, longitudes de incorporación, longitudes y proporción de aparcamientos para vehículos pesados en zonas de estacionamiento, miraderos o áreas de descanso.

➤ Índice Medio Diario Anual (IMDA)

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica.

Los valores de IMDA para tramos específicos de carretera, proporcionan al proyectista, la información necesaria para determinar las características de diseño de la carretera, su clasificación y desarrollar los programas de mejoras y mantenimiento. Los valores vehículo/día son importantes para evaluar los programas de seguridad y medir el servicio proporcionado por el transporte en carretera.

La carretera se diseña para un volumen de tránsito, que se determina como demanda diaria promedio a servir hasta el final del período de diseño, calculado como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual.

➤ Velocidad de Diseño

Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

En el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño, se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad vial de los usuarios. Por ello, la velocidad de diseño a lo largo del trazado, debe ser tal, que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

El proyectista, para garantizar la consistencia de la velocidad, debe identificar a lo largo de la ruta, tramos homogéneos a los que por las condiciones topográficas, se les pueda asignar una misma velocidad. Esta velocidad, denominada Velocidad de Diseño del tramo homogéneo, es la base para la definición de las características de los elementos geométricos, incluidos en dicho tramo. Para identificar los tramos

homogéneos y establecer su Velocidad de Diseño, se debe atender a los siguientes criterios:

- La longitud mínima de un tramo de carretera, con una velocidad de diseño dada, debe ser de tres (3,0) kilómetros, para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (20 y 50 km/h) y de cuatro (4,0) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento veinte kilómetros por hora (60 y 120 km/h).
- La diferencia de la Velocidad de Diseño entre tramos adyacentes, no debe ser mayor a veinte kilómetros por hora (20 km/h).

➤ Distancia de Visibilidad

Es la longitud continua hacia adelante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar. En los proyectos se consideran tres distancias de visibilidad:

- Visibilidad de parada.
- Visibilidad de paso o adelantamiento.
- Visibilidad de cruce con otra vía.

Distancia de Visibilidad de Parada, Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria.

La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Dp = \frac{V t_p}{3,6} + \frac{V^2}{254(f \pm i)}$$

- Dp : Distancia de parada (m)
- V : Velocidad de diseño.
- tp : Tiempo de percepción + reacción (s)
- f : Coeficiente de fricción, pavimento húmedo.
- i : Pendiente longitudinal (Tanto por uno)
- +i : Subidas respecto al sentido de circulación.
- i : Bajadas respecto al sentido de circulación.

34 Figura 1.20: Dimensiones de un Vehículo Ligero.
Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico dg-2019

➤ Pavimentos Flexibles

Este tipo de pavimentos están compuesto por una capa de rodadura que está elaborada por bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual a su vez se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la sub rasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circulan por dicho pavimento.

CAPÍTULO III: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE PARÁMETROS DEL INFRAWORKS 2020

En este capítulo se revisará el entorno y los parámetros de los softwares BIM INFRAWORKS 2020 y AutoCAD CIVIL 3D para el desarrollo del proyecto de tesis, así mismo se verá la utilidad para otras ramas de la ingeniería, ya que INFRAWORKS 2020 y AutoCAD CIVIL 3D son softwares de modelamiento, predimensionamiento y diseño, siendo esta última característica propia de AutoCAD CIVIL 3D en lo que se refiere infraestructura vial (trazo, carpeta asfáltica y obras de arte), hidrología, ferrocarriles, puentes y reportes de movimiento de tierras, parámetros de diseño.

3.1 ENTORNO, CONFIGURACIÓN Y OBJETIVOS DE INFRAWORKS 2020

El software BIM INFRAWORKS 2020 está compuesta de 3 especialidades bien diferenciadas y un administrador que son: InfraWorks como el administrador y las especialidades de Roadway Design for InfraWorks 2020 para modelamiento y pre-dimensionamiento de carreteras, Bridge Design for InfraWorks 2020 para el modelamiento y pre-dimensionamiento de puentes y Drainage Design for InfraWorks 2020 para el modelamiento y pre-dimensionamiento de obras hidráulicas en donde cada especialidad nos proporciona herramientas y estilos pre-determinados para su modelamiento y pre-dimensionamiento. Cabe indicar que InfraWorks 2020 es un software que nos proporcionara pre-dimensionamientos de estructuras en función de la norma AASHTO Metric del 2011 para lo que se refiere infraestructura viales y para lo concerniente a puentes la AASHTO LRFD del 2011, así como las normas Autralian, British y Euro Code, donde se puede elegir la norma que tiene valides en cada país.

3.1.1 Reconocimiento de los elementos de la ventana de programa

En el entorno de inicio del software InfraWorks 2020 se encuentra un administrador y 03 especialidades: En la Figura 3.1 se muestra Autodesk InfraWorks 2020 (circulo naranja) como administrador, Roadway Design for InfraWorks 2020 (circulo café), Bridge Design for InfraWorks 2020 (circulo morado)

y Drainage Design for InfraWorks 2020 como las especialidades de carreteras, puentes e hidrología respectivamente.

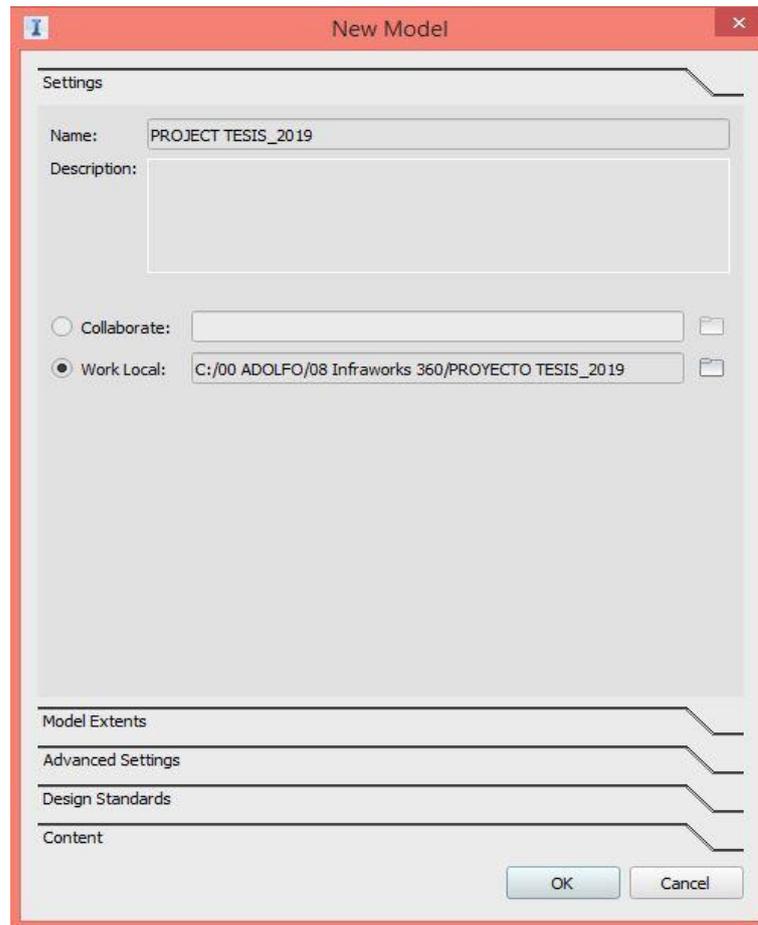


35 Figura 3.1: Interfaz de inicio de INFRAWOKS 2020

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Creación y configuración de un proyecto

Para la creación de un nuevo proyecto se inicia como primer paso con la creación del nombre del proyecto (Figura 3.2), en la etapa de configuración avanzada se ubicará el sistema de coordenadas, categoría y código que vienen a ser el sistema de referencia y datum (el software tiene cargado distintos datum del mundo, en donde solo basta elegir el utilizado en cada huso horario), en el caso del Perú se elegirá el sistema UTM, datum WGS84 y huso 18S, posteriormente se elegirá la norma de diseño válida para nuestro país, en este caso se tiene dos, la AASHTO_Imperial_2011 y AASHTO_Metric_2011, el primero está en el sistema Inglés y el segundo en el sistema métrico, para el proyecto tesis se elegirá la norma AASHTO_Metric_2011 y la dirección de conducción, que en nuestro caso: Lado derecho de la carretera.

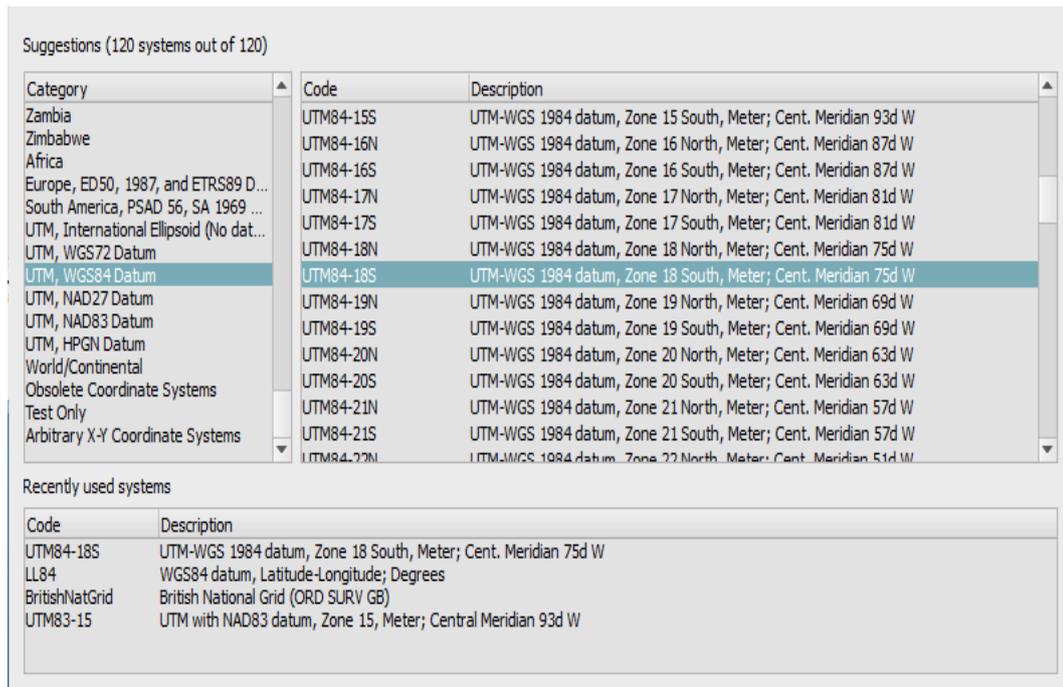


36 Figura 3.2: Nombre el proyecto - Infracworks

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso importante es la georreferenciación del sistema, para ello se configura el sistema de proyección, datum y la zona donde se ubica el proyecto, para el caso del proyecto de tesis se tendrá a UTM como sistema de proyección, WGS84 como datum y finalmente 18S como la zona, quedando finalmente UTM WGS84 -18S tal como la primera descripción que aparece en el cuadro Recently used systems de la Figura 3.3.

Es importante realizar la ubicación del proyecto, ya sea un proyecto de carretera, puente, hidráulico o mixto,



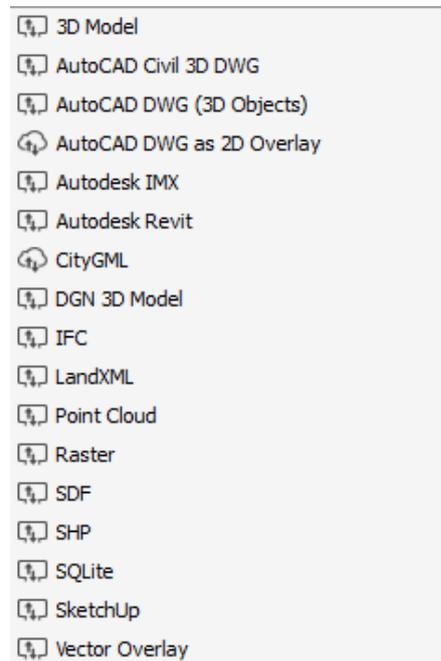
37 Figura 3.3: Configuración de los sistemas de referencia - Infraworks.

Fuente: Elaboración propia

3.2 DESCRIPCIÓN DE ESPECIALIDADES

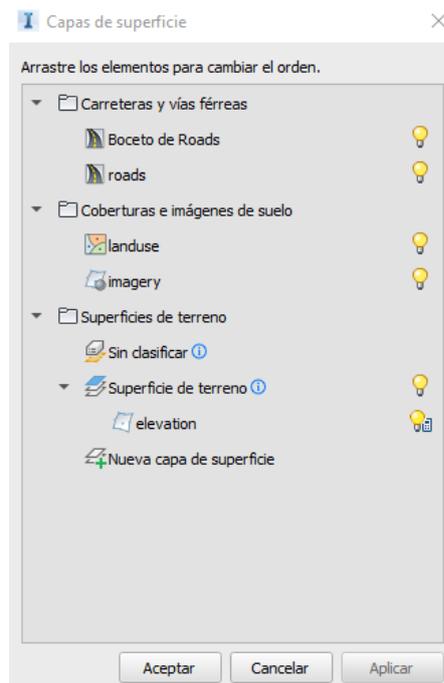
InfraWorks 2020 consta de 4 especialidades, Autodesk InfraWorks 2020, Roadway Design for InfraWorks 2020, Bridge Design for InfraWorks 2020 y Drainage Design for InfraWorks, en donde las cuales se pasará a desarrollar para su mejor entendimiento, donde el primero es un administrador de las otras 3 especialidades.

Infraworks 2020 es un software que tiene la bondad de importar diferentes tipos de archivo como las que se puede ver en la figura 3.4 desde un modelo 3D, archivos propios de AutoCAD Civil 3D, archivos de Revit, Archivos IFC (Industry Foundation Classes, desarrollada por la International Alliance for Interoperability, predecesora de la actual Building Smart) archivo que facilita la interoperatividad entre distintas aplicaciones de software



38 Figura 3.4: Gama de archivos que puede importar Infracore 2020.

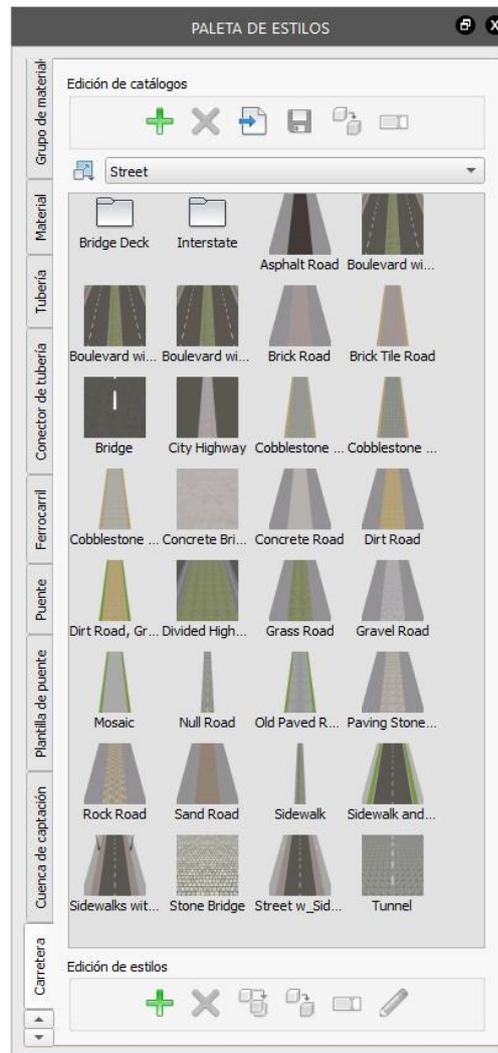
Fuente: Elaboración propia



39 Figura 3.5: Capas que tiene el modelo de Infracore.

Fuente: Elaboración propia

Infraworks 2020, importa archivos de diferentes formatos (Figura 3.4) y estas son adicionados en un mismo modelo a manera de superposición, generando familia de capas tal como se puede apreciar en la Figura 3.5, en donde se tiene Carretera y vías férreas, Cobertura e imágenes de suelo y Superficies de terreno.



40 Figura 3.6: Paleta de Estilos de Infraworks.

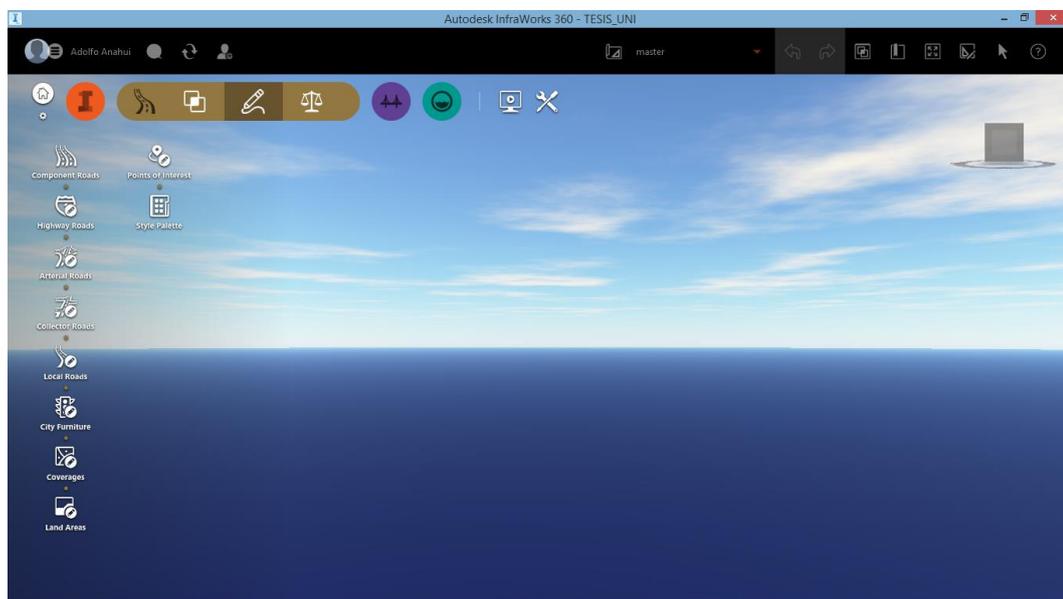
Fuente: Elaboración propia

En la paleta de estilos (Figura 3.6), viene incorporado por defecto estilos de vías, coberturas, estilos de vías férreas, tuberías, y muchas más, que nos proporciona plantillas y estilos para el modelado del proyecto.

3.2.1 Roadway Desing for Infracworks 2020

En la especialidad de diseño de carreteras, se tiene 3 sub ventanas para realizar el modelamiento, análisis, revisión y modificaciones del modelamiento (Figura 3.7), los cuales se mencionan a continuación:

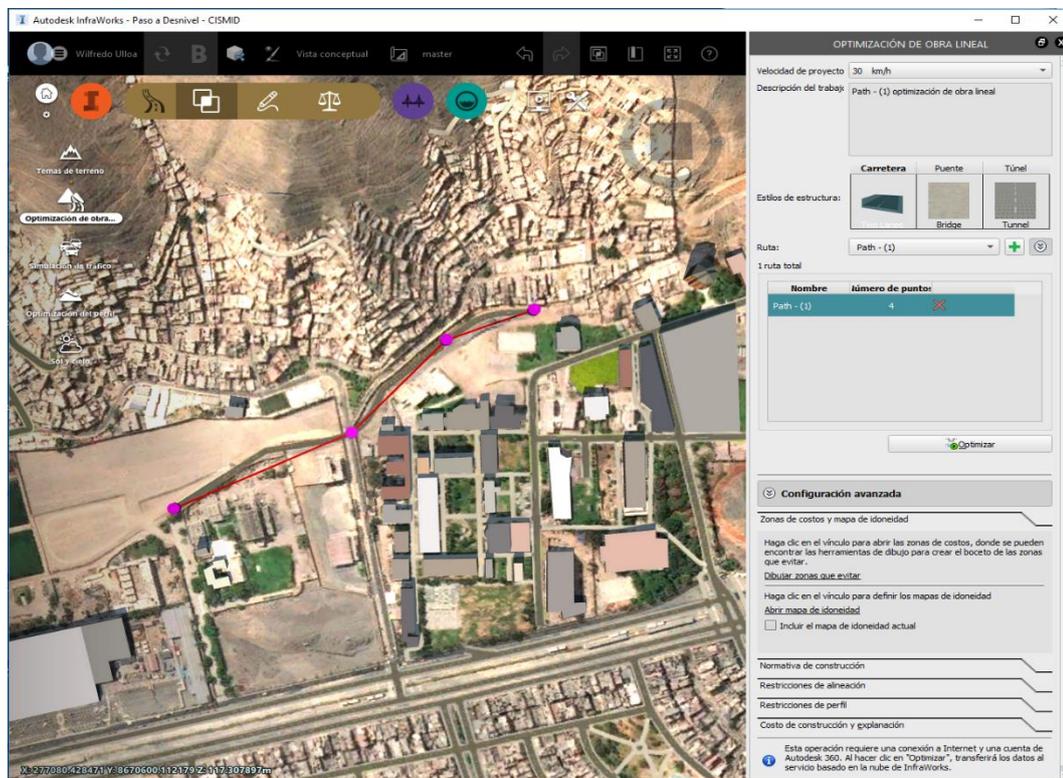
- Análisis: Temas de terreno, Optimización de obra lineal, Simulación de tráfico, Optimización de tráfico y Sol y cielo.
- Diseño y revisión: Autovías, Carreteras arteriales, Vías colectoras, Carreteras locales, Mobiliario urbano, Coberturas, Áreas de terreno, Puntos de interés y paletas de estilos.
- Modificar diseño: Visualización de perfil, Visibilidad, Simulación de tráfico, Opacidad de superficie, Sol y cielo, Optimización de obra lineal, Optimización de perfil, Dibujos de Civil 3D y Monitoreo de tarea.



41 Figura 3.7: Paleta de opciones de la especialidad de CARRETERAS.

Fuente: Elaboración propia

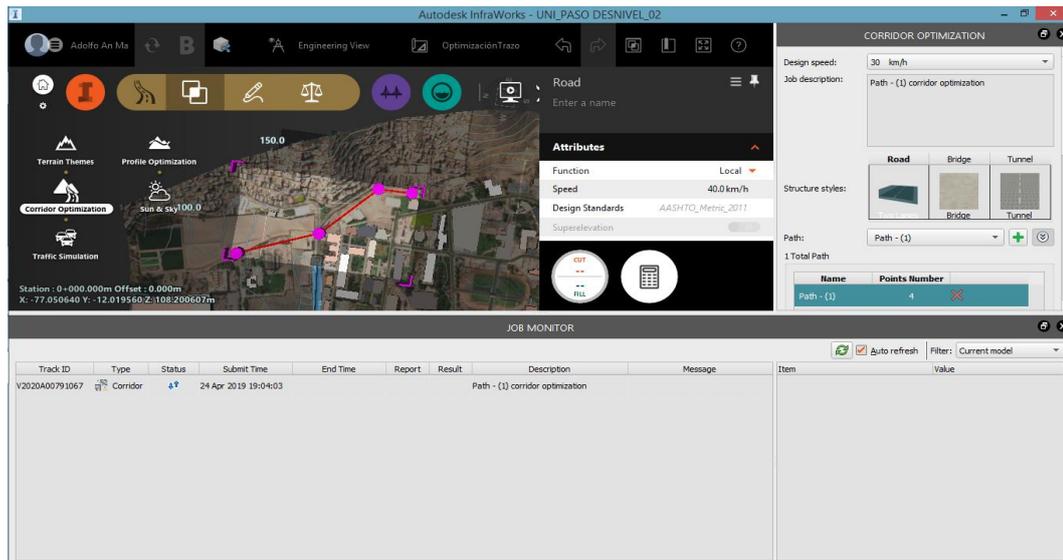
Optimización de obra lineal (Figura 3.8), en esta opción Infracworks puede realizar un trazo optimo, proporcionarle un mínimo de tres puntos en el sector de interés (los puntos de paso obligatorio de paso – puntos morados en la Figura 3.8), en este caso se tomó un tramo en el sector UNI – CISMID, en la que trazara una vía en donde vendría el trazo más óptimo, en donde el movimiento de tierras sea el mínimo, la pendiente máxima, radio mínimo, distancia de visibilidad, etc. cumpla con los parámetros establecidos en la norma AASHTO 2011 el cual se tiene como referencia para el diseño vial Infracworks.



42 Figura 3.8: Trazo con 04 puntos de paso obligatorio en el sector UNI - CISMID – Infracworks.

Fuente: Elaboración propia

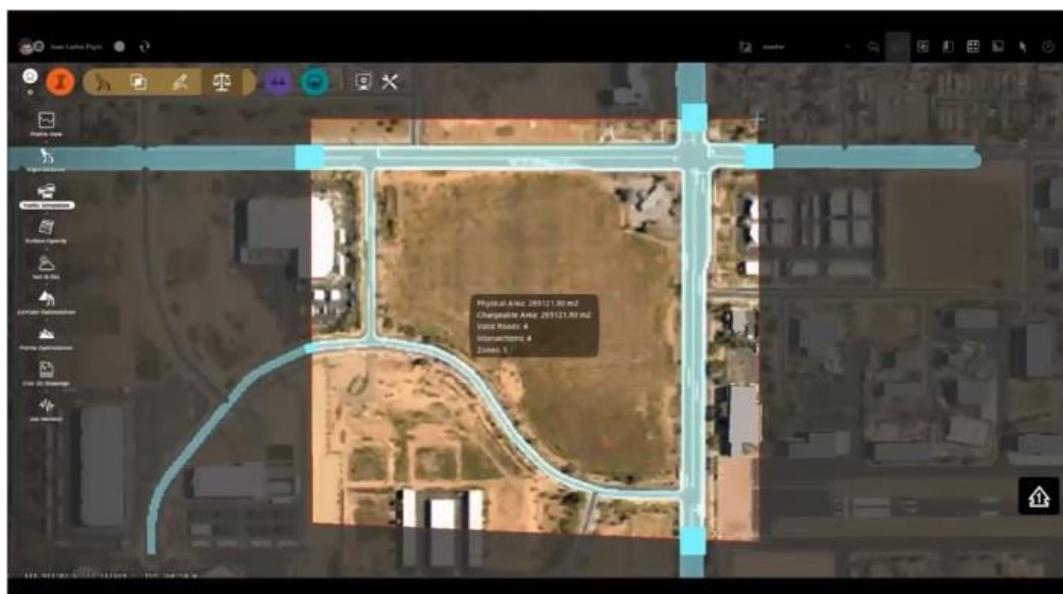
La optimización de trazo, luego de ingresar los parámetros indicados, este se sube a la nube, para luego obtener un archivo con el trazo optimo, adicional a esto se genera un informe sobre el trazo, tal como se puede apreciar en la Figura 3.9.



43 Figura 3.9: Informe de estado del informe de Optimización del trazo - Infraworks.

Fuente: Elaboración propia

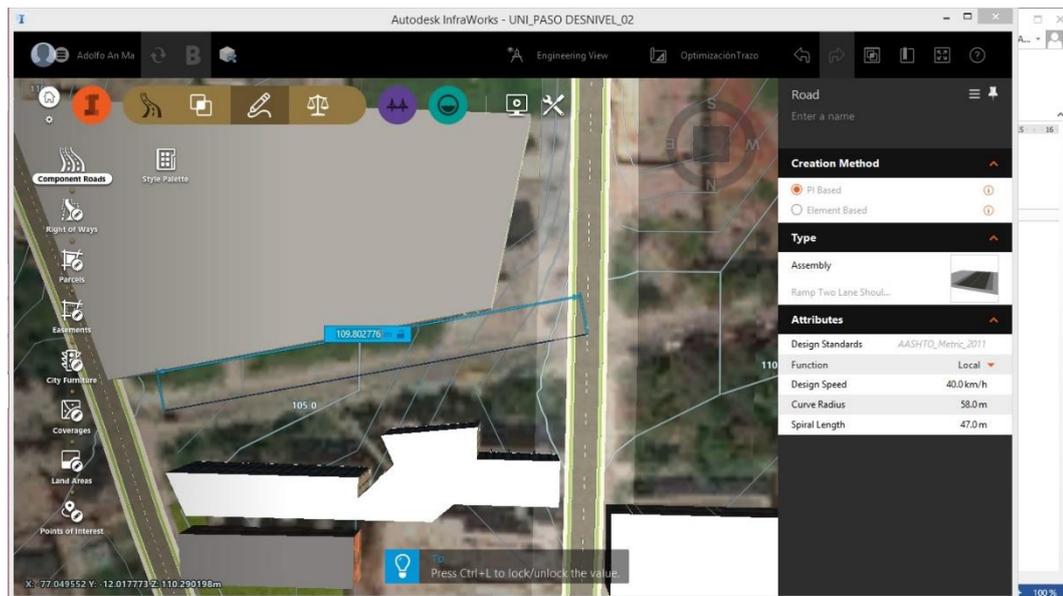
La simulación del tráfico, el software brinda el análisis de tráfico que se puede dar en la intersección o conjunto de intersecciones, en la que el diseñador pueda tomar las decisiones respecto a la colocación de más o menos carriles y la semaforización y sus duraciones en cada sentido, esto puede ver en la Figura 3.10.



44 Figura 3.10: Contorno de simulación de Tráfico - Infraworks.

Fuente: Elaboración propia

Este módulo de Infracworks es para el modelado y diseño de carreteras, por lo que se verá las aplicaciones que tiene; como se puede apreciar en la Figura 3.11 en el módulo de Roadway Desing en el primer, nos brinda la opción de realizar un trazo de vía, así mismo permite elegir el tipo de sección.



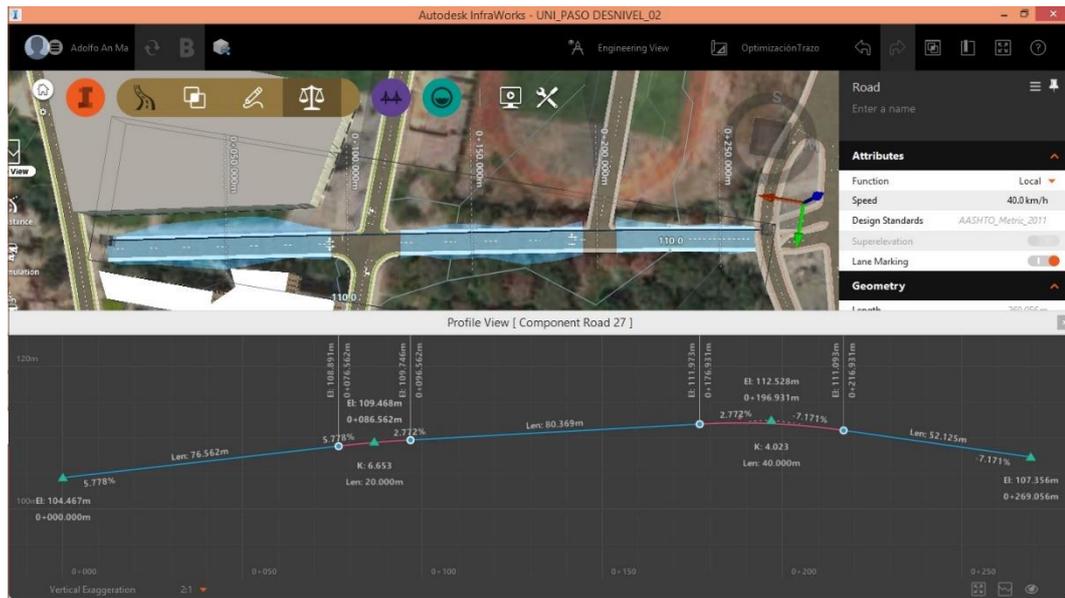
45 Figura 3.11: Trazo de una vía compuesta - Infracworks.

Fuente: Elaboración propia

De igual forma permite visualizar el perfil de la vía y poder realizar modificaciones de acuerdo a pendiente máxima que se pueda tener permitido en la Figura 3.12, del mismo modo se puede apreciar que la curva vertical totalmente paramétrico, esto para poder modificar de acuerdo los reglamentos que rigen.

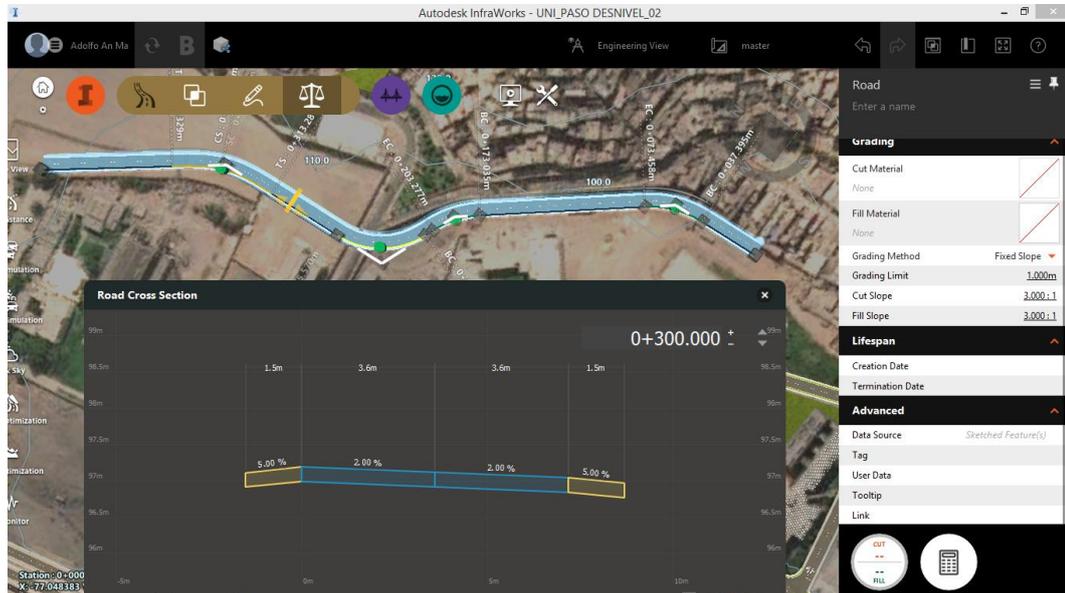
Del mismo modo que puede visualizar las curvas Verificales, de igual forma se puede ver y modificar los elementos de las curvas Horizontales como se ve apreciar en la Figura 3.13, al mismo tiempo se puede apreciar la sección en un determinado punto de la vía, y así poder determinar cómo va quedando la sección de vía para su diseño y posterior puesta en construcción.

Estos fueron algunos de las funciones que tiene infraworks para el modela y diseño de carreteras.



46 Figura 3.12: Trazo de una vía compuesta - Infracworks.

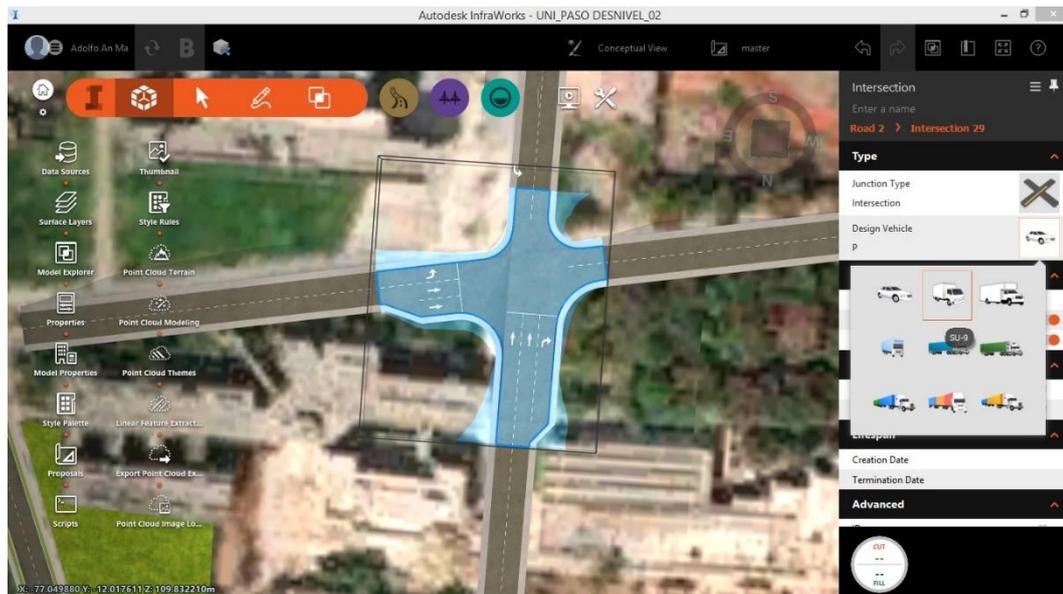
Fuente: Elaboración propia



47 Figura 3.13: Elementos de curva Horizontal y Sección de vía - Infracworks.

Fuente: Elaboración propia

Las intersecciones tanto en la zona urbana como en las zonas rurales, es muy importante su diseño, el software Infracworks también posee funciones parametrizadas para su modelado y diseño de manera rápida tal como se puede ver en la Figura 3.14; cabe indicar que estas intersecciones son en función del vehículo de diseño.



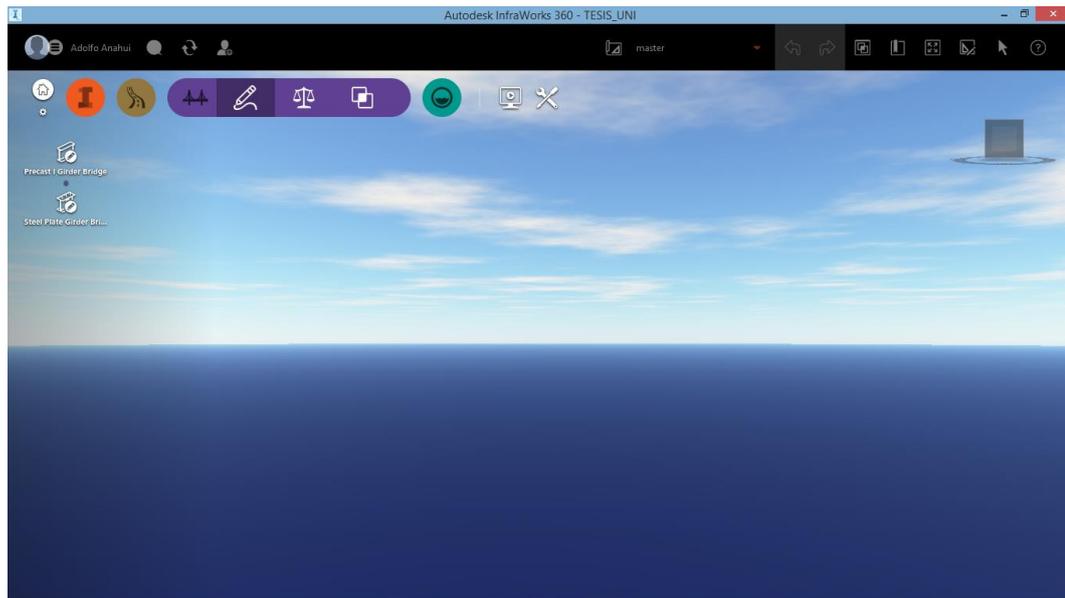
48 Figura 3.14: Modelado y diseño de una intersección en función del vehículo de diseño - Infracworks.

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Bridge Desing for Infracworks 2020

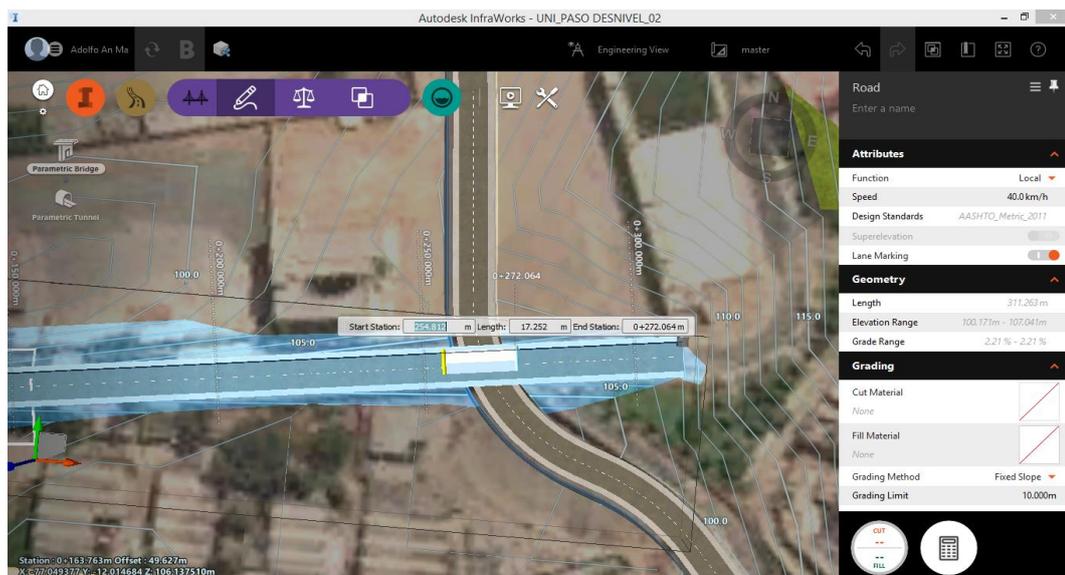
En la especialidad de diseño de puentes se tiene 3 sub ventanas para realizar análisis, diseño revisión y modificar diseño (Figura 3.15), los cuales se mencionan a continuación:

- Análisis: Análisis de líneas de vigas, Cantidades.
- Diseño y revisión: Puente de Vigas en I prefabricadas y Puentes en estructura metálica.
- Modificar diseño: Propiedades Visualización de perfil, Opacidad de superficie y Alternar transparencia de tablero.



49 Figura 3.15: Paleta de opciones de la especialidad de PUENTES
Fuente: Elaboración propia

El módulo de puentes de infraworks, permite pre-dimensionar en un sector de desnivel entre dos tipos de vías un puente paramétrico, como se puede ver en la Figura 3.16a, también se puede sortear de manera transversal un rio. Así mismo Infraworks en el módulo de puentes, permite realizar el análisis de las vigas del puente, como se puede ver en la Figura 3.16b.



50 Figura 3.16a: Definición de la longitud del puente en un paso de desnivel - Infraworks.
Fuente: Elaboración propia



51 Figura 3.16b: Análisis de vigas del puente por Infraworks.

Fuente: Elaboración propia

El módulo de puentes de Infraworks, también proporciona el pre-dimensionamiento de un túnel de concreto tal como se puede ver en la Figura 3.17, en este caso es un paso a desnivel de dos vías.



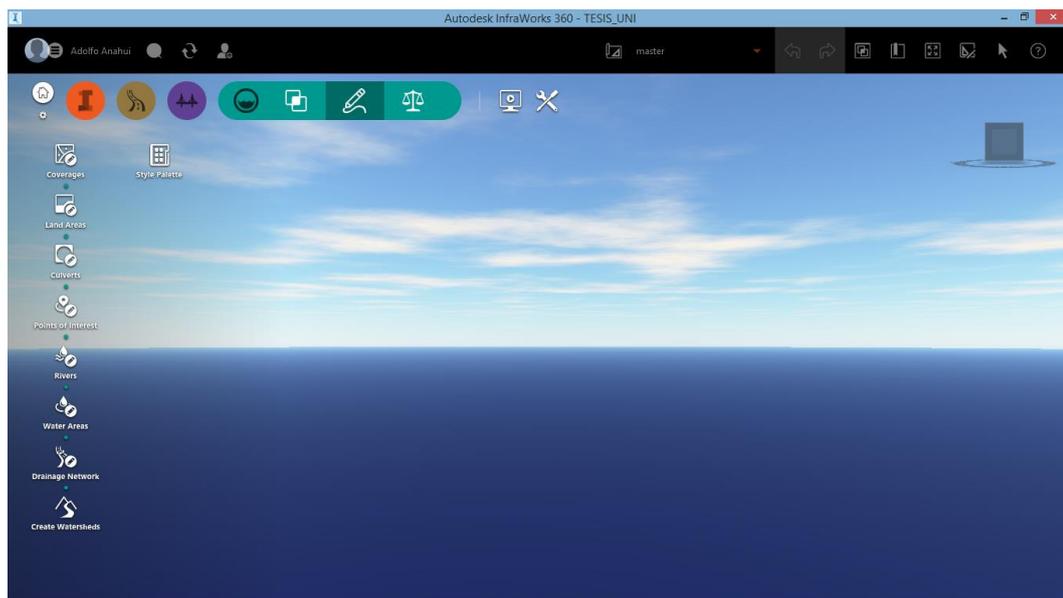
52 Figura 3.17: Definición de la longitud del túnel en un paso de desnivel.

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Drainage Desing for Infraworks 2020

En la especialidad de diseño de drenaje se tiene 03 sub ventanas para realizar análisis, diseño revisión y modificar diseño (Figura 3.18) los cuales se mencionan a continuación:

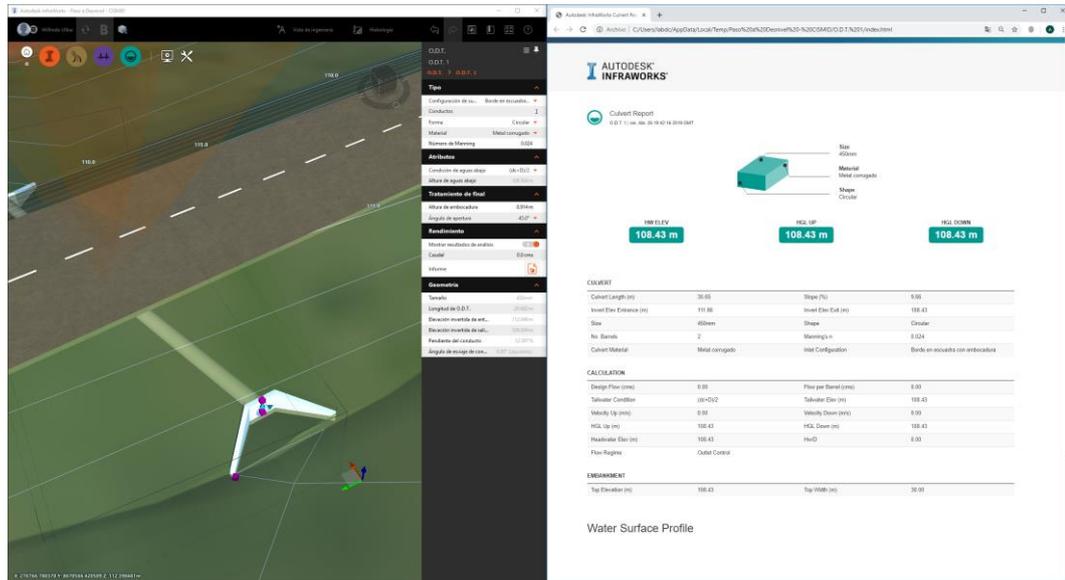
- Análisis: Temas de terreno, Crear cuencas de captación, Capas de superficie, cantidades e Inspeccionar rendimiento.
- Diseño y revisión: Coberturas, Áreas de terreno, O.D.T., Puntos de interés, Ríos, Zonas húmedas, Red de drenaje, Crear cuencas de captación y paleta de estilos.
- Modificar diseño: Capas de superficie, Visualización de perfil, Opacidad de superficie, Distancia de puntos, Distancia del recorrido y Estadísticas de terreno.



53 Figura 3.18: Paleta de opciones de la especialidad de HIDROLOGÍA.

Fuente: Elaboración propia

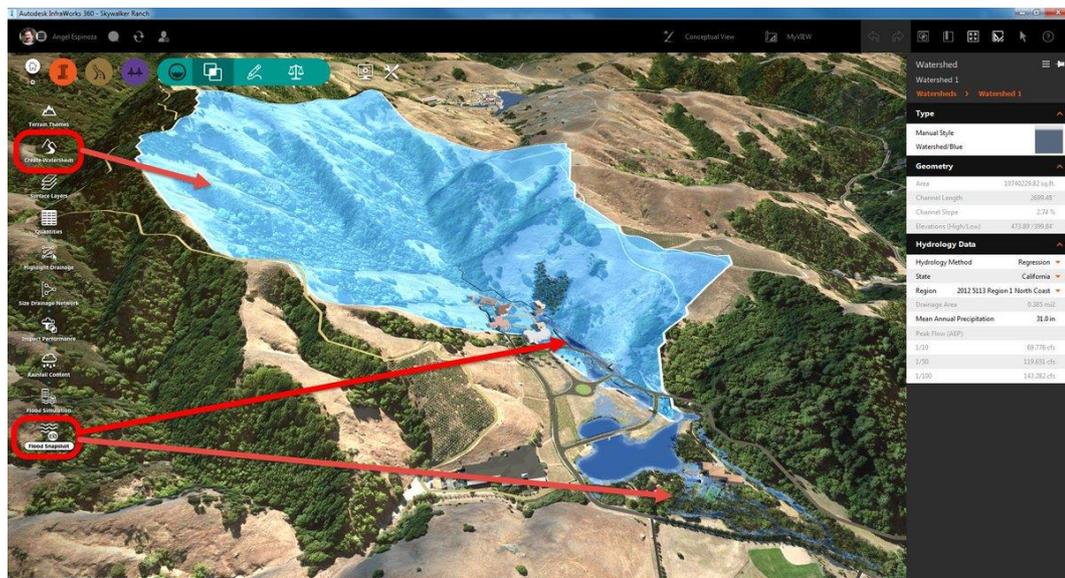
Una de las aplicaciones del módulo de drenaje de Infrafrwork es el pre-dimensionamiento de obras hidráulicas como alcantarillas y a su vez realizar un análisis en función de los parámetros hidráulicos ingresados (Figura 3.19).



54 Figura 3.19: Paleta de opciones de la especialidad de HIDROLOGÍA

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo el módulo de hidrología, permite también la delimitación del área de influencia de una determinada cuenta en función de un punto de interés, necesario para el pre-dimensionamiento de una alcantarilla, puentes; en la Figura 3.20 se puede apreciar el punto de interés.



55 Figura 3.20: Delimitación de Cuenca HIDROLOGÍA con InfraWorks

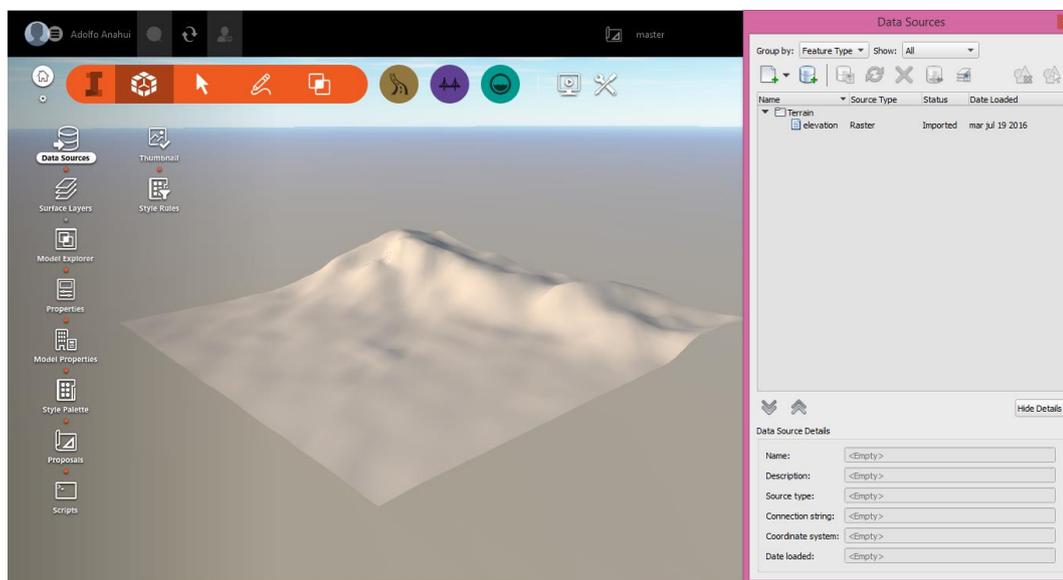
Fuente: Elaboración propia

3.2.4 Superficies

La superficie o terrain viene a ser la representación del relieve topográfica de una determinada área de trabajo, debidamente georreferenciado en donde se modelara los diferentes trazos, puentes y estructuras hidráulicas preliminares.

La superficie de trabajo para el desarrollo de un proyecto puede ser generado de diferentes formas, una de ellas es ingresando generador de modelos Model Builder del mismo software Infracworks 2020 (Figura 3.21, el sector de la UNI - CISMID), en donde se tiene un mapa del Bing Maps de Microsoft de todo el mundo, el cual se encuentra levantamientos satelitales de baja precisión (X, Y error de 1-2m y Z error 5-10m).

Para el proyecto de tesis se utilizará una superficie generada mediante levantamiento fotogramétrico no tripulado el cual se detalla su procedimiento y resultados en el capítulo siguiente. Luego de tener la superficie establecida se importará una ortofoto el cual es obtenida también mediante el levantamiento fotogramétrico no tripulado que también se hablará en el siguiente capítulo, y su obtención de campo.



56 Figura 3.21: Superficie o Terrain - Infracworks

Fuente: Elaboración propia

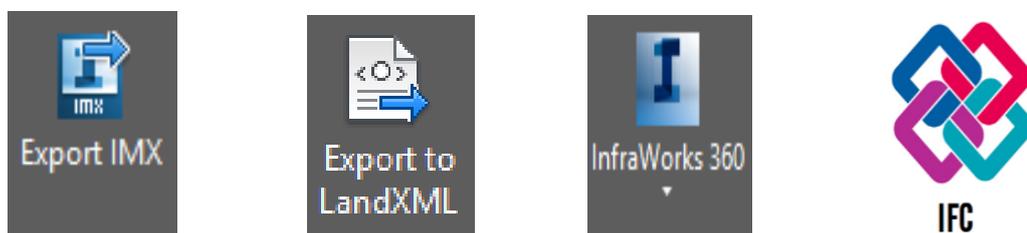
3.2.5 Presentaciones de salida

Los outputs que nos brinda el software InfraWorks 2020 son archivos de extensión *.IMX, *.DWG, *.IFC y *.SQLITE, este último propio del software, los mismos se comunicara con el AutoCAD CIVIL 3D (archivo *.DWG) y así de esta forma poder intercambiar información con cada software. InfraWorks 2020 también proporciona planos en planta y perfil, pero aún no está muy desarrollado, y que para este caso se tendrá que exportarlo a un formato *.DWG para el tema de modificaciones e impresión correspondiente.

3.3 INTERACCIÓN INFRAWORKS 2020 CON CIVIL 3D

Para el desarrollo del proyecto de tesis “Paso a desnivel campus UNI – CISMID” se utilizará los softwares BIM InfraWorks 2020 y AutoCAD CIVIL 3D, el primero para los trazo preliminares y predimensionamientos de infraestructuras adicionales y para la etapa de diseño final, elaboración de planos últimos se utilizara el segundo software.

Para la interacción InfraWorks 2020 y AutoCAD CIVIL 3D se tendrán los archivos de extensión *.IMX, *.XML, *.IFC *.SQLITE (Figura 3.22) para el intercambio de actualizaciones hasta tener un modelado, análisis y diseño final con las aprobaciones de los especialistas y finalmente generar los planos correspondientes.



57 Figura 3.22: Archivos de intercambio entre Infracworks y AutoCAD Civil 3D

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: INFORMACIÓN BÁSICA

En este capítulo se describirá la ubicación del proyecto de tesis, estudios básicos, parámetros topográficos, control horizontal geodésico, levantamiento topográfico tradicional, levantamiento fotogramétrico mediante DRON, plan de vuelo, altura de vuelo, trazo de línea de vuelo, restitución fotogramétrica, diseño geométrico de carreteras y finalmente el estudio de suelos.

4.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO

La ubicación del proyecto de tesis “Paso a desnivel campus UNI – CISMID” se ubica dentro del campus de la Universidad Nacional de Ingeniería al Nor–Este del sector S y el tramo final en el sector del Centro Peruano Japonés de investigación Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) al Sur–Este, tal como se puede apreciar en la figura 4.1.



58 Figura 4.1: Ubicación del proyecto Paso Desnivel Campus UNI-CISMID – Distrito de Rimac –
Provincia de Lima

Fuente: Google Earth

4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La necesidad de realizar el proyecto “Paso a desnivel Campus UNI – CISMID” surge debido a que los Sectores "S" y "T" de la Universidad Nacional de Ingeniería, se encuentran divididos por un límite físico el cual es la Av. Del Carmen que da acceso al asentamiento humano Villa el Ángel, no existiendo por ende una comunicación directa entre ambos sectores.

La elaboración del proyecto se justifica por la necesidad de mejorar y ampliar la Infraestructura Vial de la Universidad Nacional de Ingeniería, facilitando de esta manera la comunicación interna, puesto que actualmente para trasladarse de un sector al otro, hay que tener que salir del campus y mediante la Av. Túpac Amaru poder conectarnos con el sector del CISMID.

La comunicación interna brindará comodidad, seguridad y mayor fluidez entre los alumnos, docentes, personal administrativo y público visitante en general, sobre todo para los vehículos oficiales de la administración, privado y de mantenimiento, especialmente la cisterna que transportan agua desde la Planta de tratamiento de UNITRAR, y así como equipos de carga que se movilizan en ambos sectores de la Universidad Nacional de Ingeniería.

4.3 ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Para los estudios de la topografía del proyecto de tesis; la información revisada para el planeamiento del trabajo topográfico fue lo siguiente:

- Plano UNI
- Mapa de Google Earth
- Informes del Departamento de Topografía – FIC UNI
- Informes del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres - CISMID

Como información adicional se adquirió la siguiente data:

- Coordinada geodésica de la estación base de monitoreo permanente GNSS 001 del Centro Peruano Japonés de investigación Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Los trabajos desarrollados en campo incluyen el levantamiento de información (mediante estación total y DRON) de la franja de vía del proyecto de tesis “Paso a desnivel Campus UNI – CISMID”, a partir del cual se procederá a desarrollar las alternativas de trazo de carretera; los trabajos como la georreferenciación y posterior monumentación de los puntos de control, la nivelación de los puntos de control a partir del BM ubicado en el Departamento de Topografía de la Facultad de Ingeniería Civil, el levantamiento topográfico de la franja de la vía, y los levantamientos topográficos complementarios son las actividades desarrolladas para la elaboración del proyecto.

4.3.1 Puntos de control GPS y Beach Marks (BM's)

La ubicación de los puntos de control GPS, se determinó considerando criterios de visibilidad en tierra y espacial, estabilidad del terreno, facilidad para instalación de los instrumentos y principalmente buscando que no sea eliminado durante el proceso de ejecución de las obras. Estos puntos fueron ubicados a lo largo de toda la longitud de la vía del proyecto.

Los puntos de control fueron debidamente monumentadas, para tal objetivo se enterraron probetas de concreto (h: 0.30m, D: 0.15m) y compactada en su alrededor de tal forma que no sufra desplazamiento en planta y elevación alguno y de esta forma poder conservar nuestro punto de control inalterado durante el proceso del proyecto.

En cuanto al Beach Mark (BM) se utilizó el que se encuentra en el Departamento de Topografía de la Facultad de Ingeniería Civil el cual se ubica en el sector J1 de la Universidad Nacional de Ingeniería; el Ministerio de Transportes y Comunicaciones mediante sus términos de referencia comúnmente utilizadas, se recomienda colocar un Beach Mark (BM) cada 500m, en el caso del proyecto se

tiene una longitud de tramo de aproximadamente 300m, por lo que solo bastara la utilización de un solo BM. Mediante este BM del Departamento de Topografía se procedió a realizar los trabajos de nivelación de los puntos de control antes seleccionados.

En esta etapa se distribuyó los puntos de control a cada 0.08 Km aproximadamente, las mismas que fueron debidamente georreferenciadas mediante el equipo de GPS diferencial (Figura 4.2) y este ejecutado en modo Estático. El tiempo de estacionamiento del equipo fue de 1 hora, con el cual se garantiza la precisión horizontal (X, Y) y en cuanto a la precisión vertical (Cota Z) si bien mediante este método se tiene un error de 5 cm, para evitar tal magnitud de error se procedió a la nivelación geométrica a partir del BM (BM: 108.255 msnm) del Departamento de Topografía.



59 Figura 4.2: Ubicación de los puntos de control - Paso Desnivel Campus UNI-CISMID.

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.1 Control Horizontal Geodésico

Para el control Horizontal, se utilizó el equipo GPS diferencial en modo Estático, El trabajo en modo ESTATICO consiste en ubicar el equipo GPS diferencial Master (BASE), en un Punto Geodésico con las coordenadas conocidas y debidamente certificadas, para este proyecto se utilizó el Punto GNSS 001 del CISMID de orden “B” (Orden que clasifica el Instituto Geodésico del Perú – IGN, Tabla 4.1), ubicado al costado de la “canchita de futbol” del Centro de Investigación, esto ubicado en el distrito de Rimac y provincia de Lima en el departamento de Lima, perteneciente Centro Peruano Japonés de investigación Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID).

La ubicación, nomenclatura y posterior monumentación de dichos puntos fueron establecidos de forma ascendente en la dirección en que aumenta las progresivas (Sur a Norte), los mismos que se muestran en la tabla 2.1:

2 Tabla 4.1: Puntos de control

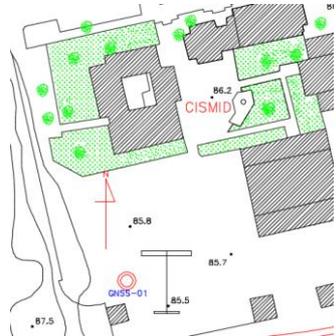
Fuente: Elaboración propia

Nro	Nombre	Ubicación Referencial
1.-	P-01	Inicio de tramo
2.-	P-02	Costado de canchita - Electrónica
3.-	P-03	Costado de nuevo laboratorio - Sistemas
4.-	P-04	Patio de almacén de proyecto
5.-	P-05	Costado de edificio IPEGA
6.-	P-06	Parte media de la explanada ex OAS
7.-	P-07	Costado de CISMID

A cada punto de control se le realizo una ficha de descripción de estación, el cual contiene sus correspondientes coordenadas y una descripción breve del punto tal como se puede ver en la ficha GNSS 001 (Tabla 4.2) de la estación base del CISMID.

3 Tabla 4.2: Ubicación de estación base – CISMID

Fuente: Elaboración propia

GNSS 001 CISMID			
COORDENADA GEOGRAFICA		COORDENADA GEODESICAS U.T.M.	
LATITUD (S)	12°00'50.83999"	NORTE (Y)	8,671,052.5650
LONGITUD (W)	77°03'03.57978"	ESTE (X)	276,698.3923
COTA ORTOMETRICA	104.8884	ZONA UTM	18
COTA ELIPSOIDAL	128.1372	ORDEN	B
CROQUIS:		FOTO:	
			
DESCRIPCIÓN:			
<p>La estación GNSS 01 CISMID, esta ubicada Sur-Oeste del sector Centro Peruano - Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigaciones de Desastres - CISMID en la Av. Tupac Amaru N° 1150 Rimca - Lima</p>			
MARCA DE ESTACIÓN:			
<p>La estación base GNSS 001 del CISMID está compuesta por las siguientes partes: antena geodésica, receptor, y torre o pedestal. La antena y el receptor son de marca TRIMBLE modelos ZEPHYR y NETR9 respectivamente. Un reticulado con secciones de ángulos de acero de 3"x3"x 3/16" (sección promedio) conforma la torre de 5 m de altura (ver Foto).</p>			
<p>Datum Geodésico: WGS84, Parámetros de Proyección: Hemisferio Sur, Zona 18 Plano de Proyección UTM (Universal Transverse Mercator), con coordenadas Geográficas 00°00'00" Latitud Sur y -75°00'00" Longitud Oeste de Greenwich Factor de reducción combinado a lo largo de la longitud de origen: 1.000930650037 Plano de Proyección: Nivel medio del mar.</p>			

En el capítulo de Anexos (Anexo I) se presenta un informe completo y detallado del control geodésico (fichas de los puntos y cálculos) de cada uno de los 7 puntos de control.

4.3.2 Levantamiento Topográfico Tradicional

Esta metodología de levantamiento es el más conocido en el ámbito de la elaboración de proyectos y construcción, el cual consiste primeramente en la georreferenciación de los puntos de control de la poligonal abierta (en obras lineales como carreteras, irrigaciones, se suele utilizar una poligonal abierta) en donde el alineamiento se apoya para su respectivo trazo.

El binomio GPS diferencial y Estación Total (Figura 4.3), en donde el primero proporcionara la georreferenciación de los puntos de control y/o apoyo y el segundo para desarrollar la nube de puntos del detalle de terreno, en donde los puntos control nos permite la orientación y ubicación de la estación total. Los puntos de control se colocaron a lo largo del tramo (07 Puntos - Figura 3.2) para lo cual se utilizará una antena GPS Trimble ZEPHYR con su receptor NetR9 (Base) y una antena GPS NovAtel-702-GG (Rover) de doble frecuencia (L1/L2) con una configuración de máscara de elevación de 10° , con intervalos de grabación de 1", el tiempo de observación para cada punto de control del proyecto fue de 1:00 hora, debido a que la distancia entre el punto Base (CISMID GNSS-001) conocido y el punto de proyecto por conocer es relativamente corta.



60 Figura 4.3: Equipos estación total (Izquierdo) y GPS diferencial (Derecho).

Fuente: Elaboración propia

El sistema de referencia que se utilizara fue el Elipsoide WGS84 (World Geodetic System 1984) y los parámetros se muestran en la Tabla 4.3 y Tabla 4.4; y el

Sistema de Proyección UTM (Universal Transversal Mercator) y el Modelo Geoidal EGM2008 (Earth Gravitational Model 2008), este último para el cálculo de corrección de las elevaciones.

4 Tabla 4.3: Parámetros de Datum WGS84

Fuente: Proyecto de Normas Técnicas de Levantamientos Geodesicos (IGN)

Semieje Mayor	a	6378137 m
Velocidad Angular de la Tierra	w	$7292115 \times 10^{-11} \text{ rad/seg}$
Constante Gravitacional Terrestre	GM	$3\,986\,005 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{seg}^2$
Coficiente armonico zonal de 2° grado del geopotencial	J_2	$C_{2,0} = 484.166685 \times 10^{-6}$

5 Tabla 4.4: Constantes geométricas derivadas

Fuente: Proyecto de Normas Técnicas de Levantamientos Geodesicos (IGN)

Semieje Menor	b	6 356 752.300 m
Primera Excentricidad al Cuadrado	e^2	0.006 694 379 990 13
Segunda Excentricidad al Cuadrado	e'^2	0.006 739 496 775 48
Achatamiento	f	0.003 352 810 664 74
Recíproco del Achatamiento	f^{-1}	298.25722356

En el proyecto de tesis se utilizará como punto Base el GNSS 001 del CISMID, una estación de monitoreo permanente.

El BM (Bench Mark) 108.255, fue la del Departamento de Topografía de la Facultad de Ingeniería Civil, el cual fue llevado a cada punto de control mediante una nivelación geométrica (En la Figura 4.4 se muestra el nivel de ingeniero - Nivel PENTAX AFL-320), y en la Tabla 4.5 y Tabla 4.6 se muestra la nivelación correspondiente.

6 Tabla 4.5: tabla de nivelación de IDA

Fuente: Elaboración propia

Ptos	L (+) Atrás	IDA	L(-) Adelante	Cota	Descripción
BM				108.255	BM
001	1.397		1.814	107.838	
002	1.397		1.825	107.410	
003	0.950		1.701	106.659	
004	0.895		2.147	105.407	
005	0.423		1.822	104.008	
006	0.916		1.966	102.958	
007	0.943		1.348	102.553	Pto-01
008	0.780		2.222	101.111	Pto-02
009	1.213		1.481	100.843	
010	1.489		1.875	100.457	Pto-03
011	0.705		1.563	99.599	
012	1.224		1.128	99.695	Pto-04
013	1.715		1.452	99.958	Pto-05
014	1.351		1.590	99.719	
015	1.370		1.449	99.640	
016	1.438		1.432	99.646	Pto-06
017	1.364		3.483	97.527	Pto-07

7 Cuadro 4.6: tabla de nivelación de VUELTA

Fuente: Elaboración propia

Ptos	L (+) Atrás	VUELTA	L(-) Adelante	Cota	Cota Correg.
BM				97.527	97.527
1	1.338		0.934	97.931	97.931
2	2.004		0.955	98.98	98.98
3	1.824		0.425	100.379	100.379
4	2.051		0.798	101.632	101.632
5	2.116		1.365	102.383	102.383
6	1.627		1.198	102.812	102.812
7	1.617		1.203	103.226	103.226
8	2.1		0.661	104.665	104.665
9	1.578		1.31	104.933	104.933
10	1.832		1.443	105.322	105.322
11	1.508		0.65	106.18	106.18
12	1.155		1.251	106.084	106.084
13	1.345		1.608	105.821	105.821
14	1.534		1.296	106.059	106.059
15	1.436		1.361	106.134	106.135
16	1.42		1.425	106.129	106.13
17	3.462		1.335	108.256	108.257

Luego de la nivelación, el paso siguiente es el cálculo del ERROR permisible para nuestra nivelación. En este caso se utilizará la fórmula siguiente:

$$E_{max} = e\sqrt{k}$$

Donde:

E_{max} : Error máximo tolerable (metros)

E: Error kilométrico (metros)

K: Numero de kilometros

Para nuestro proyecto de tesis se tiene:

Donde:

D: 0.50 Km (Longitud de tramo nivelado en Km)

8 Tabla 4.7: Tabla de precisiones

Fuente: Elaboración propia

1.-	Nivelación Aproximada		$0.10 \cdot \text{Raiz}(D)$	D:Km	0.071 m
2.-	Nivelación Ordinaria		$0.020 \cdot \text{Raiz}(D)$	D:Km	0.014 m
3.-	Nivelación Precisión		$0.01 \cdot \text{Raiz}(D)$	D:Km	0.007 m
4.-	Nivelación Alta precisión		$.004 \cdot \text{Raiz}(D)$	D:Km	0.003 m

Realizando una diferencia entre el punto BM (ubicado en el Departamento de Topografía) de ida con una cota de 108.255 msnm y el punto 17 de vuelta con una cota de 108.256 msnm, haciendo una diferencia entre el BM y el punto 17 se obtiene un error de 0.001 y según la tabla 3.7 está dentro de una nivelación de alta precisión; este error se tendrá compensar de manera proporcional entre cada punto de cambio realizado en la nivelación, pero como el error es tan pequeño (una unidad de milésima), se decide por compensar de manera directa en el punto número 15 de vuelta, esto por haber tenido problemas de tráfico de vehículos que pudieron inducirnos al error; con esta modificación se da por corregido la nivelación de los puntos de control.



61 Figura 4.4: Proceso de nivelación geométrica, con un Nivel de Ingeniero.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se realiza la Tabla 4.8 a manera de resumen de los trabajos realizados, tanto en la georreferenciación como la nivelación de cada punto de control a lo largo del tramo del proyecto de tesis.

9 Tabla 4.8: Tabla resumen de coordenadas y cota de los puntos de control.

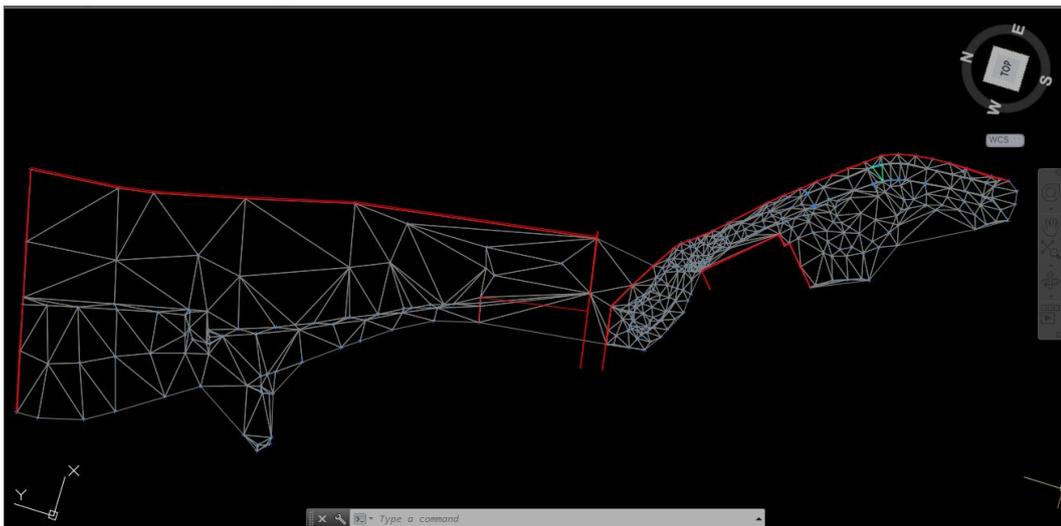
Fuente: Elaboración propia

Punto	Latitud	Longitud	Altura Topografica
Pto01	-12°00'59.4553"	-77°02'53.3874"	94.298
Pto02	-12°00'57.2177"	-77°02'54.0689"	92.856
Pto03	-12°00'54.4130"	-77°02'55.8858"	92.202
Pto04	-12°00'53.7167"	-77°02'58.1482"	91.440
Pto05	-12°00'50.80892"	-77°02'57.7366"	91.703
Pto06	-12°00'46.2246"	-77°02'59.1068"	91.391
Pto07	-12°00'46.0508"	-77°03'00.5093"	89.272

Paso siguiente es la obtención de la nube de puntos en campo, las cuales no se distanciaran a más de 10 metros y si el relieve cambia drásticamente entonces las distancias entre puntos serán menores (DG 2014). Mediante el equipo de Estación Total (Topcon GPT-3107 W) de 1" de precisión, se medirán ángulos, distancias y cotas a los puntos, la metodología será por radiación a partir de los vértices se la poligonal cuyas coordenadas topográficas, que en nuestro caso son los puntos de control debidamente georreferenciados y niveladas para el control planimétrico y altimétrico respectivamente; para su representación en las tres coordenadas (N, E, h) y su respectiva descripción de los mismos; para el levantamiento topográfico no se utilizó el sistema laser que tiene incorporado el equipo de estación total.

En la etapa de gabinete se utilizara el software AutoCAD Civil 3D en el cual se elabora la red o triangulación de puntos TIN (Triangulated Irregular Networks), o DTM (Digital Terrain Modelling) los cuales se utilizarán para la generación de las respectivas curvas de nivel.

Para su mejor representación, la ubicación y densidad de los puntos serán verificadas mediante el TIN o DTM (Figura 4.5), asimismo la unión de la nube de puntos será revisada y depurada para su mejor representación.



62 Figura 4.5: TIN del levantamiento topográfico con estación total

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Levantamiento Fotogramétrico Mediante DRON

Esta metodología de levantamiento fotogramétrico no tripulados es un tanto reciente, esto desde la aparición de los vehículos de vuelo no tripulados que tienen incorporados sistemas de posicionamiento global (GPS) y una cámara.

Entonces teniendo una posición de referencia global, se podrá trazar líneas de vuelo de una determinada zona del planeta sin excepción y mediante la cámara adaptada en la parte inferior (el eje de la cámara paralelo a la gravedad), se podrá realizar levantamientos fotogramétricos mediante DROM. El DRON utilizado para este proyecto fue un PHANTOM 3 PRFESSIONAL de la marca DJI tal como se puede apreciar en la Figura 4.6. Es un Dron multirrotores (cuadricóptero) de despegue vertical



63 Figura 4.6: DRON Phantom 3 Professional DJI.

Fuente: Elaboración propia

Características del DRON Phantom 3 Professional con el cual se realizó los vuelos para la toma de fotos, se presenta en la Tabla 4.9.

10 Tabla 4.9: Datos de DRON Phantom 3 Professional.

Fuente: DJI

Aircraft

Weight (Including Battery)	1280 g
Max Ascent Speed	5 m/s
Max Descent Speed	3 m/s
Max Speed	16 m/s (ATTI mode, no wind)
Max Service Ceiling Above Sea Level	19685 feet (6000m) (Software altitude limit: 400 feet above takeoff point)
Max Flight Time	Approximately 23 minutes
Operating Temperature Range	0°C to 40°C
GPS	GPS/GLONASS

Gimbal

Controllable Range	Pitch: -90° to +30°
--------------------	---------------------

Vision Positioning

Velocity Range	<8 m/s (Altitude 2m)
Altitude Range	30 cm-300cm
Operating Range	30 cm-300cm Surface with clear pattern and adequate lighting
Operating Environment	(Lux>15)

Camera

Sensor	Sony EXMOR 1/2.3" Effective pixels: 12.4M (Total pixels: 12.76M)
Lens	FOV (Field Of View) 94° 20 mm (35 mm format equivalent) f/2.8
ISO Range	100-3200 (video) 100-1600 (photo)
Electronic Shutter Speed	8 s - 1/8000 s
Image Max Size	4000x3000
Still Photography Modes	Single shot Burst shooting: 3/5/7 frames Auto Exposure Bracketing (AEB): 3/5 bracketed frames at 0.7v Bias Time-lapse
Video Recording Modes	UHD: 4K (4096x2160) 24/25p, 4K (3840x2160) 24/25/30p FHD: 1920x1080 24/25/30/48/50/60p HD: 1280x720 24/25/30/48/50/60p
Max Bitrate of Video	
Storage	60 Mbps
Supported File Systems	FAT32 (≤32 GB) ; exFAT(>32 GB)
Photo	JPEG, DNG (RAW)
Video	MP4/MOV (MPEG-4 AVC/H.264)
Supported SD Card Types	Micro SD, Max capacity: 64GB. Class 10 or UHS-1 rating required
Operating Temperature Range	0°C to 40°C

Remote Controller

Operating Frequency	2.400 GHz-2.483 GHz
	FCC Compliant: 16,400 feet (5 Km); CE Compliant:
Max Transmssion Distance	11.483 feet (3.5 Km) (unobstructed, free of interference)
Video Output Port	USB
Operating Temperature	
Range	0°C to 40°C
Battery	6000 mAh LiPo 2S
Mobile Device Holder	Tablets and smartphones
Transmitter Power (EIRP)	FCC: 20 dbm; CE: 16 dbm
Working Voltage	1.2 A @7.4 V

Charger

Voltage	17.4 V
Rated Power	100 W

Intelligent Flight Battery (PH3-4480 mAh-15.2 V)

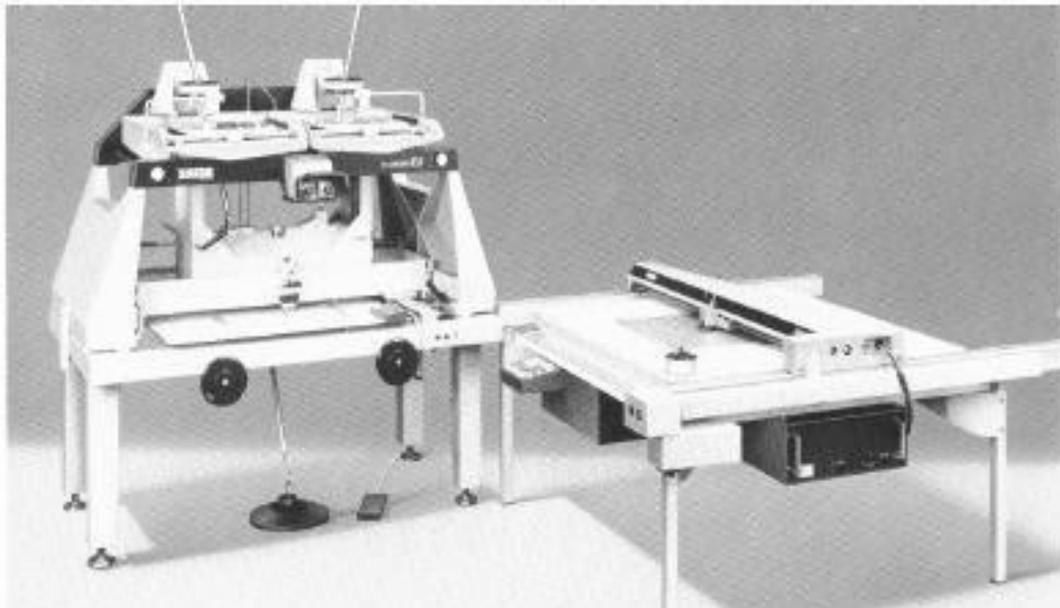
Capacity	4480 mAh
Voltage	15.2 V
Battery Type	LiPo 4S
Energy	68 Wh
Net Weight	365 g
Operating Temperature	-10°C to 40°C
Max Charging Power	100W

Los avances en informática acontecidos en la última década han permitido el avance de la fotogrametría hasta su fase actual, la fase digital. Han sido necesarios avances de la informática tanto en el terreno del hardware como del software figura 4.7b.

La fotogrametría digital está reemplazando a la fotogrametría analógica y analítica tradicional mediante placas o fotogramas, las ventajas de una fotogrametría digital:

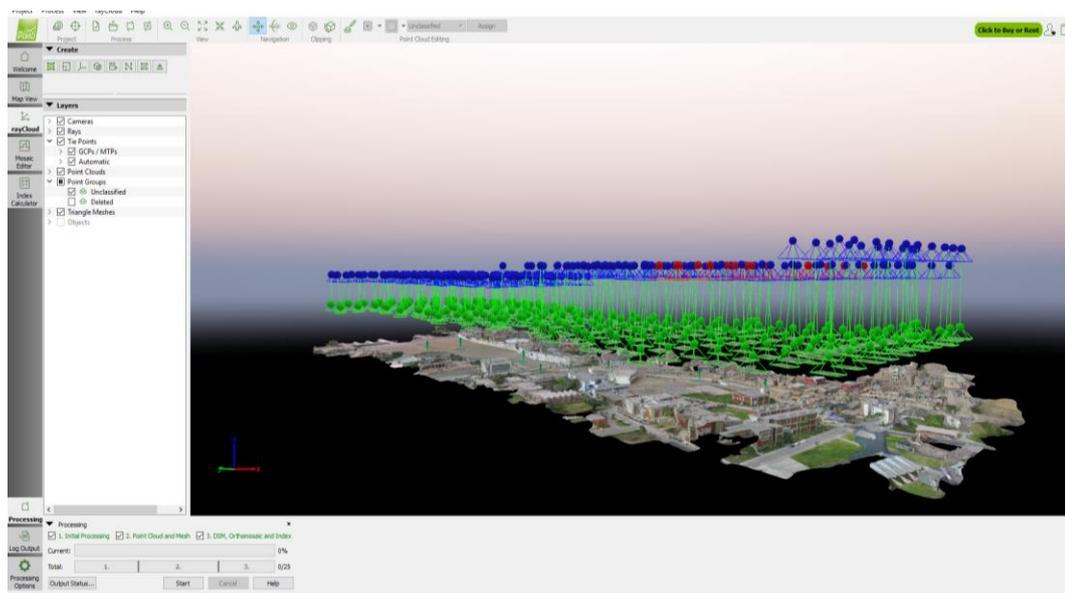
- Estabilidad dimensional de las imágenes (no les afecta el medioambiente, no hay una manipulación física) y estabilidad en el sistema de medida ya que necesita calibración.
- Visualización, no hay requerimientos ópticos/mecánicos. Las imágenes pueden ser visualizadas y medidas mediante hardware estándar, esto acorde a la calidad.
- Tratamiento de las imágenes, se puede aplicar realce de la imagen (ajustar niveles de brillo y contraste) para optimizar la visualización.
- Automatización en los distintos procesos fotogramétricos.
- Los productos derivados son también obtenidos en formato digital, a escala apropiada requerida.
- Su operación requiere de poco personal.
- Se generan planos topográficos sin pérdida de detalles, mayor precisión.
- Menores costos para levantamientos de áreas mayores a 10Ha. en paquetes de imágenes de contacto o superiores a 100Ha. para imágenes digitalizadas

Los restituidores analíticos continúan trabajando con positivos fotográficos pero sus dimensiones y pesos son bastante más reducidos que las de los restituidores analógicos, a pesar de que siguen exigiéndose altas prestaciones en la construcción óptico-mecánica.



64 Figura 4.7 a: Restitución Analógico ZEISS modelo Planicart.
Fuente: https://www.pinterest.com/diego_mestre/restituidores-fotogrametricos/

En la actualidad existen diferentes softwares para la restitución de fotografías digitales, para la tesis se utilizó el software PIX4D mapper Pro el cual cómo se puede ver en la figura 4.7b las fotos en una restitución debidamente georreferenciado



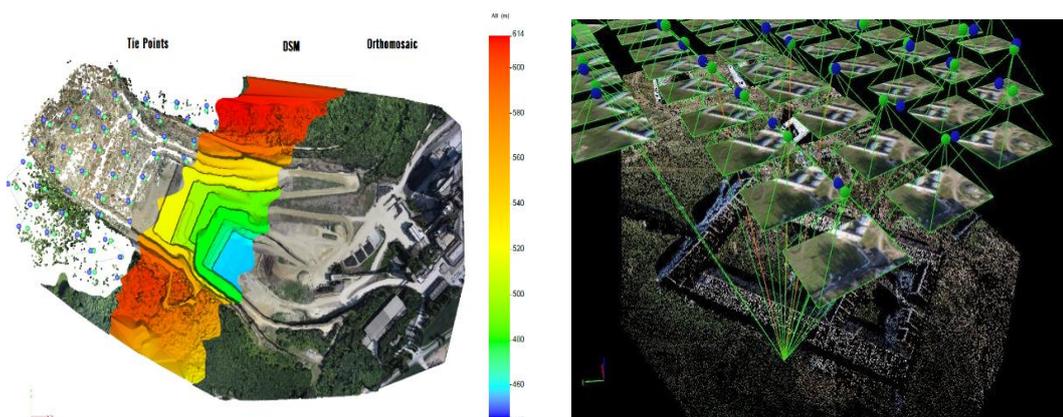
65 Figura 4.7 b: Restitución Digital PIX4D
Fuente: Elaboración propia

En la etapa de planificación, hay que tener en cuenta todos los factores que inciden en el vuelo para evitar atrasos, errores y cambios de planes en los momentos críticos del vuelo.

El proyecto fotogramétrico no tripulado se divide en tres fases:

- Planificación del vuelo que debe seguirse para poder tomar todas las fotografías aéreas y cubrir (con los traslapes correspondientes) toda el área del proyecto; en este caso sería el plan de vuelo.
- Planificación del control terrestre de georreferenciación (Puntos de control), así como la ejecución de todos los trabajos topográficos que satisfagan la precisión requerida por el proyecto.
- Estimación de los costos que conlleva el proyecto.

A partir del proyecto fotogramétrico no tripulado se podrá obtener diversos productos, incluyendo los archivos de las fotografías aéreas, ortofotos, mosaicos, mapas topográficos (planimetría y altimetría), nube de puntos, perfiles transversales, modelos digitales del terreno, mapas catastrales, tal como se puede apreciar en la Figura 4.8.



66 Figura 4.8: Tie points, DSM, Orthomosaic y Nube de puntos.

Fuente: Manual Pix4D mapper 2.1

4.3.3.1 Plan de Vuelo

Es la fase principal del proyecto, ya que el éxito final de cualquier proyecto fotogramétrico depende más de las fotografías de buena calidad que de otros aspectos.

Se llama plan de vuelo al conjunto de cálculos previos a la realización de un vuelo fotogramétrico, mediante los cuales se organiza las operaciones para conseguir el fin propuesto con las condiciones que se han establecido.

El plan de vuelo fotogramétrico tiene por objeto:

- Sobrevolar el área de trabajo a una altitud que debe calcularse en función de la escala deseada y de la distancia principal de la cámara.
- Cubrir con imágenes la zona de trabajo y para ello es preciso que cada fotografía tenga una zona en común o traslape con las contiguas.
- En la precisión de los resultados, será determinante la densidad y precisión de los puntos de control en tierra.
- Garantizar que los puntos de control este dentro del área de vuelo planificado.

Para el cumplimiento de estos objetivos, el DROM volará a una altitud constante, siguiendo una ruta predeterminada (líneas de plan de vuelo) y a una velocidad constante, para poder realizar sus disparos con intervalos regulares, que corresponden a recorridos iguales.

En la planificación de un vuelo existen una serie de decisiones tales como la escala del plano, formatos de los fotogramas, proyección del plano y elipsoide, que han de tenerse en cuenta a la hora de organizar el planeamiento, ya que afectan a las condiciones del vuelo y calidad del proyecto.

4.3.3.2 Trazo de Línea de Vuelo

El vuelo fotogramétrico del área de trabajo, se realizó mediante pasadas paralelas y todos de la misma altura, en este caso a 50m de altura.

En esta etapa de trazo de las líneas de vuelo se procede mediante el software Map Pilot for DJI, mediante una poligonal cerrada (puntos naranjas figura 4.9) el cual tendrá que abarcar toda la zona de trabajo; el software tiene cargado un mapa de todo el mundo y mediante este se georreferencia los vértices de la poligonal cerrada, el paso siguiente es darle un punto de partida (punto morado figura 4.9), el software trazara automáticamente las líneas de vuelo para el proyecto en función de la altura del vuelo (implícitamente para mantener los traslapes transversales y longitudinales), pero estos pueden ser modificados por el usuario antes de iniciado el vuelo.



67 Figura 4.9: Plan de vuelo con el software Map Pilot for DJI en el área del Proyecto.

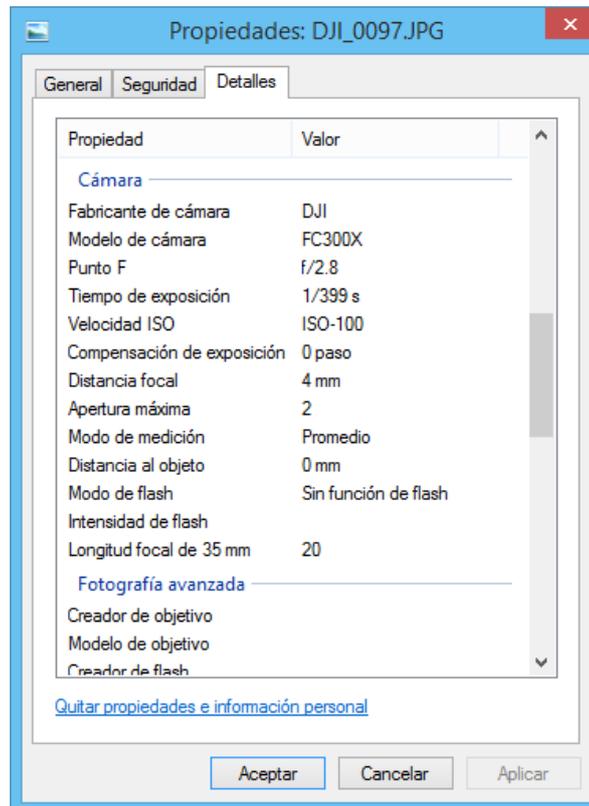
Fuente: Elaboración propia

4.3.4 Restitución Fotogramétrica

La restitución de un punto de una fotografía es determinar su situación relativa respecto a otros que aparezcan también en él y tengan una ubicación relativa conocida, lo que se consigue cuando se conocen sus tres coordenadas Latitud, Longitud y Cota, respecto a un origen de referencia conocido.

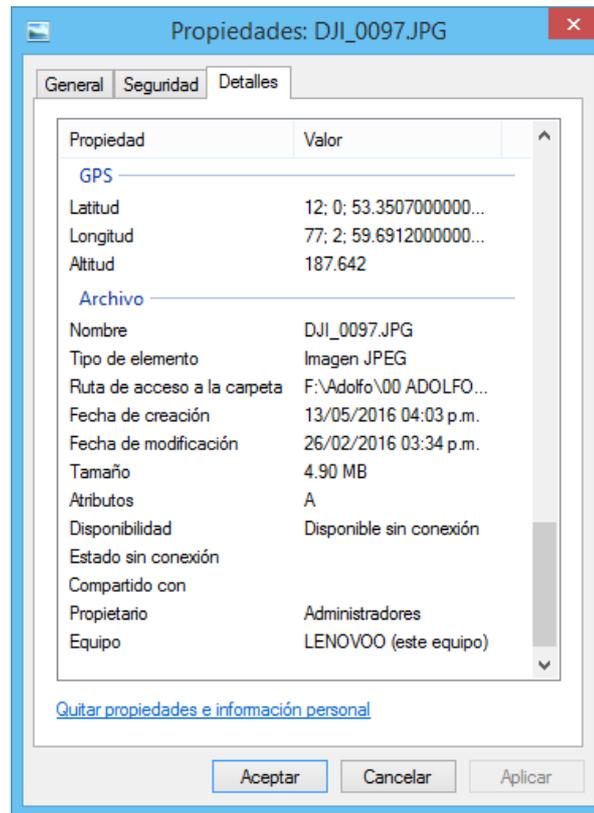
Una vez realizado el plan de vuelo mediante el software antes mencionado, se han de obtener las coordenadas E, N, h de determinados puntos bien definidos en el terreno (puntos de control) e identificables en las fotos mediante una marca distinguible. Para la restitución fotogramétrica del proyecto se utilizará el software PIX4D mapper Pro, para lo cual se cargarán las fotos digitales (figura 4.10c – puntos rojos) obtenidas mediante el vuelo del DRON.

Cada fotografía tomada por el DRON, son imágenes que tienen cargadas datos con características de la cámara, tal como se puede apreciar en la Figura 4.10a, pero también nos muestra la georreferenciación de cada imagen (mediante el gps navegador que posee el equipo de vuelo) en coordenadas geográficas de latitud y longitud, y adicionalmente la altura elipsoidal tal como se puede apreciar en la pestaña Detalles en la figura 4.10b.



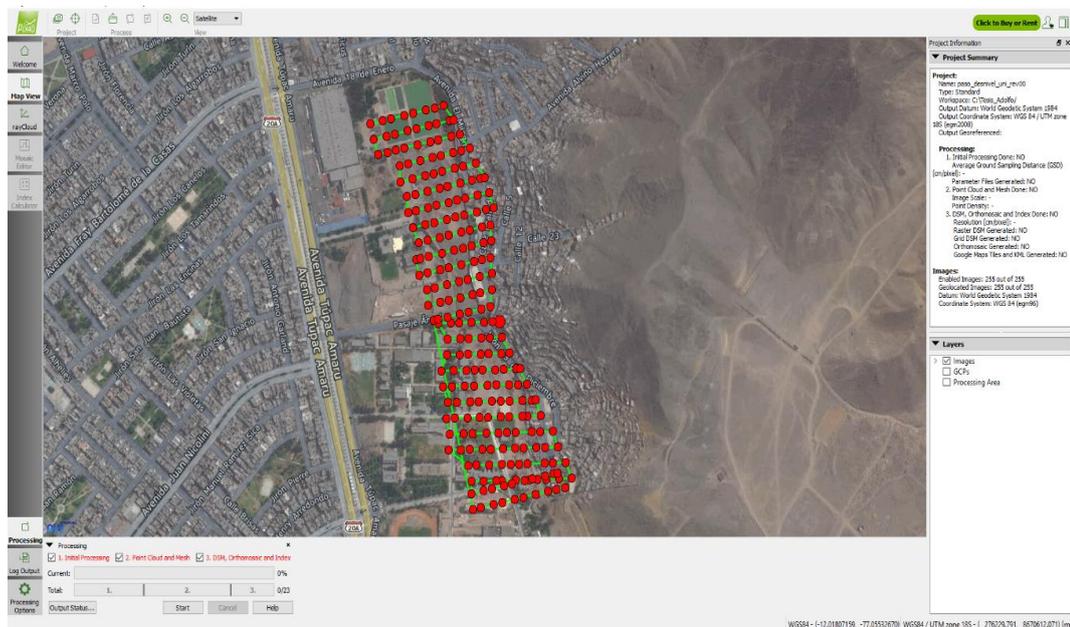
68 Figura 4.10a: Datos que posee una Fotografía tomada con Dron.- Camara.

Fuente: Elaboración propia



69 Figura 4.10b: Datos que posee una Fotografía tomada con Dron – GPS.

Fuente: Elaboración propia



70 Figura 4.10c: Distribución de las fotografías en el software PIX4D.

Fuente: Elaboración propia

Paso siguiente es el cargado de los puntos de control obtenidos mediante el GPS diferencial (Tabla 4.10), en cada foto que se encuentre tales puntos, esto con el fin de georeferenciar nuestro levantamiento.

11 Tabla 4.10: Puntos de control

Fuente: Elaboración propia

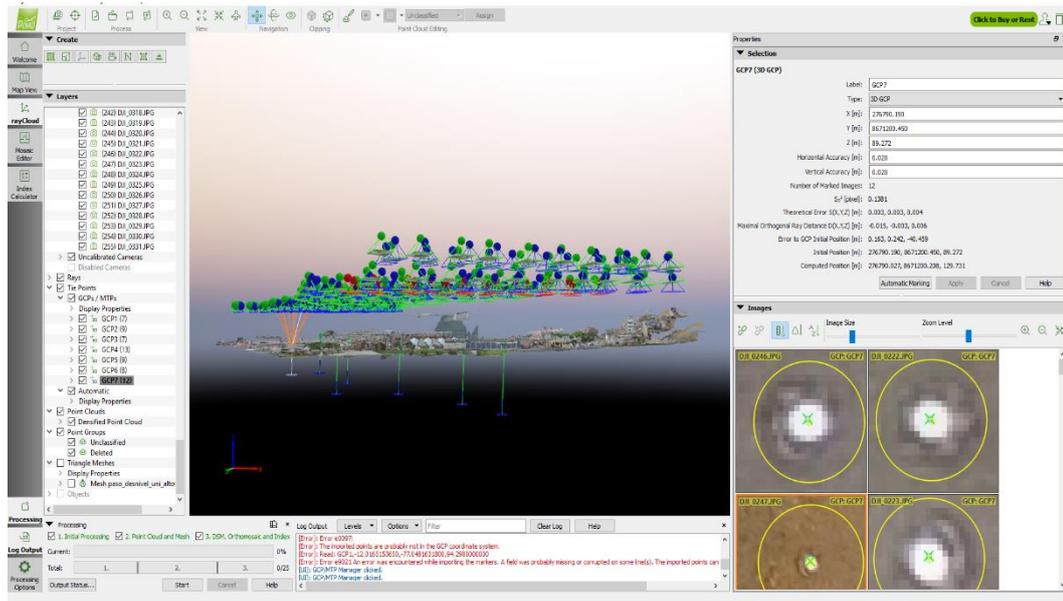
Punto	Latitud	Longitud	Altura Topográfica
Pto-01	-12.016515365	-77.048163180	94.298
Pto-02	-12.015893814	-77.048352464	92.856
Pto-03	-12.015114726	-77.048857165	92.202
Pto-04	-12.014921303	-77.049484496	91.440
Pto-05	-12.014113663	-77.049371275	91.703
Pto-06	-12.012840165	-77.049751879	91.391
Pto-07	-12.012791900	-77.050141480	89.272

Los puntos de control fueron distribuidos según la Figura 4.2 a todo lo largo de la vía a construir, la recolección de data mediante el GPS diferencial fue de 1.00 hora en cada punto (Figura 4.11a), esto con la finalidad de obtener alta precisión en planta y cada punto fue nivelado geoméricamente según las tablas 4.5 y 4.6, obteniendo así la columna de altura topográfica de la Tabla 4.10.



71 Figura 4.11a: Toma de datos mediante GPS Diferencial Pto-05.

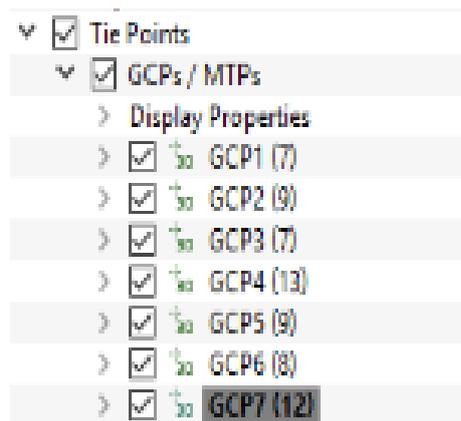
Fuente: Elaboración propia



72 Figura 4.11b: Ubicación de puntos de control con el software PIX4D – Pto-07.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.11b (Ver anexo para su mejor apreciación) se puede apreciar la asignación de las coordenadas ingresadas (en formato *.txt, Tabla 4.10) al software PIX4D, en este caso se prosigue con el punto GCP7, en donde se puede visualizar dicho punto de control en 12 fotografías tal como muestra la Figura 4.12.



73 Figura 4.12: Numero de imágenes por cada punto de control mediante en el software PIX4D – Pto-07.

Fuente: Elaboración propia

Una parte importante de la restitución es el equipo de procesamiento (Computadora estacionaria – Figura 4.13) con el cual se cuenta, ya que se considera fundamental contar con un equipo de cómputo de tenga las siguientes características como mínimo: Procesador: Core i7- 6700, Memoria RAM: 16.00 GB, Disco Duro: 1TB, para el proyecto de tesis se utilizó el equipo de cómputo del Lab DCV de la Facultad de Ingeniería Civil – UNI, el cual tiene las siguientes características:

Procesador: Intel(R) Xeon(R) E5-1620 v3

Memoria RAM: 8.00 GB

Disco Duro: 1TB

Monitor: HP Z27n 27" QHD 2560x1440



74 Figura 4.13: Equipo de cómputo utilizado para la restitución fotogramétrica – LAB DCV.

Fuente: Elaboración propia

4.4 DISEÑO GEOMÉTRICO

El diseño geométrico es una parte importante del proyecto de una carretera, que tendrá como premisa básica la de ser segura, a través de un diseño simple y uniforme establecido, con base en los condicionantes o factores existentes, la configuración geométrica definitiva del conjunto tridimensional que supone, para satisfacer al máximo los objetivos fundamentales, es decir, la funcionalidad, la seguridad, la comodidad, la integración en su entorno, la armonía o estética, la economía, la elasticidad y finalmente la vía deberá ser compatible con el medio ambiente adaptándola en lo posible a la topografía natural, a los usos del suelo y el valor de la tierra.

4.4.1 Clasificación vial

Para la etapa de clasificación de la vía del proyecto, se basará en función de la normatividad vigente de MANUAL DE CARRETERAS – DISEÑO GEOMETRICO DG-2014 aprobado por la Resolución Directoral N° 028-2014-MTC/14 y MANUAL PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO aprobado por la Resolución Ministerial N° 305-2008-MTC/02, la vía se clasificará por dos criterios, por demanda y orografía.

- Clasificación por demanda

Teniendo en cuenta que el IMD obtenido en el estudio de tráfico el cual está en función del tránsito vehicular que se derive a este proyecto, será un porcentaje del flujo vehicular observado en la Puerta No 5, que se estima permitirá calificar el proyecto vial que nos ocupa como una vía de bajo volumen de tránsito ($IMD < 350$) donde más del 50% son vehículos livianos para el tramo del proyecto se ubican menores a 400 veh/día por consiguiente la vía se clasifica como una CARRETERA DE TERCERA CLASE (según la norma DG-2014.- Sección 101)

- Clasificación por orografía

El tramo objeto del estudio, atraviesa sectores de una orografía llana en un sector en donde se puede encontrar secciones transversales con pendientes menores al 10% y longitudinalmente menores a 3%, pero como se trata de un

paso a desnivel presenta pendientes longitudinales que estarán en el rango de 3% a 6% por lo que se desprende que también que se tendrá una orografía ondulada; por lo expuesto anteriormente, se clasificara como una orografía de tipo 1 y tipo 2 como se puede apreciar en la Tabla 4.11.

12 Tabla 4.11: Identificación de orografía.

Fuente: Elaboración propia

SECTOR	PENDIENTE LONGITUDINAL	OROGRAFIA
1.- Km. 0+000 – Km. 0+500	<3% y Varía entre 3% a 6%.	Tipo 1y2

4.4.2 Vehículo de diseño

El diseño Geométrico de la vía se efectuará en concordancia con los tipos de vehículo, dimensiones, pesos y demás características. Las características físicas y la proporción de vehículos de distintos tamaños que circulan por las carreteras, son elementos clave en su definición geométrica. Los vehículos seleccionados, con peso representativo, dimensiones y características de operación, utilizados para establecer los criterios de los proyectos de las carreteras, son conocidos como vehículos de diseño.

Al seleccionar el vehículo de diseño hay que tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía. Por consiguiente, el vehículo de diseño normal será el vehículo comercial rígido (camiones y/o buses). Las características de los vehículos tipo indicados, definen los distintos aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de una carretera.

Conforme al Reglamento Nacional de Vehículos, se consideran como vehículos ligeros aquellos correspondientes a las categorías L y M1. Serán considerados como vehículos pesados, los pertenecientes a las categorías M (excepto M1), N, O y S (combinaciones especiales de los M, N y O).

La clasificación del tipo de vehículo según encuesta de origen y destino, empleada por SNIP para el costo de operación vehicular (VOC), es la siguiente:

Vehículo de pasajeros

- Jeep (VL)
- Auto (VL)
- Bus (B2, B3, B4 y BA)
- Camión C2

Vehículo de carga

- Pick-up (equivalente a Remolque Simple T2S1)
- Camión C2
- Camión C3 y C2CR
- T3S2

13 Tabla 4.12: Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de las carreteras

Fuente: Tabla 202.01 DG-2014

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho Total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1,30	2,10	0,15	1,80	5,80	0,90	3,40	1,50	7,30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4,10	2,60	0,00	2,60	13,20	2,30	8,25	2,65	12,80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	14,00	2,40	7,55	4,05	13,70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	15,00	3,20	7,75	4,05	13,70
Ómnibus articulado (BA-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	18,30	2,60	6,70 / 1,90 / 4,00	3,10	12,80
Semirremolque simple (T2S1)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	6,00 / 12,50	0,80	13,70
Remolque simple (C2R1)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	10,30 / 0,80 / 2,15 / 7,75	0,80	12,80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,40 / 6,80 / 1,40 / 6,80	1,40	13,70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,45 / 5,70 / 1,40 / 2,15 / 5,70	1,40	13,70
Semirremolque simple (T3S3)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	5,40 / 11,90	2,00	1

De acuerdo al vehículo de diseño elegido se tomará los giros máximos y mínimos, esto en las tabla 4.12 (adicionalmente las tablas 202.02 a 202.11 Manual de Carreteras DG-2014)

El tipo de vehículo predominante en el sistema vial existente al interior de la universidad es el vehículo liviano. También se observan que circulan vehículos tipo C2 (Buses) de propiedad de la UNI y de particulares que ingresan por diversos motivos.

Entonces, el vehículo liviano debería ser el vehículo de diseño, pero siendo esta vía un proyecto vial con elementos singulares como el paso a desnivel (túnel) se

debe tomar en cuenta el vehículo más grande que pasaría con mayor frecuencia después de los vehículos livianos, en este caso será el C2. Los elementos de diseño geométrico resultantes a partir del vehículo C2 deben ser conciliadas para permitir el paso eventual de vehículos tipo C3.

Las dimensiones de estos vehículos son se pueden apreciar en la Tabla 4.13.

14 Tabla 4.13: Dimensiones del tipo de vehículos a transitar.

Fuente: Elaboración propia

Tipo	Alto (m)	Ancho (m)	Longitud * (m)
VL	1.3	1.80	4.3
C2	4.10	2.60	7.30
C3	4.30	2.60	9.70

* Longitud entre eje trasero más lejano y parachoques más sobresaliente

4.4.3 Velocidad directriz

De acuerdo al manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2014), la velocidad directriz o de diseño es la escogida para el diseño geométrico de la vía, entendiéndose que será la máxima velocidad que se podrá mantener con seguridad sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

Asimismo, se establece que la elección de la velocidad directriz depende de la importancia o categoría de la futura carretera, de los volúmenes de tránsito que va a mover, de la configuración topográfica del terreno, de los usos de la tierra, del servicio que se pretenda ofrecer, de las consideraciones ambientales, de la homogeneidad a lo largo de la carretera de las facilidades de acceso (control de accesos), de la disponibilidad de recursos económicos y de las facilidades de financiamiento.

La velocidad directriz condiciona todas las características geométricas de la vía, su definición se encuentra íntimamente ligada al costo de construcción de cada carretera. Para una velocidad directriz alta, el diseño vial obliga, entre otros, al uso de mayores anchos de plataforma y mayores radios de giro en las curvas horizontales, lo que trae como consecuencia el incremento de los volúmenes de obra.

A partir de la tabla 4.14, del Manual de Diseño Geométrico, que relaciona la velocidad de diseño con la clasificación de la carretera y la orografía que atraviesa, se tiene que para una carretera de TERCERA CLASE y orografía tipo 1 y 2, la velocidad varía entre 40km/h y 70km/h.

15 Tabla 4.14: Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía

Fuente: Tabla 204.01 DG-2014

CLASIFICACION	OROGRAFIA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)											
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
Autopista de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Autopista de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de tercera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												

Teniendo en cuenta el estudio de tráfico, la carretera se clasifica como de Tercera Clase, por tener un IMD inferior a los 400Veh/día en el sector de estudio, y de acuerdo a la Tabla N° 4.14, para el tramo 0+000 – 0+500, con una orografía de 1 y 2, se recomienda una única velocidad directriz de 40km/.

En resumen, la velocidad directriz recomendada se muestra en la Tabla 4.15:

16 Tabla 4.15: Selección de la velocidad de diseño.

Fuente: Elaboración propia

SECTOR	VELOCIDAD DIRECTRIZ
1.- Km. 0+000 – Km. 0+500	40 km/h

4.4.4 Sección transversal

El diseño geométrico de la sección transversal, consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

La sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de la función que cumplan y de las características del trazado y del terreno.

La determinación de las secciones de carretera será en función del tramo, el cual se basa en la clasificación de la vía y la orografía que atraviesa la misma, a esto se suma la velocidad directriz.

Calzada en concordancia a las recomendaciones de la norma DG-2014, parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma, esta a su vez se divide en carriles, los que están destinados a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

17 Tabla 4.16: Valores del ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño con relación a la clasificación de la carretera

Fuente: Tabla 304.01 DG-2014

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			6,00	6,00
40 km/h															6,60	6,60	6,60	6,60		
50 km/h										7,20	7,20			6,60	6,60	6,60	6,60	6,60		
60 km/h					7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,60	6,60	6,60	6,60		
70 km/h			7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,60		6,60	6,60		
80 km/h	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20			6,60	6,60		
90 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20	7,20			7,20				6,60	6,60		
100 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20				7,20							
110 km/h	7,20	7,20			7,20															
120 km/h	7,20	7,20			7,20															
130 km/h	7,20																			

Notas:

- a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
- b) En carreteras de Tercera Clase, excepcionalmente podrán utilizarse calzadas de hasta 5,00 m, con el correspondiente sustento técnico y económico

Para el sector 0+000 – 0+500 del proyecto campus UNI – CISMID de acuerdo a la tabla 4.16 para una orografía 1y2 y velocidad de diseño de 40 Km/h, el ancho de la calzada debe ser de 6.60m.

Las bermas son un elemento importante de la sección transversal. Además de contribuir a la resistencia estructural del pavimento de la calzada en su borde, mejoran las condiciones de funcionamiento del tráfico de la calzada y su seguridad, para ello, las bermas pueden desempeñar. Por separado o conjuntamente, varias funciones que determinen su ancho mínimo y otras características. Las consideraciones de costos pueden inclinar a prescindir de alguna de estas funciones.

La Norma de Diseño Geométrico DG-2014 recomienda los valores de los anchos de Berma de acuerdo a la tabla 4.17, en donde se puede apreciar que se encuentra en función de la velocidad de diseño, tipo de orografía, tipo de vía, IMDA y la clase de la vía.

18 Tabla 4.17: Ancho de bermas

Fuente: Tabla 304.02 DG-2014

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera					
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400					
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase					
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Velocidad de diseño: 30 km/h																					0,50	0,50
40 km/h															1,20	1,20	1,20	0,90	0,90			
50 km/h											2,60	2,60			1,20	1,20	1,20	0,90	0,90			
60 km/h					3,00	3,00	2,60	2,60	3,00	3,00	2,60	2,60	2,00	2,00	1,20	1,20	1,20	1,20				
70 km/h			3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,20		1,20	1,20				
80 km/h	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00		2,00	2,00			1,20	1,20				
90 km/h	3,00	3,00	3,00		3,00	3,00	3,00		3,00	3,00			2,00				1,20	1,20				
100 km/h	3,00	3,00	3,00		3,00	3,00	3,00		3,00				2,00									
110 km/h	3,00	3,00			3,00																	
120 km/h	3,00	3,00			3,00																	
130 km/h	3,00																					

Notas:

- Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
- Los anchos indicados en la tabla son para la berma lateral derecha, para la berma lateral izquierda es de 1,50 m para Autopistas de Primera Clase y 1,20 m para Autopistas de Segunda Clase
- Para carreteras de Primera, Segunda y Tercera Clase, en casos excepcionales y con la debida justificación técnica, la Entidad Contratante podrá aprobar anchos de berma menores a los establecidos en la presente tabla, en tales casos, se preverá áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera, destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias, de acuerdo a lo previsto en el [Tópico 304.12](#), debiendo reportar al órgano normativo del MTC.

De la tabla 4.17 con los datos ya obtenidos como velocidad de diseño de 40 Km/h, orografía 1 y 2, tipo de vía de tercera clase, un IMDA menor a los 400 veh/día se desprende de la tabla que el ancho de berma varía entre 1.20 a 0.90 m y que para la vías del proyecto se utilizara un ancho de berma de 0.90m.

El bombeo en tramos en tangente o en curvas en contrapendiente, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona.

En la siguiente tabla 4.18 se especifica los valores de bombeo de la calzada recomendadas por la norma. En los casos donde indican rangos, se definirá el bombeo, teniendo en cuenta el tipo de superficies de rodadura y la precipitación pluvial de la zona que abarca la vía.

El bombeo se puede dar de varias maneras, dependiendo del tipo de carretera y la conveniencia de evacuar adecuadamente las aguas, entre las que se indican:

- La denominada de dos aguas, cuya inclinación parte del centro de la calzada hacia los bordes.
- El bombeo de una sola agua, con uno de los bordes de la calzada por encima del otro.

19 Tabla 4.18: Valores del bombeo de la calzada

Fuente: Tabla 304.03 DG-2014

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2,0	2,5
Tratamiento superficial	2,5	2,5-3,0
Afirmado	3,0-3,5	3,0-4,0

Para el caso del proyecto de tesis, tendrá una superficie de pavimento asfáltico y las precipitaciones anuales en la zona de trabajo (UNI – Rimac – Lima) son menores a 10.3 entre los años 2000 y 2013 (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI se adjunta reporte en el capítulo de Anexos); por lo tanto el bombeo a considerar para el proyecto será de 2.0%.

El peralte, con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, las curvas horizontales deben ser peraltadas, salvo en los límites fijados en la siguiente tabla 4.19 concordante con la Norma de Diseño Geométrico DG-2014.

20 Tabla 4.19: Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte

Fuente: Tabla 304.04 DG-2014

Velocidad (km/h)	40	60	80	≥100
Radio (m)	3.500	3.500	3.500	7.500

Los valores máximos del peralte (Tabla 4.20), son controlados por algunos factores como: Condiciones climáticas, orografía, zona (rural o urbana) y frecuencia de vehículos pesados de bajo movimiento, en general se utilizará, los valores recomendados.

21 Tabla 4.20: Valores de peralte máximo

Fuente: Tabla 304.05 DG-2014

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)		Ver Figura
	Absoluto	Normal	
Atravesamiento de zonas urbanas	6,0%	4,0%	302.02
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8,0%	6,0%	302.03
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12,0	8,0%	302.04
Zona rural con peligro de hielo	8,0	6,0%	302.05

En el caso del tramo de estudio, el cual pasa por zona urbana se deduce que según la tabla anterior el peralte máximo absoluto será de 6.0% y nominal 4.0%.

Para el desarrollo adecuado de las transiciones de peralte entre dos curvas sucesivas del mismo sentido, deberá existir un tramo mínimo en tangente, de acuerdo a lo establecido en la Tabla 4.21.

22 Tabla 4.21: Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido

Fuente: Tabla 304.08 DG-2014

Velocidad (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Longitud mín. (m)	40	55	70	85	100	110	125	140	155	170	190

Sobrecancho; las secciones en curva horizontal, estarán provistas del sobrecancho necesario para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos, las mismas que dependen, entre otras cosas, del radio de curvatura y de la velocidad directriz.

En varios sectores de la zona urbana hay curvas que hace falta el sobrecancho, por lo que habiendo reducido la velocidad de diseño se ha reducido el ancho del carril ganando el espacio dejado para los sobrecanchos. Así mismo se debe indicar, que se ha empleado algunas curvas de transición con espiral, donde se ha evitado realizar cortes o porque se ajusta mejor a la plataforma existente, compensando los sobrecanchos a ambos lados de la vía.

Las holguras teóricas en recta y en curva ensanchada, consideradas para vehículos comerciales de 2.6 m de ancho, según el ancho de una calzada se aprecia en la siguiente Tabla 4.22.

23 Tabla 4.22: Holguras teóricas para vehículos comerciales de 2.60 m de ancho
Fuente: Tabla 302.19 DG-2014

Calzada de 7,20 m		Calzada de 6,0 m	
En recta	En curva ensanchada	En recta	En curva ensanchada
h_1 0,5 m	0,6 m	0,3 m	0,45 m
h_2 0,4 m	0,4 m	0,1 m	0,05 m
$h_{2\text{ ext}}$ 0,4m	0,0 m	0,1 m	0,0 m

Dónde:

- h_1 : holgura entre cada vehículo y el eje demarcado.
- h_2 : holgura entre la cara exterior de los neumáticos de un vehículo y el borde exterior del carril por el que circula (en recta) o de la última rueda de un vehículo simple o articulado y el borde interior de la calzada en curvas.
- $h_{2\text{ ext}}$: holgura entre el extremo exterior del parachoques delantero y el borde exterior de la calzada, $h_{2\text{ ext}} \approx h_2$ en recta y $h_{2\text{ ext}} = 0$ en curvas ensanchadas.

Las holguras en curvas ensanchadas son mayores en calzadas de 7.20 m respecto de las de 6.0 m, no solo por el mayor ancho de calzada, sino por las mayores velocidades de circulación que en ellas se tiene y por el mayor porcentaje de vehículos comerciales de grandes dimensiones.

En las zonas de curva horizontal, hay necesidad de aumentar la sección de la calzada a fin de permitir el giro de los vehículos sin invadir el carril de sentido contrario o invada la berma en función de las dimensiones del vehículo Tabla 4.23.

24 Tabla 4.23: Holguras calculadas para vehículos comerciales de 2.60 m de ancho

Fuente: Según ecuación 302.09.03 DG-2014

Tipo	Alto (m)	Ancho (m)	Longitud * (m)	Sobreeancho
VL	1.3	1.80	4.3	S1
C2	4.10	2.60	7.30	S2
C3	4.30	2.60	9.70	S3

El valor de sobreeancho está determinado por:

$$S = 2 \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10 \sqrt{R}}$$

Donde:

Sa: Sobreeancho (m)

N: Número de carriles

R: Radio (m)

L: Distancia entre ejes posterior y parte frontal (m)

V: Velocidad de diseño (km/h)

En donde el segundo sumando es para fines de prever que exista una mayor velocidad que el previsto. Se considera este monomio ya que los conductores tienden a sobrepasar los límites debido a la prisa, el atraso con que van a sus lugares de destino. Se plantea la Tabla 4.24 en función del radio mínimo.

25 Tabla 4.24: Sobreeanchos por Tipo de vehículo en función del radio mínimo.

Fuente: Elaboración propia

Tipo	Alto (m)	Ancho (m)	Longitud * (m)	Sobrecancho
VL	1.3	1.8	4.3	0.82
C2	4.1	2.6	7.3	1.41
C3	4.3	2.6	9.7	2.09

4.4.5 Sección transversal especial

El paso a desnivel UNI –CISMID deberá permitir también el tránsito de ciclistas y peatones, por lo que la zona del paso a desnivel debe contar, en ambos lados (Derecho/Izquierdo) de la vía una sección adicional de vía para ciclistas de 0.80m al mismo nivel que la rasante y peatonal (Vereda) de 1.20m de ancho mínimo y un desnivel positivo de la rasante de 0.10m en el caso de la vereda.



75 Figura 4.14: Sección típica de la vía.

Fuente: Elaboración propia

4.4.6 Diseño geométrico en pendiente

El diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical, está constituido por una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, a los cuales dichas rectas son tangentes; en cuyo desarrollo, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje. El alineamiento vertical deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible. El perfil longitudinal está controlado principalmente por la rasante de la vía existente, velocidad de diseño, topografía, alineamiento horizontal, distancia de visibilidad, seguridad, drenaje, costos de construcción y valores estéticos.

Para fines del proyecto de tesis la pendiente máxima será entre 8% a 9% según la Tabla 4.25, así mismo el sentido de las pendientes se definió según el avance del kilometraje, siendo positivas aquellas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota (Ver Anexo 1.4 Plano de Planta Perfil del proyecto).

26 Tabla 4.25: Pendientes máximas (%)

Fuente: Tabla 303.01 DG-2014

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			10,00	10,0
40 km/h															9,00	8,00	9,00	10,00		
50 km/h										7,00	7,00			8,00	9,00	8,00	8,00	8,00		
60 km/h					6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	8,00	9,00	8,00	8,00		
70 km/h			5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00		7,00	7,00		
80 km/h	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00		6,00	6,00			7,00	7,00		
90km/h	4,50	4,50	5,00		5,00	5,00	6,00		5,00	5,00			6,00				6,00	6,00		
100km/h	4,50	4,50	4,50		5,00	5,00	6,00		5,00				6,00							
110 km/h	4,00	4,00			4,00															
120 km/h	4,00	4,00			4,00															
130 km/h	3,50																			

Notas:

- 1) En caso que se desee pasar de carreteras de Primera o Segunda Clase, a una autopista, las características de éstas se deberán adecuar al orden superior inmediato.
- 2) De presentarse casos no contemplados en la presente tabla, su utilización previo sustento técnico, será autorizada por el órgano competente del MTC.

4.4.7 Características Geométricas de Diseño

A continuación, se resumen las características geométricas de diseño del proyecto de tesis (Tabla 4.26), tomando en cuenta todas las premisas de los numerales precedentes, que han sido determinadas en base al Manual de Diseño de Carreteras (DG-2014), y en función de la velocidad directriz de diseño, las condiciones existentes y el tipo de proyecto a ejecutar:

27 Tabla 4.26: Características Geométrica de Diseño

Fuente: Elaboración propia

SECTOR	KM 0+000 - KM 0+500
Velocidad Directriz	VD = 40 KPH
Ancho de Calzada	6.60m
Ancho de Bermas	0.90 m. c/lado
Bombeo	2.5%
Radio mínimo	60 m.
Sobreechancho máximo	1.70m
Peralte máximo	8% - 9%
Pendiente máxima	6.16%
Pendiente mínima	0.56%
Talud de relleno	1.5H:1V
Talud de corte	De acuerdo al tipo de material
Vereda	1.20m c/lado
Ciclovia	0.80m c/lado

4.5 ESTUDIO SUELOS

El presente estudio de suelos tiene por objeto evaluar las características físico-mecánicas del terreno materia del estudio, donde se cimentará las estructuras proyectada; además de proponer, en base a los resultados obtenidos, alternativas de cimentación que satisfagan las solicitaciones de las cargas actuantes.

4.5.1 CONDICIÓN DEL CLIMA

El clima característico de la zona de Lima corresponde al de la zona de vida Desierto-Subtropical (dd-S), que se extiende a lo largo del litoral, comprendiendo planicies y las partes bajas de los valles costaneros, desde el nivel del mar hasta los 1 800m de altura.

En esta zona de vida la biotemperatura media anual máxima es de 22,2° C y la media mínima anual de 17,9° C. El promedio máximo de precipitación pluvial total por año es de 44,0 mm y el promedio de 22 mm.

4.5.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

El área de estudio se ubica sobre depósitos recientes aluvionales, los mismos que están constituidos por materiales acarreados de los ríos que bajan de la vertiente occidental andino cortando las rocas terciarias, mesozoicas y batolito costanero, tapizando el piso de los valles, habiéndose depositado una parte en el trayecto y una gran parte a lo largo y ancho de sus abanicos aluviales, dentro de ellos se tiene: Aluviales Pleistocénico y Aluviales Recientes.

El principal depósito aluvial Pleistocénico, lo constituye el antiguo cono aluvial del río Rímac donde se asienta la ciudad de Lima.

La Litología de estos depósitos aluviales Pleistocénicos vistos a través de terrazas, cortes y perforaciones comprende conglomerados conteniendo cantos de diferentes tipos, arenas con diferentes granulometrías y en menor proporción limos y arcillas.

4.5.3 PROSPECCIONES

Con la finalidad de determinar el perfil estratigráfico del área en estudio, se efectuó 02 perforaciones a cielo abierto hasta una profundidad de 8.0m (Figura 4.15).

Se tomó muestra inalterada del material predominante en la zona, para determinar el Peso Unitario Suelto del material sobre el cual se estima se cimentará la estructura del proyecto.

Así mismo, no se detectó el nivel de la napa freática hasta la profundidad prospectada.



76 Figura 4.15: Ubicación de calicata para la prospección.

Fuente: Elaboración propia

Así mismo se tomaron muestras de los diferentes estratos de suelos encontrados, las que fueron identificadas y etiquetadas para su posterior análisis en el laboratorio. Además, se extrajo una muestra representativa de la calicata N° 1, muestra N° 02, a la profundidad de 8.0m, para el ensayo de corte directo U remoldado del material que pasa la malla N° 4 y para su respectivo análisis

químico de sales, cloruros y sulfatos, para analizar su agresividad al concreto y acero.

4.5.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

Se efectuaron los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM C-136)
- Constantes Físicas (ASTM D-4318)
 - Límite Líquido
 - Límite Plástico
 - Índice Plasticidad
- Contenido de Humedad Natural (ASTM D-2216)
- Clasificación de suelos
 - SUCS (ASTM D-2487)
 - AASHTO (ASTM D-3282)
- Corte directo (Ensayo U) (ASTM D-3080)
- Análisis químico para determinar el contenido de sulfatos (ASTM D-516) y Contenido de cloruros (ASTM D-512)

4.5.4 DESCRIPCIÓN ENSAYOS DE LABORATORIO

La estratigrafía del área donde se ubica el proyecto está constituido geológicamente por depósitos aluviales (cuaternarios recientes), cuya distribución es uniforme y esta conformados por un primer estrato de material limoso, cuya potencia promedio en 1.50m, de color marrón, compacto, ligeramente húmedo y baja plasticidad y presencia incipiente de elementos pétreos ; a este primer estrato subyace el estrato de fundación, cuya potencia va más allá de la profundidad prospectada (8.0 m) y está conformado por material del tipo conglomerado (bolonería y cantos rodados en matriz arenosa), con aproximadamente 15 % de elementos pétreos mayor de dos pulgadas, de buena dureza, englobados en una matriz arenosa de grano fino a grueso, de compacidad media, no plásticos y ligeramente húmedo.



77 Figura 4.16: Prospección en donde se nota la ausencia de napa freática.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la Figura 4.16, en la prospección, se encuentra una distribución estratigráfica uniforme conformado por primer estrato de suelos limosos, seguido por un suelo del tipo conglomerado, con elementos pétreos de formas subredondeadas en matriz arenosa, de compacidad media.

Al realizar los ensayos correspondientes a las muestras M-1 y M-2, indicadas en el ítem 4.5.3, se muestra los resultados en la Tabla 4.27 realizadas a las dos profundidades.

28 Tabla 4.27: Caracterización de Suelos

Fuente: Elaboración propia

SECTORES S Y T - UNI-PASO A DESNIVEL	SUELO NATUR.	00+600
CALICATA	C-1	C-1
MUESTRA	M-1	M-2
PROF. (m)	0.00 - 1.50	1.50 - 8.00
HUM. NAT. (%)	7.8	3.0
% PIEDRA (RET. N°4)	6.8	56.0
% ARENA (PASA N°4 y RET. N°200)	16	40
% FINOS (PASA N°200)	77.2	4.0
LÍMITE LÍQUIDO (%)	34.0	-.-
LÍMITE PLÁSTICO (%)	29.2	-.-
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	4.8	NP
CLASIFICACIÓN SUCS	ML	GP
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-4 (4)	A-1-a (0)

4.5.5 CONSIDERACIONES DE CIMENTACIÓN

Cálculo de la capacidad portante

Para los cálculos de la capacidad portante admisible del suelo de fundación, se consideraron la ecuación de Terzaghi, para zapatas cuadradas.

$$q_h = 1.3 * C * N_c + \gamma_1 * D_f * N_\gamma + 0.4 * \gamma_2 * B * N_q$$

Se obtuvieron los siguientes parámetros:

- Peso volumétrico seco (γ) = 1,780 g/cm³
- Ángulo de fricción interna (ϕ) = 34.5°
- Cohesión (c) = 0,00 kg/cm²
- Factores de carga adimensionales:

$$N_c = 43.93$$

$$N_q = 31.15$$

$$N_\gamma = 44.12$$

- Factores de carga forma adimensionales:

$$S_c = 1.57$$

$$S_q = 1.55$$

$$S_y = 0.68$$

- Factor de seguridad (Fs) = 3

Los valores a obtenerse con dichas fórmulas, considerando Falla General, están en función del ancho mínimo de viga (B) recomendado y a diferentes profundidades de desplante (Df), los mismos que se muestran en el cuadro siguiente:

29 Tabla 4.28: Capacidad portante

Fuente: Elaboración propia

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE						
Tipo de Cimentación	Prof. (D _f) (m)	Ancho (B) (m)	Q _{ult} (Kg/cm ²)	Q _{adm} (kg/cm ²)	Q _{act} (kg/cm ²)	Condición Q _{adm} >Q _{act}
Viga continua	1.00	0.80	10.75	3.58	1.25	Cumple
	1.20	0.80	12.47	4.16	1.25	Cumple
	1.40	0.80	14.19	4.73	1.25	Cumple
	1.50	0.80	15.06	5.02	1.25	Cumple

Asentamiento – Método Elástico

El asentamiento elástico de la cimentación superficial se estimó mediante la Teoría de la Elasticidad:

$$S_e = q_0 * B * (1 - \mu_s^2) * I_f / E_s$$

Donde:

- Asentamiento en cm S_e = 0.59 cm
- Presión de Trabajo q (ton/m²) = 35.84
- Relación de Poisson (μ_s) = 0,15
- Factor de forma I_f (cm/m) = 82

- Módulo de elasticidad del suelo E_s (ton/m²) = 10000
- Ancho de la cimentación B (m) para viga = 0.80

Remplazando valores se obtiene:

$$S_e = 0.59 \text{ cm}$$

Se adoptó el criterio de limitar el asentamiento de la cimentación a 1 pulgada (2,54cm), según Terzaghi y Peck (1967).

Luego:

$$S_e (0.59 \text{ cm}) < 1" (2,54\text{cm})$$

30 Tabla 4.29: Asentamiento por el método elástico.

Fuente: Elaboración propia

CALCULO DE ASENTAMIENTOS- METODO ELASTICO							
Tipo de Cimentacion	Df (m)	B	qadm (ton/m ²)	S (cm) Rigida	S (cm) Flexible Centro	S (cm) Flexible Esquina	S (cm) Flexible Medio
Viga continua	1.00	0.80	35.84	0.59	0.71	0.36	0.63
	1.20	0.80	41.58	0.68	0.83	0.41	0.73
	1.40	0.80	47.32	0.78	0.94	0.47	0.83
	1.50	0.80	50.19	0.82	1.00	0.50	0.88

4.5.6 ANÁLISIS QUÍMICO

El resultado del análisis físico químico, efectuado a una muestra representativa del subsuelo correspondiente a la calicata N° 1, muestra N° 02, a la profundidad de 8.00m, arroja los siguientes valores:

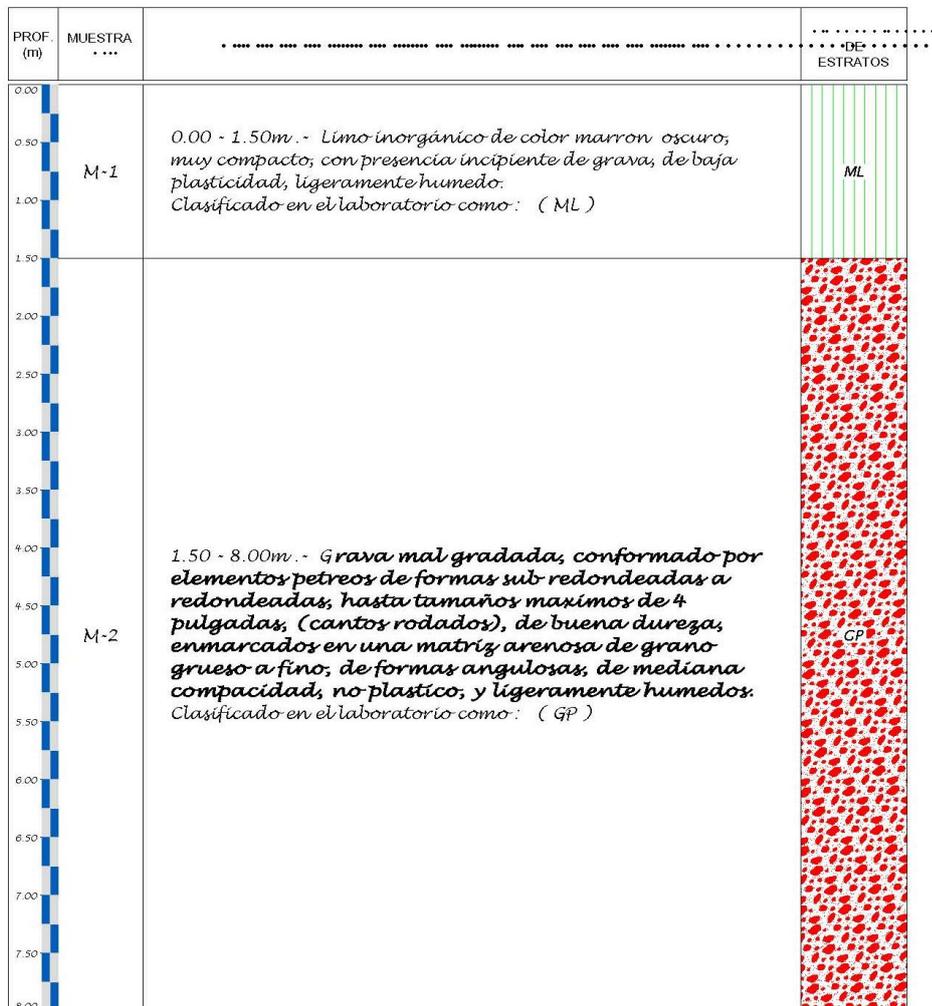
		ppm
*	Contenidos de sulfatos	= NEGATIVO.
	Contenido de Cloruros	= 112.0
*	Contenido de sales solubles totales	= 92.02

Dichos valores se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles de agresividad al concreto y acero, pudiéndose utilizar por lo tanto Cemento Portland tipo I en la fabricación del concreto.

Un resumen del perfil estratigráfico de la calicata C-1 se muestra en la Figura 4.17.

REGISTRO DE SUELOS

PROYECTO	: PASO A DESNIVEL SECTORES S Y T - CAMPUS UNIVERSITARIO	CALICATA N°	: C-1
SOLICITADO	: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	ING. RESPON.	: G. BRAZZINI S.
UBICACION	: SECTORES S Y T - CAMPUS UNIVERSITARIO	MUESTREO	:
	: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	FECHA	: DICIEMBRE-2012
PROF. TOTAL (m)	: 8.00	NIVEL NAPA FREÁTICA (m)	:
		COTA (msnm)	:



78 Figura 4.17: Diagrama de estrato en el tramo del Paso a Desnivel.

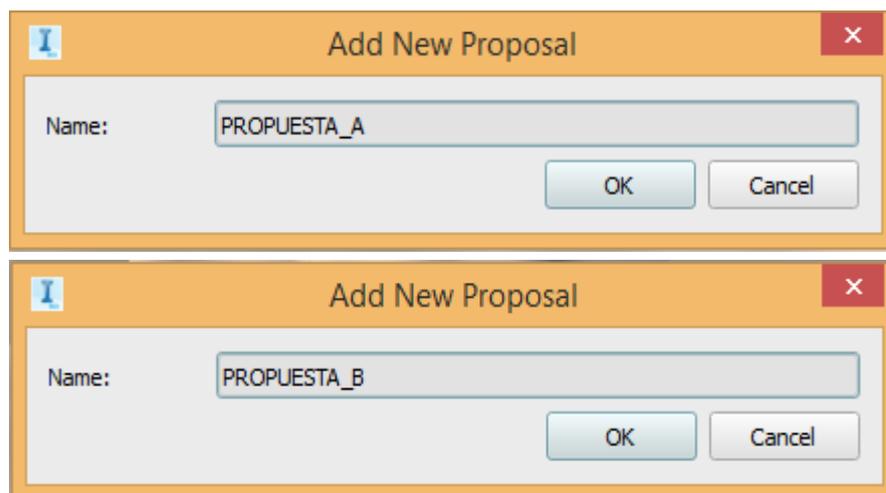
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V: TRAZO DE EJE DE VÍA PASO A DESNIVEL

En este capítulo se verá dos alternativas de trazo, las cuales se realizara con el software Autodesk INFRAWORKS 2020, también se procederá a la elección del mejor trazo con que se trabajara en adelante, el cual deberá cumplir condiciones, como el desarrollo en función de los obstáculos y que tenga el mejor comportamiento en función al diagrama de masas, así mismo que cumplan los parámetros geométricos de la norma DG-2014 (Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2014).

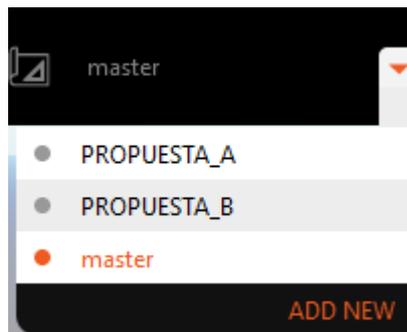
5.1 TRAZOS DE EJE TENTATIVO CON INFRAWORKS 2020

Ahora se realizaran trazos preliminares con en el software INFRAWORKS 2020 con la intención de sortear los obstáculos en los posible en el área del proyecto, teniendo en cuenta el comportamiento del diagrama de masas y los parámetros geométricos de la norma DG-2014 que a continuación se pasará a desarrollar; para tal objetivo se utilizara la opción que nos brinda el software en la pestaña PROPOSALS (Figura 5.1b), donde se adicionara propuestas de trazo sin modificar la información básica o propuesta base (Proposal MASTER – Figura 5.1b), el cual contiene la superficie e imagen del proyecto tal como se puede ver en la figura 5.1a, 5.1b.y 5.2.



79 Figura 5.1a: Generación de propuestas o trazos preliminares.

Fuente: Elaboración propia



80 Figura 5.1b: Propuestas debidamente registradas.

Fuente: Elaboración propia

A partir de la generación de propuestas y teniendo como base la superficie o terrain y la imagen, se inicia con la elaboración de trazos preliminares tomando en cuenta los criterios antes mencionados.



81 Figura 5.2: Información base o master que consta de superficie e imagen - Infracore.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la restitución fotogramétrica en Pix4D mapper (TDM, Ortomosaico) se cargan en el software Infracore tal como se puede apreciar en la Figura 5.2. Así mismo en la Figura 5.2 se puede apreciar el relieve del terreno natural, así como la forma volumétrica de los edificios cercanos al área del

proyecto, adicionalmente se puede apreciar el color real de los elementos del área de trabajo como áreas verdes, losas de concreto, pavimentos de asfalto, etc.

5.1.1 Trazo de eje tentativo en función de obstáculos

La ejecución del trazo en función de obstáculos es aquel que tiene en cuenta las interferentes artificiales como todo tipo de construcciones existentes hechas por el hombre, interferencias naturales como pueden ser los ríos, pendientes, topografía, clima; así como también pasos obligatorios por puntos como ciudades, lugares turísticos, etc.

Para el caso del proyecto de tesis se tiene únicamente obstáculos artificiales como edificaciones existentes como el laboratorio de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Industriales, se encontró también el muro perimetral de la UNI (Sector “S” y “T” de la UNI), la edificación nueva de IPEGA (Instituto de Investigación y Capacitación en Petróleo y Gas Natural) así como el cerco perimétrico de la misma y finalmente se encuentra el cerco perimétrico del CISMID (Centro Peruano Japonés de investigación sísmica y mitigación de desastres).

Identificados los obstáculos en el área de influencia del proyecto, se para a realizar el trazo, en algunos casos serán sorteados el obstáculo a fin evitar demoliciones; cabe mencionar que los edificios como Laboratorio de la facultad de Ingeniería de Sistemas e Industriales y el de IPEGA son estructuras relativamente nuevas.

A continuación, se presenta algunas fotografías en donde se puede apreciar los obstáculos construidos:



82 Figura 5.3a: Edificio del laboratorio de Ingeniería de Sistemas
Fuente: Elaboración propia (Imagen con Dron)



83 Figura 5.3b: Cercos perimétricos de la UNI, CISMID e IPEGA
Fuente: Elaboración propia (Imagen con Dron)



84 Figura 5.3c: Cercos perimétricos de IPEGA
Fuente: Elaboración propia (Mediante Dron)



85 Figura 5.3d: Cercos perimétricos del CISMID e IPEGA
Fuente: Elaboración propia (Mediante Dron)

En la figura 5.3a, 5.3b, 5.3c y 5.3d, se pueden apreciar imágenes tomadas con el Dron de los obstáculos en la zona del proyecto de tesis.

Ya teniendo el levantamiento topográfico y fotogramétrico de la franja de la vía proyectada mediante estación total y dron respectivamente, a partir del cual se procederá a desarrollar las alternativas de trazo de la carretera. Para el proyecto de tesis, se realizara dos propuestas preliminares viables (Propuesta A y Propuesta B) que sorteen los obstáculos (Figura 5.3a, 5.3b, 5.3c y 5.3d), teniendo en cuenta los aspectos Geológicos, Geotécnicos, Hidrología, Drenaje y Suelos y Pavimentos; y a continuación procederá y evaluará cada propuesta:

Propuesta A:

El trazo se efectuó en la superficie obtenida únicamente por fotogrametría por dron, en donde el trazo contempla 02 curvas espirales y 01 curva circular al final del tramo (Figura 5.4a), esto en cuanto a las atribuciones en planta, y en perfil la propuesta A tiene un solo dos PIs verticales (Figura 5.4b), el cual tiene una pendiente de ingreso del -4.350% y de salida una pendiente del +3.149% y un K1 de 6.667 y K2: 17.626.

Propuesta B:

El trazo se efectuó en la superficie obtenida únicamente por fotogrametría por dron, en donde el trazo contempla 02 curvas espirales y 02 curva circular al final del tramo (Figura 5.5a), esto en cuanto a las atribuciones en planta, y en perfil la propuesta A tiene un solo dos PIs vertical (Figura 5.5b), el cual tiene una pendiente de ingreso del -3.550% y de salida una pendiente del +1.651%

Como se puede apreciar, en ambas alternativas, la versatilidad del software para la elaboración de alternativas de trazo con una mejor toda de decisiones basado en la calidad del levantamiento y ortofografía para mejor percepción.

PROPUESTA A



86 Figura 5.4a: Trazo en planta de la propuesta A en el software Infracworks 2020

Fuente: Elaboración propia



87 Figura 5.4b: Trazo planta y perfil de la propuesta A en el software Infracworks 2020

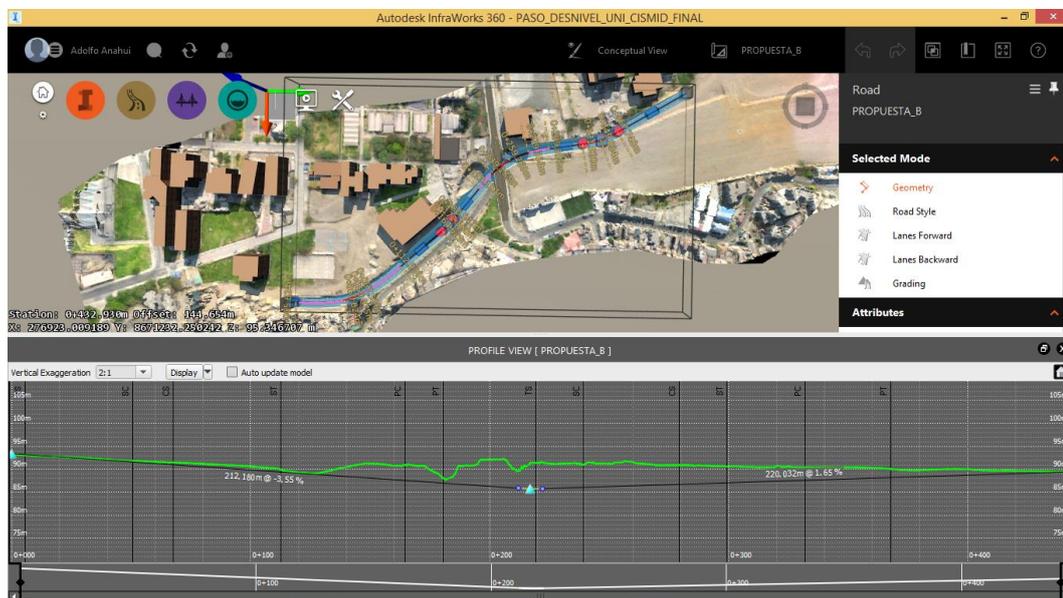
Fuente: Elaboración propia

PROPUESTA B



88 Figura 5.5a: Trazo en planta de la propuesta B en el software Infraworks 2020

Fuente: Elaboración propia



89 Figura 5.5b: Trazo planta y perfil de la propuesta B en el software Infraworks 2020

Fuente: Elaboración propia

Desarrolladas las dos propuestas A y B, ambas viables tal como se puede ver en el desarrollo de las mismas, se evaluaron los parámetros geométricos de la vía de acuerdo al Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2014) elaborado por el MTC y aprobado mediante R.D. N° 031-2013 – MTC/14 y mediante una revisión en planta y perfil de las alternativas de trazos, se puede ver que la propuesta A tiene un suave desarrollo del trazo, teniendo como premisa lo mencionado referente a los obstáculos.

Cabe indicar, que para la elección del trazo no se tomó en cuenta el desarrollo de los sobreeanchos y longitudes de transición, ya que el software Infracore 2020 las desarrolla en función a la norma AASHTO 2011, ya que el manual de Diseño Geométrico (DG-2014) viene a ser una adaptación de dicha norma a la realidad peruana y por lo que varían ciertos parámetros.

5.1.2 Trazo de eje tentativo en función de diagrama de masas

En este segundo caso se tiene como parámetro de medida el diagrama de masas, el cual busca el equilibrio de la calidad y economía del movimiento de tierras, además es un método que indica el sentido del movimiento de los volúmenes excavados, la cantidad y la localización de cada uno de ellos; cabe indicar que estos volúmenes se corrigen aplicando un coeficiente de esponjamiento a los cortes y un coeficiente de compactación para el caso de terraplenes y banquetas.

Para este objetivo, el software Infracore posee una opción el cual permite el cálculo de volúmenes de corte y relleno, esto en función de la sección, perfil y taludes de corte y relleno antes configurados, tal como se puede apreciar en la figura 5.6.



90 Figura 5.6: Opción para el cálculo de volumen de corte y relleno en el software Infracore

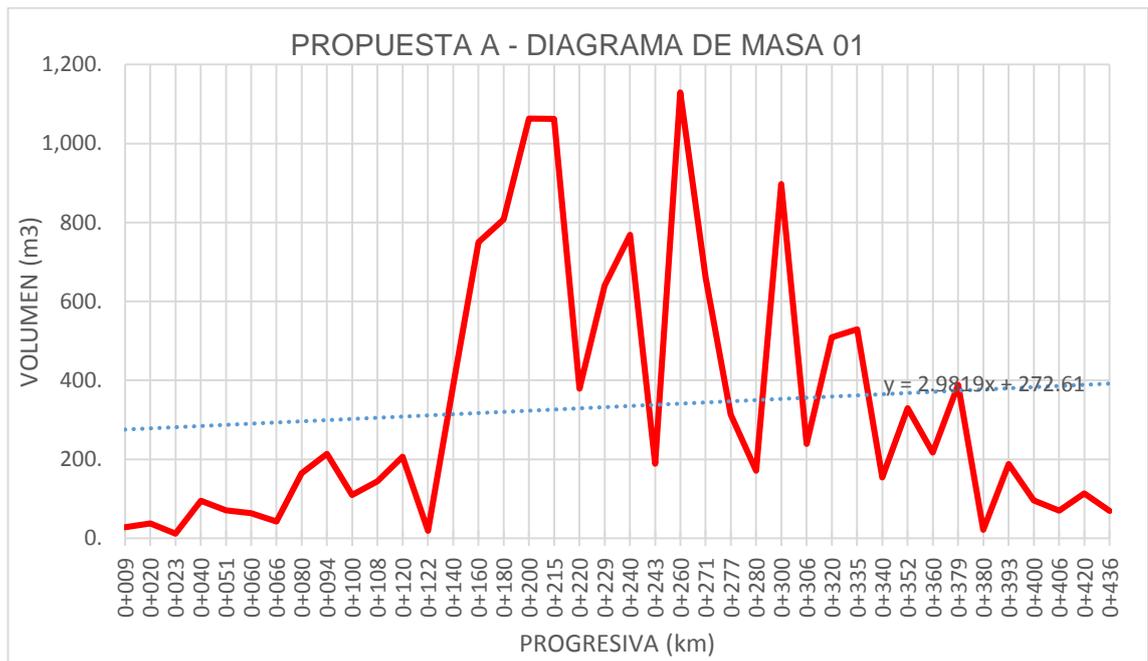
Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta las alternativas de trazos realizados y lo mencionado en los párrafos anteriores, se realizará los cálculos de los diagramas de masas de las propuestas A y B, luego ver las variaciones de volúmenes de masas de cada una, en este caso los parámetros variables serán el perfil longitudinal (está controlado en función de la categoría del camino, velocidad de diseño, topografía, alineamiento horizontal, distancia de visibilidad, drenaje, costo de construcción y valores estéticos), talud de corte - relleno y las secciones transversales.

31 Tabla 5.1: Propuesta A – Diagrama de masas 01

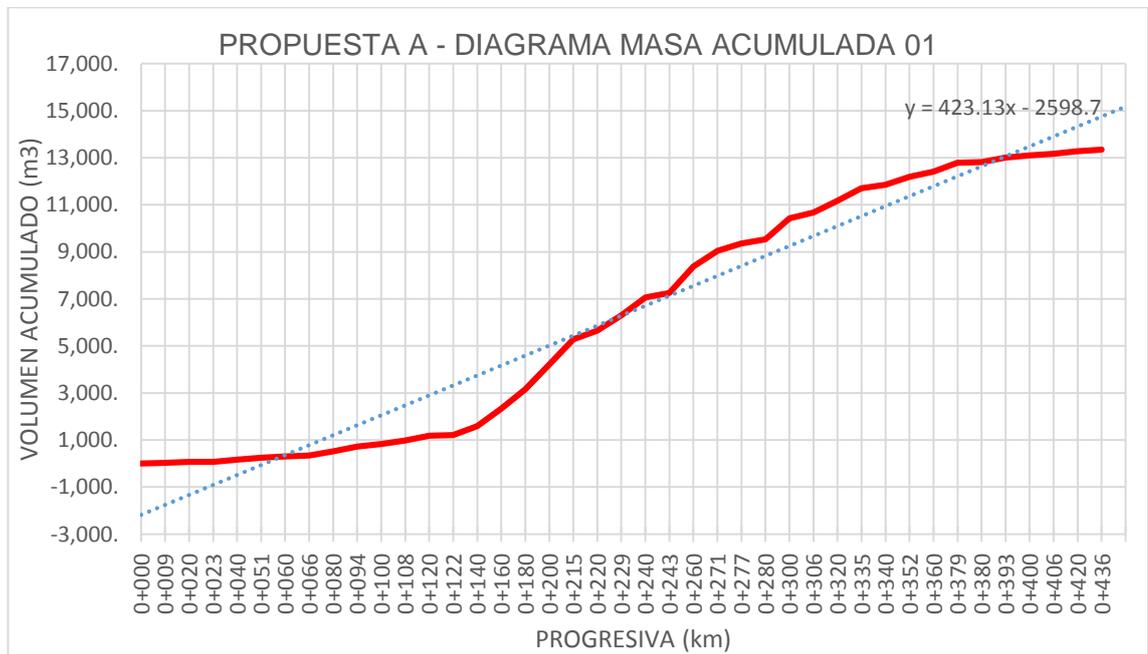
Fuente: Elaboración propia

PROGRESIVA	VOL. CORTE	AREA CORTE	VOL. RELLENO	AREA RELLENO	ACUMULADO CORTE	ACUMULADO RELLENO	VOL. NETO	VOL. NETO ACUM.
	13,349.495		0.041					
0+000.00	0.000	3.643	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0+008.68	27.571	2.711	0.000	0.000	27.571	0.000	27.570	27.570
0+020.00	37.424	3.900	0.000	0.000	64.995	0.000	37.420	65.000
0+022.68	12.005	5.063	0.000	0.000	77.000	0.000	12.010	77.000
0+040.00	94.611	5.861	0.000	0.000	171.612	0.000	94.610	171.610
0+050.68	70.662	7.373	0.000	0.000	242.274	0.000	70.660	242.270
0+060.00	63.669	6.288	0.000	0.000	305.943	0.000	63.670	305.940
0+065.63	42.654	8.868	0.000	0.000	348.597	0.000	42.650	348.600
0+080.00	164.591	14.038	0.000	0.000	513.187	0.000	164.590	513.190
0+093.63	213.547	17.300	0.000	0.000	726.734	0.000	213.550	726.730
0+100.00	109.876	17.192	0.000	0.000	836.610	0.000	109.880	836.610
0+107.63	144.626	20.723	0.000	0.000	981.236	0.000	144.630	981.240
0+120.00	206.296	12.628	0.000	0.000	1,187.532	0.000	206.300	1,187.530
0+121.63	18.995	10.696	0.000	0.000	1,206.527	0.000	19.000	1,206.530
0+140.00	386.364	31.366	0.000	0.000	1,592.891	0.000	386.360	1,592.890
0+160.00	749.810	43.615	0.000	0.000	2,342.701	0.000	749.810	2,342.700
0+180.00	807.598	37.145	0.000	0.000	3,150.299	0.000	807.600	3,150.300
0+200.00	1,063.414	69.196	0.000	0.000	4,213.713	0.000	1,063.410	4,213.710
0+214.85	1,062.674	73.922	0.000	0.000	5,276.387	0.000	1,062.670	5,276.390
0+220.00	379.166	73.335	0.000	0.000	5,655.553	0.000	379.170	5,655.550
0+228.85	640.080	71.311	0.000	0.000	6,295.633	0.000	640.080	6,295.630
0+240.00	769.075	66.643	0.000	0.000	7,064.708	0.000	769.080	7,064.710
0+242.85	189.117	66.058	0.000	0.000	7,253.825	0.000	189.120	7,253.830
0+260.00	1,129.850	65.705	0.000	0.000	8,383.675	0.000	1,129.850	8,383.680
0+270.85	660.657	56.072	0.000	0.000	9,044.331	0.000	660.660	9,044.330
0+276.64	313.477	52.146	0.000	0.000	9,357.808	0.000	313.480	9,357.810
0+280.00	171.117	49.822	0.000	0.000	9,528.925	0.000	171.120	9,528.930
0+300.00	897.154	39.894	0.000	0.000	10,426.079	0.000	897.150	10,426.080
0+306.18	239.085	37.487	0.000	0.000	10,665.164	0.000	239.090	10,665.160
0+320.00	509.114	36.189	0.000	0.000	11,174.278	0.000	509.110	11,174.280
0+335.22	529.560	33.385	0.000	0.000	11,703.838	0.000	529.560	11,703.840
0+340.00	153.660	30.948	0.000	0.000	11,857.498	0.000	153.660	11,857.500
0+351.56	329.299	26.012	0.000	0.000	12,186.797	0.000	329.300	12,186.800
0+360.00	217.253	25.485	0.000	0.000	12,404.050	0.000	217.250	12,404.050
0+378.66	388.293	16.124	0.000	0.000	12,792.343	0.000	388.290	12,792.340
0+380.00	21.454	15.997	0.000	0.000	12,813.797	0.000	21.450	12,813.800
0+392.56	187.796	13.901	0.000	0.000	13,001.594	0.000	187.800	13,001.590
0+400.00	95.456	11.767	0.000	0.000	13,097.049	0.000	95.460	13,097.050
0+406.46	70.210	9.967	0.000	0.000	13,167.259	0.000	70.210	13,167.260
0+420.00	113.273	6.765	0.000	0.000	13,280.533	0.000	113.270	13,280.530
0+435.86	68.962	1.932	0.041	0.005	13,349.495	0.041	68.920	13,349.450



91 Figura 5.7: Diagrama de masas con el software Infracworks

Fuente: Elaboración propia



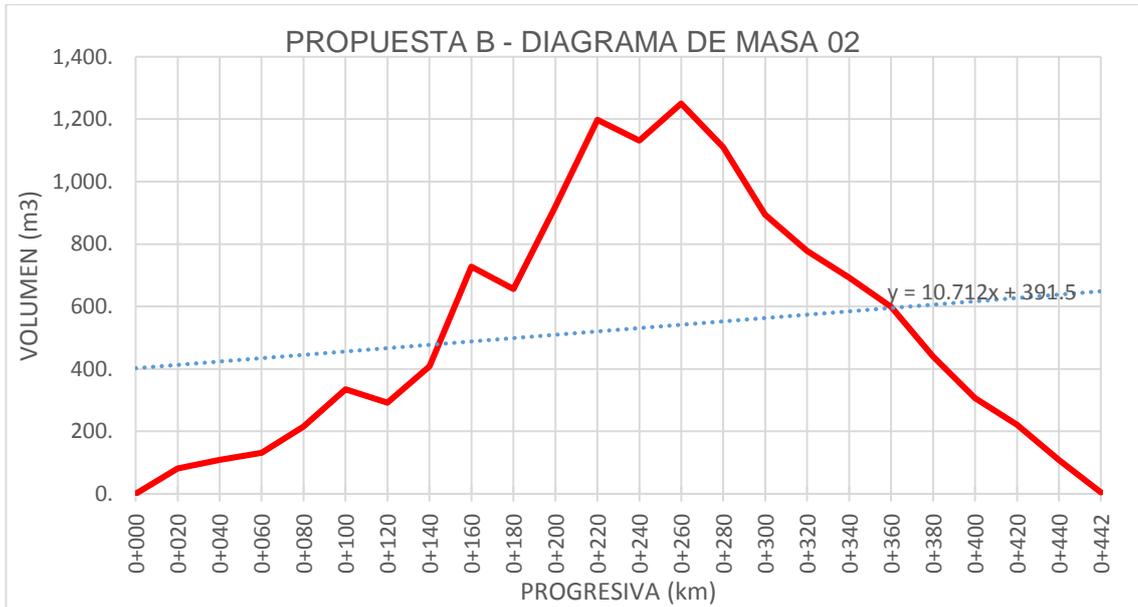
92 Figura 5.8: Diagrama de masas acumulada con el software Infracworks

Fuente: Elaboración propia

32 Tabla 5.2: Propuesta B – Diagrama de masas 02

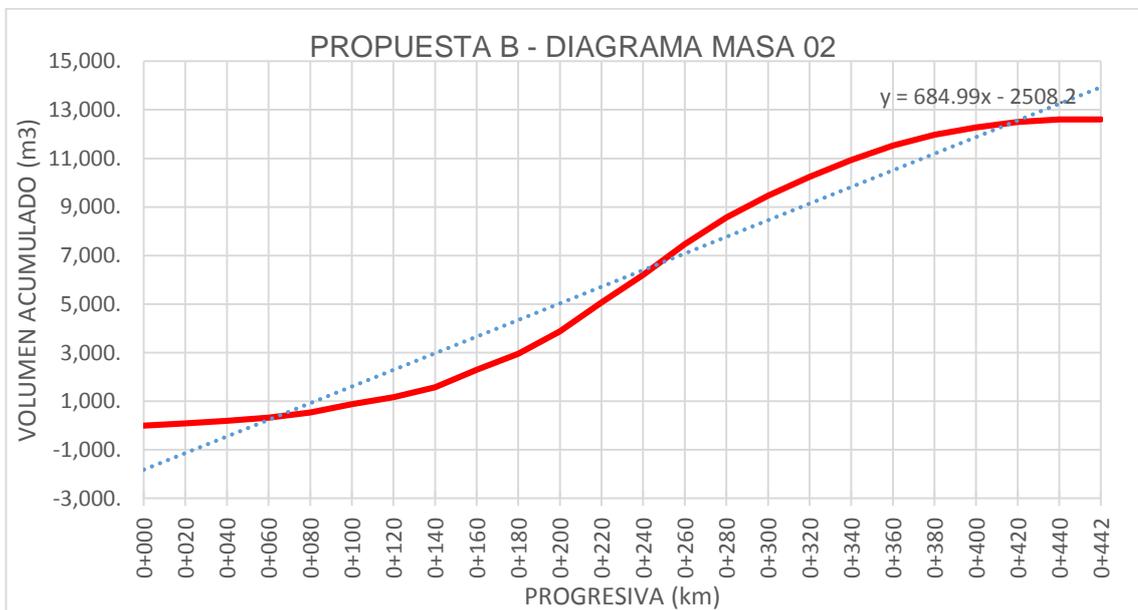
Fuente: Elaboración propia

PROGRESIVA	VOL. CORTE	AREA CORTE	VOL. RELLENO	AREA RELLENO	ACUMULADO CORTE	ACUMULADO RELLENO	VOL. NETO	VOL. NETO ACUM.
	12609.465		0.006					
0+000.00	0.000	3.733	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0+020.00	81.597	4.426	0.000	0.000	81.597	0.000	81.597	81.597
0+040.00	109.026	6.476	0.000	0.000	190.623	0.000	109.026	190.623
0+060.00	131.761	6.700	0.000	0.000	322.384	0.000	131.761	322.384
0+080.00	215.299	14.830	0.000	0.000	537.683	0.000	215.299	537.683
0+100.00	335.043	18.674	0.000	0.000	872.726	0.000	335.043	872.726
0+120.00	292.047	10.530	0.000	0.000	1,164.772	0.000	292.047	1,164.772
0+140.00	408.782	30.348	0.000	0.000	1,573.554	0.000	408.782	1,573.554
0+160.00	727.895	42.442	0.000	0.000	2,301.449	0.000	727.895	2,301.449
0+180.00	656.001	23.158	0.000	0.000	2,957.450	0.000	656.001	2,957.450
0+200.00	920.044	68.846	0.000	0.000	3,877.494	0.000	920.044	3,877.494
0+220.00	1,197.872	50.941	0.000	0.000	5,075.366	0.000	1,197.872	5,075.366
0+240.00	1,131.666	62.225	0.000	0.000	6,207.032	0.000	1,131.666	6,207.032
0+260.00	1,250.127	62.787	0.000	0.000	7,457.159	0.000	1,250.127	7,457.159
0+280.00	1,109.495	48.162	0.000	0.000	8,566.654	0.000	1,109.495	8,566.654
0+300.00	893.722	41.210	0.000	0.000	9,460.376	0.000	893.722	9,460.376
0+320.00	777.736	36.564	0.000	0.000	10,238.111	0.000	777.736	10,238.111
0+340.00	692.291	32.665	0.000	0.000	10,930.402	0.000	692.291	10,930.402
0+360.00	598.532	27.188	0.000	0.000	11,528.934	0.000	598.532	11,528.934
0+380.00	440.192	16.831	0.000	0.000	11,969.127	0.000	440.192	11,969.127
0+400.00	306.413	13.810	0.000	0.000	12,275.539	0.000	306.413	12,275.539
0+420.00	221.762	8.366	0.000	0.000	12,497.301	0.000	221.762	12,497.301
0+440.00	107.400	2.374	0.000	0.000	12,604.702	0.000	107.400	12,604.702
0+442.21	4.762	1.932	0.006	0.005	12,609.464	0.006	4.756	12,609.458



93 Figura 5.9: Diagrama de masas con el software Infracworks

Fuente: Elaboración propia



94 Figura 5.9: Diagrama de masas acumulada con el software Infracworks

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de masas 01, tiene como características un pico máximo de volumen de 1,129.850 m³ y una pendiente en el diagrama acumulado de 423.13.

Diagrama de masas 02, tiene como características un pico máximo de volumen de 1,250.127 m³ y una pendiente en el diagrama acumulado de 684.99

Como se puede ver en las tablas de diagramas de masas y sus gráficos correspondientes, existe una mejor distribución de volúmenes de corte y relleno de la propuesta A (1,129.850 vs 1,250.127) y mejor distribución en el diagrama de masas 01 (423.12 vs 684.99).

Por todo lo indicado en párrafo anterior, se elige la propuesta A como mejor trazo en planta y con diagrama de masas 01 como la mejor alternativa, la cual será con la que se desarrollará el trazo final y sus respectivos detalles.

5.2 ELECCIÓN DEL TRAZO DEFINITIVO

Finalmente ya elegido el trazo con el cual se desarrollara el proyecto, el mismo que se llevará al software AutoCAD Civil 3D para proceder con algunas correcciones correspondientes al manual de carreteras – DG 2014 y la generación de los planos finales.

Se toma el trazo de la alternativa A y su respectivo diagrama de masas 01, ya fueron los que mejor se adecuaron a los criterios adoptados para la evaluación (por obstáculos y por diagrama de masas) del mejor trazo, ahora toca pasar a desarrollar el trazo con las parámetros geométricas de diseño (Tabla 4.26) ya determinados en el capítulo anterior.

CAPÍTULO VI: MODELAMIENTO DE ESPECIALIDADES DE INFRAESTRUCTURA VIAL CON INFRAWORKS 2020 Y AUTOCAD CIVIL 3D

En este capítulo se desarrollará el modelamiento, análisis y diseño de la alternativa seleccionado en el capítulo anterior, esta vez desarrollando en forma colaborativa entre los softwares BIM de Autodesk como el AutoCAD CIVIL 3D e InfraWorks 2020, también se verá la interacción entre los mismos y su comparación con la metodología tradicional.

6.1 MODELAMIENTO ANÁLISIS Y DISEÑO CON AUTOCAD CIVIL 3D

Con la propuesta de trazo seleccionado (alternativa A – diagrama de masas 01) mediante el software BIM Infracworks, ahora toca comunicarse entre los softwares Infracworks y AutoCad Civil 3D para lo cual se tiene dos formas, la primera en donde solamente se extraiga el alineamiento de Infracworks y cargar los points cloud en el AutoCad Civil 3D y la segunda es extraer el alineamiento y superficie de Infracworks y en donde el AutoCad Civil 3D solamente acoja toda la información para luego modificar algunos parámetros, en ambas alternativas se procederá a la manipulación de propiedades geométricas correspondientes al alineamiento en el software AutoCAD Civil 3D.

La primera alternativa es cargar los points cloud para realizar el modelamiento, análisis y diseño con el software Autodesk AutoCAD Civil 3D, esto consistirá primeramente en la representación de la superficie en curvas de nivel, a partir de los points cloud obtenidos en el capítulo anterior mediante la restitución con el software Pix4D en un archivo con extensión *.LAS; para luego pasar a usar el trazo seleccionado e importar desde el archivo original del software Infracworks, teniendo de esta forma tanto la superficie como el trazo (alineamiento, perfil, plataforma) en el AutoCAD Civil 3D para sus correcciones de acuerdo al manual de Diseño Geométrico (DG-2014).

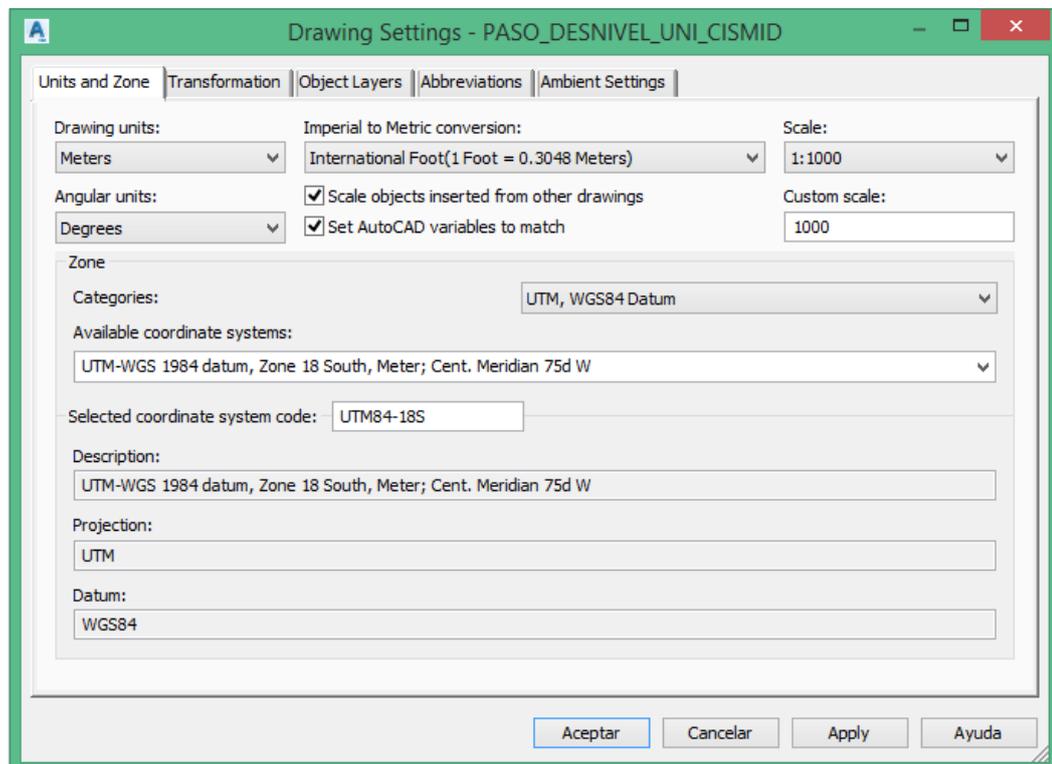
6.1.1 Introducción de datos de campo – Point Cloud

Antes de iniciar cualquier trabajo en el software AutoCAD Civil 3D, primero se configurara el sistema de coordenadas, el tipo de proyección y el datum con el que se trabaja (figura 6.1a), que son las mismas con las que se realizó el levantamiento fotogramétrico no tripulado, también la misma que se utilizó en el software Infracworks para la ejecución del trazo. Seguidamente se inicia con la importación del archivo *.LAS el cual contiene la información de la nube de puntos, este resultado de la restitución fotogramétrica mediante el software PIX4D mapper Pro detallado en el capítulo anterior, tal como se puede ver en la figura 5.1b. Los datos de georreferenciación son los siguientes:

Sistema de proyección = UTM

Datum = WGS84

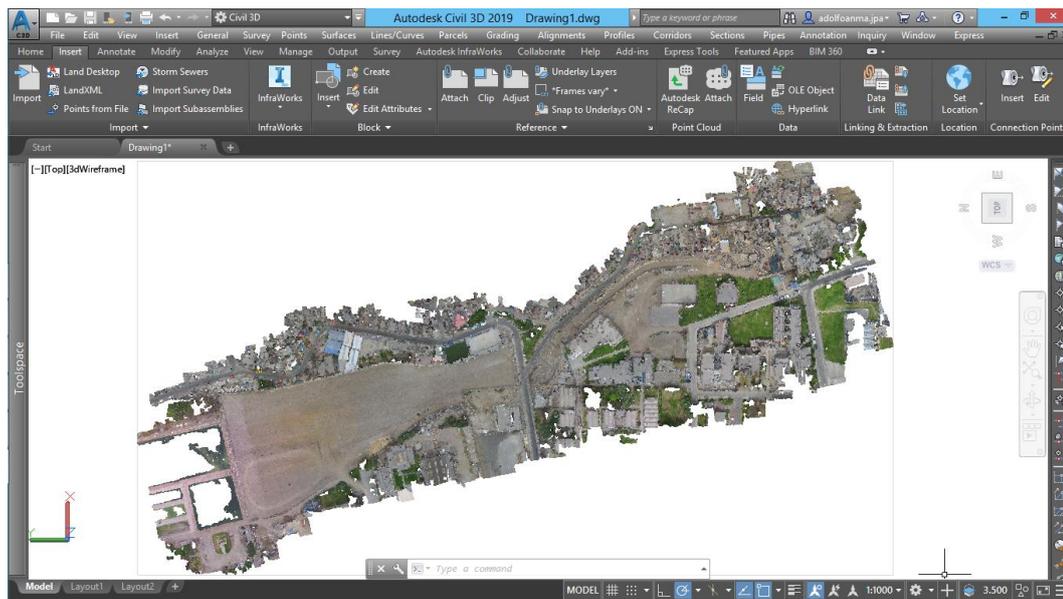
Zona = 18S



95 Figura 6.1a: Configuración del sistema de trabajo en el software AutoCAD Civil 3D

Fuente: Elaboración propia

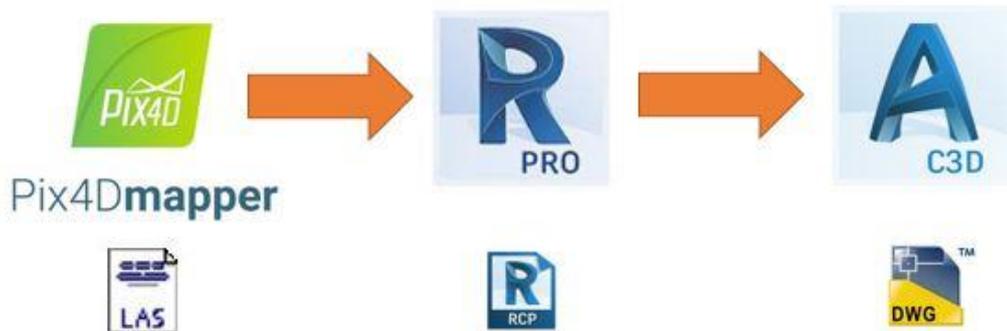
En la Figura 6.1a, se puede apreciar el sistema de proyección (UTM) como el datum de referencia (WGS84) son parámetros de uso obligatorio para obras públicas en el Perú y la zona 18S indica el huso y el hemisferio donde se ubica el proyecto (en este caso sur); también permite configurar las unidades de medida, ángulo, conversiones y escala que más se utilizan en cada país, en este caso se tiene el metro y grados sexagesimales para el Perú.



96 Figura 6.1b: Nube de puntos (*.RCP) y georreferenciado en el software AutoCAD Civil 3D

Fuente: Elaboración propia

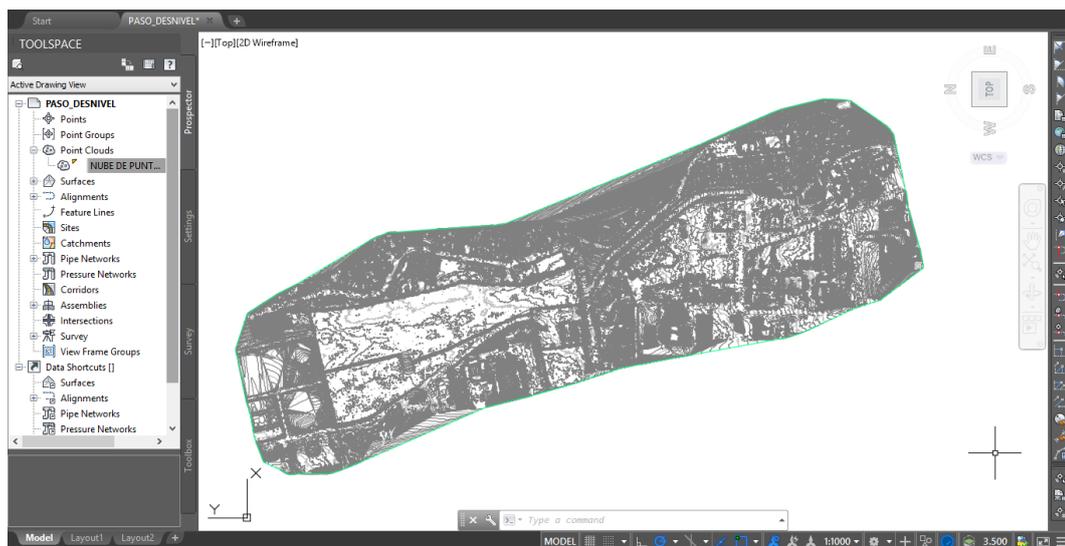
A partir del 2018 el software AutoCAD Civil 3D solamente permite importar nube de puntos (points cloud) desde ReCap (archivos *.RCP), software perteneciente a la empresa Autodesk, ya no permitiendo así importar archivos del tipo *.LAS que comúnmente contiene la nube de puntos en un proceso de restitución, por lo que, para poder llevar los points cloud a AutoCAD Civil 3D será mediante el software Autodesk ReCap que si permite los archivos *.LAS, con el cual se modificara el tipo de archivo de *.LAS a *.RCP (Figura 6.1b – Anexo 1.9) como se puede apreciar en el flujo de trabajo en la Figura 6.2.



97 Figura 6.2: Flujo de trabajo con archivos *LAS en AutoCad Civil 3D

Fuente: Elaboración propia

El paso siguiente a la introducción de la nube de puntos (Figura 6.1b), es la generación de la triangulación y las curvas de nivel (Figura 6.3, Ver en Anexo 1.9) a partir de estas, el software AutoCAD Civil 3D permite generar curvas nivel con una separación de nivel variable, para este caso la separación es de 0.10 m, en donde se procesaron 18'590,103 puntos; debido a la gran densidad de puntos se puede realizar separaciones de curvas de nivel de menores dimensiones al metro para mayor detalle.



98 Figura 6.3: Curvas de nivel generado a partir de la nube de puntos espaciados a 0.10m -

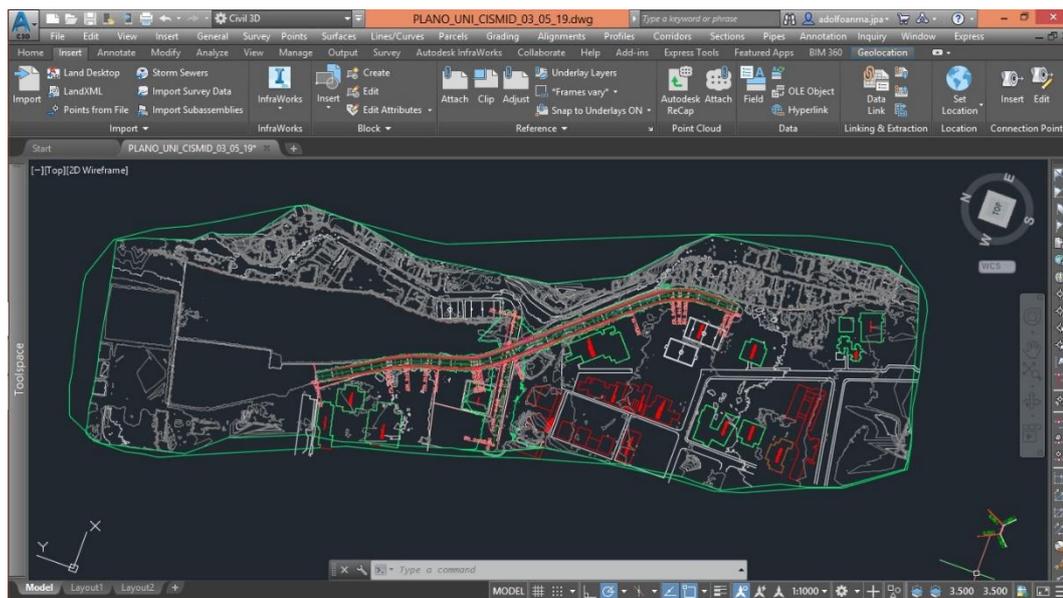
AutoCad Civil 3D

Fuente: Elaboración propia

6.1.2 Introducción del alineamiento a AutoCad Civil 3D

En este ítem se verá la comunicación entre Infracworks 2020 y AutoCad Civil 3D, en donde este segundo permitirá modificar algunos parámetros geométricos (sobrecanchos, peraltes y radios) de la vía de acuerdo al Manual de Diseño Geométrico DG-2014, así mismo realizar la presentación de la documentación (planos en planta, perfil y secciones) y finalmente tener que retornar a Infracworks para su modelado final.

Como primera alternativa será importar únicamente el alineamiento seleccionado de Infracworks, pero teniendo como base las curvas de nivel debidamente referenciado en AutoCad Civil 3D para recibir de manera correcta el alineamiento, tal como se aprecia en la Figura 6.4, ver Anexo 1.9.



99 Figura 6.4: Alineamiento importado desde Infracworks a AutoCad Civil 3D

Fuente: Elaboración propia

Como segunda alternativa será importar la superficie y el alineamiento seleccionado de Infracworks, pero teniendo como base la configuración de la georreferenciación en AutoCad Civil 3D para recibir de manera correcta la información tal como se aprecia en la Figura 6.5.

6.1.3 Parámetros de la norma de Diseño Geométrico - DG-2014

En esta etapa se tomarán los parámetros obtenidos en el ítem 3.3.6, en donde se resumen los parámetros a considerar para el diseño de la vía correspondiente. El Software AutoCAD Civil 3D contempla los parámetros de la norma AASHTO-2011 para su análisis y diseño, pero en nuestra legislación de contrataciones con el estado hace hincapié de la utilización de la norma de diseño geométrico DG-2014 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones; en tal sentido se proporcionará los parámetros obtenidos en el ítem antes mencionado para el diseño al software.

33 Tabla 6.1: Características Geométrica de Diseño

Fuente: Elaboración propia

SECTOR	KM 0+000 - KM 0+300
Velocidad Directriz	VD = 40 KPH
Ancho de Calzada	6.60m
Ancho de Bermas	0.50 m. c/lado
Bombeo	2.5%
Radio mínimo	60 m.
Sobreancho máximo	1.70m
Peralte máximo	8% - 9%
Pendiente máxima	6.16%
Pendiente mínima	0.56%
Talud de relleno	1.5H:1V
Talud de corte	De acuerdo al tipo de material
Vereda	1.2m c/lado
Ciclovía	0.80m c/lado

34 Tabla 6.2: Parámetros de la norma DG-2014 en el software AutoCAD Civil 3D

Fuente: Elaboración propia

PROYECTO: PASO A DESNIVEL UNI - CISMID

CLASIFICACION DE CARRETERA

1.1 Clasificación por demanda

IMD 300 Veh/dia

Carreteras de Tercera Clase

Ancho de Carril Mínimo: 2.50(1) - 3.00

Separador Mínimo: NO requiere

Rodadura: Soluciones Econom. - Paviment.

1.2 Clasificación por orografía

Pendientes transv. <= 10%

Pendientes long. 3%

Terrano plano (tipo 1)

- (1) De manera excepcional estas vias podran tener carriles hasta de 2.50m contando con el sustento técnico correspondiente.

PROYECTO: PASO A DESNIVEL UNI - CISMID

Rangos de Velocidades de Diseño en funcion de la Carretera por demanda y orografía

Clasificación	Autopista
	Carretera
Tipo	Primera clase
	Segunda Clase
	Tercera Clase
Orografía	Plano
	Ondulado
	Accidentado
	Escarpado

1.1 Clasificación Carretera

Tipo Tercera Clase

Orografía Plano

Rango de velocidad 40-50-60-70-80-90

PROYECTO: PASO A DESNIVEL UNI - CISMID

1.1 Longitudes de tramos en tangente

V(km/h)	L min. S (m)	L min. O (m)	L max (m)
30	42	84	500

1.2 Radios mínimos

Ubicación de la vía	Area rural (plano u ondula) ▼		
Radio Mínimo(m)	30	Radio Calcul.(m)	28.00
Peralte Max(%)	8.0		

1.3 Longitud de espiral

J(m/s ³)	...
A min.	...
L min. Calc(m)	16.02
Le=L min. Redon(m)	30

Radio circular que permite prescindir de la curva trans.

R(m) **55**

Condiciones de Estética:

Le≥30m	30	OK	
Lmax=1.5xLmin>Le	26.83	OK	
R/3≤A≤R	10.00	30.00	OK
Le≥L _{min} P%	0.00	OK	

1.4 Sobre Ancho

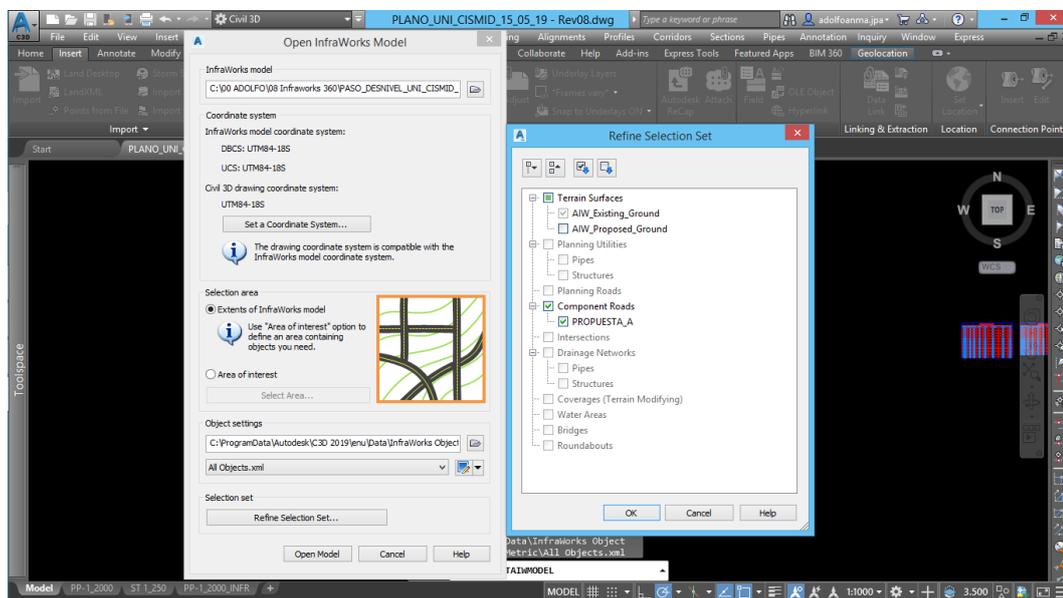
Ómnibus de dos ejes (B2) ▼	
N° Carril	2
L(m)	10.55
Sa(m)	4.4
Lt Sa(m)	0.00

L_{min} de Trans. Peralte

Pi	-2.0%
B(m)	0
ip max	1.5%
pf	8.0%
Lmin p% (m)	0.00

6.1.4 Importación del alineamiento de Infracworks 2020 a AutoCAD Civil 3D

Teniendo la superficie debidamente georreferenciada y los parámetros geométricos de la norma colocados en el Software AutoCAD Civil 3D, toca la importación del alineamiento del trazo seleccionado en el capítulo anterior para su respectivo análisis y diseño en función a la norma peruana de Diseño Geométrico de Carreteras. El alineamiento se puede importar de dos formas tal como se puede apreciar en la siguiente Figura 6.5, ver Anexo 1.9 para su mejora apreciación.



100 Figura 6.5: Importación mediante el formato *.sqlite – AutoCad Civil 3D

Fuente: Elaboración propia

6.2 MODELAMIENTO, ANÁLISIS Y DISEÑO CON AUTOCAD CIVIL 3D

En el modelamiento del paso a desnivel será con la versión última del alineamiento seleccionado en el capítulo anterior, el cual se verá el tema de los radios mínimos y sus transiciones, creación del perfil longitudinal, sección de vía, peralte y sobrancho.

6.2.1 Alineamiento de tramo

El alineamiento importado visto en el ítem 5.1.3 se verificará los parámetros geométricos de la norma en planta tal como los radios mínimos, tramos en tangente y tramos de transiciones, este último se verá en un ítem independiente para su mejor entendimiento.

En la figura 5.4 se puede ver que los radios están por encima del radio mínimo que indica la norma peruana.

1.2 Radios mínimos

Ubicación de la vía	Area rural (plano u ondula)	
Radio Minimo(m)	50	Radio Calcul.(m) 50.00
Peralte Max(%)	8.0	

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA													
N° CURVA	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI: 01	N26° 02' 44"W	21°17'09"	150.00	28.19	55.73	55.41	2.63	2.58	0+351.19	0+323.00	0+378.73	8671093.57	276839.99
PI: 02	N19° 54' 21"W	10°42'19"	80.00	7.50	14.95	14.93	0.35	0.35	0+058.19	0+050.70	0+065.65	8670854.98	277004.72
PI: 03	N28° 23' 16"W	3°41'19"	90.00	2.90	5.79	5.79	0.05	0.05	0+273.81	0+270.91	0+276.70	8671018.52	276860.67

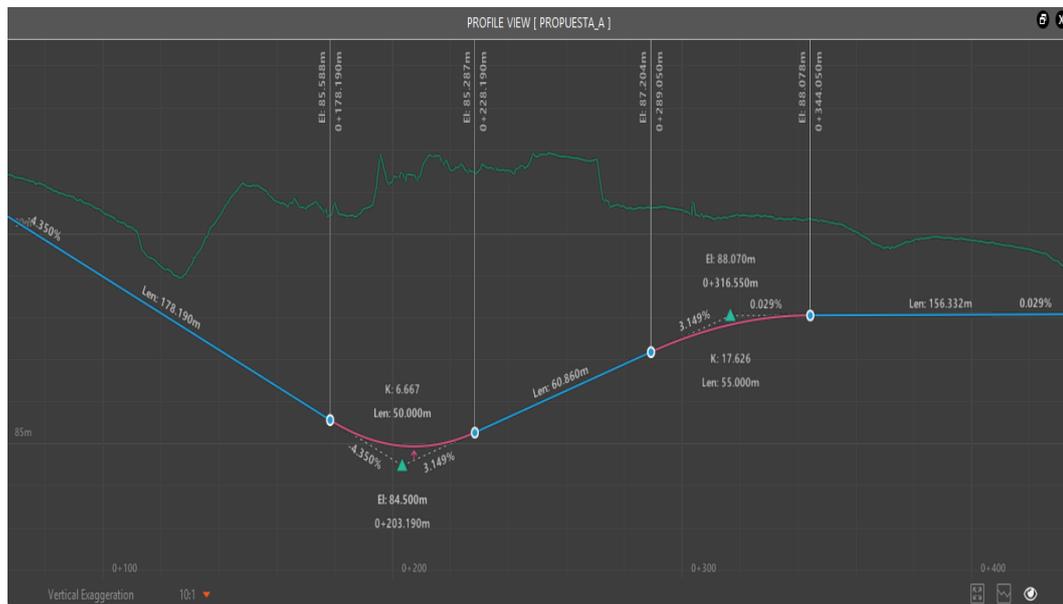
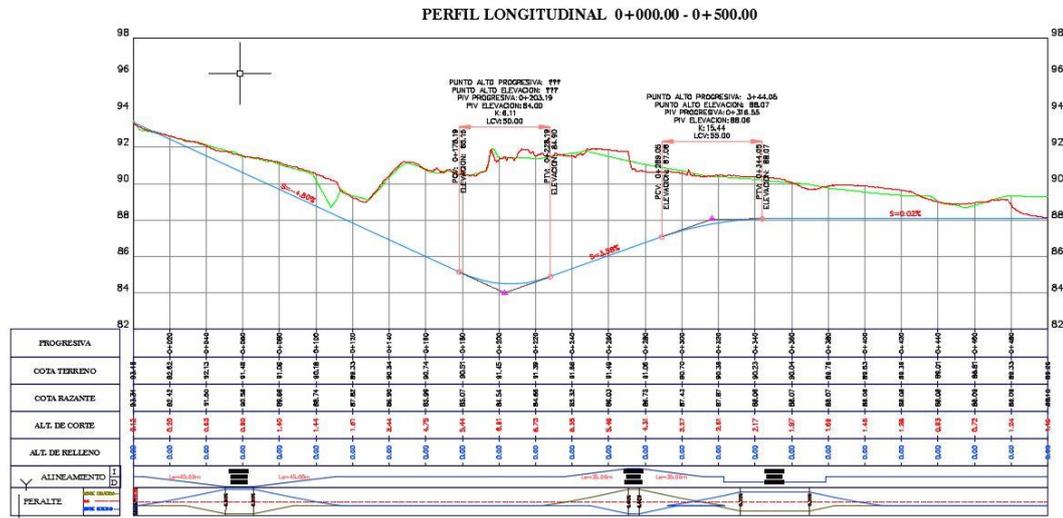
101 Figura 6.6: Radios del alineamiento Vs Radio Mínimo

Fuente: Elaboración propia

6.2.2 Perfil

Una característica importante del software BIM Autodesk InfraWorks es que permite de manera simultánea ver el estado del alineamiento en planta y perfil, donde cada PI, PIV (Punto de Intersección Vertical) tendrán sus propiedades como cota rasante de entrada y salida (T.E. y T.S.), valor de K, longitud total, longitud de tangente de entrada y salida, distancia de iluminación; en la parte de geometría (nos brinda progresiva y cota) tales como punto medio, punto de curvatura, vértice vertical y punto de tangencia y todas estas propiedades resumidas en el perfil que si bien no se ve a primera vista en la importación del trazo pero que si está implícito y luego de generar el perfil en AutoCAD Civil 3D

se verá el perfil que se estuvo analizando en Infracworks tal como se puede apreciar en la siguientes figura 6.7 (Ver Anexo 1.7 para su mejor apreciación).



102 Figura 6.7: Perfil en ambos softwares – AutoCad Civil 3D

Fuente: Elaboración propia

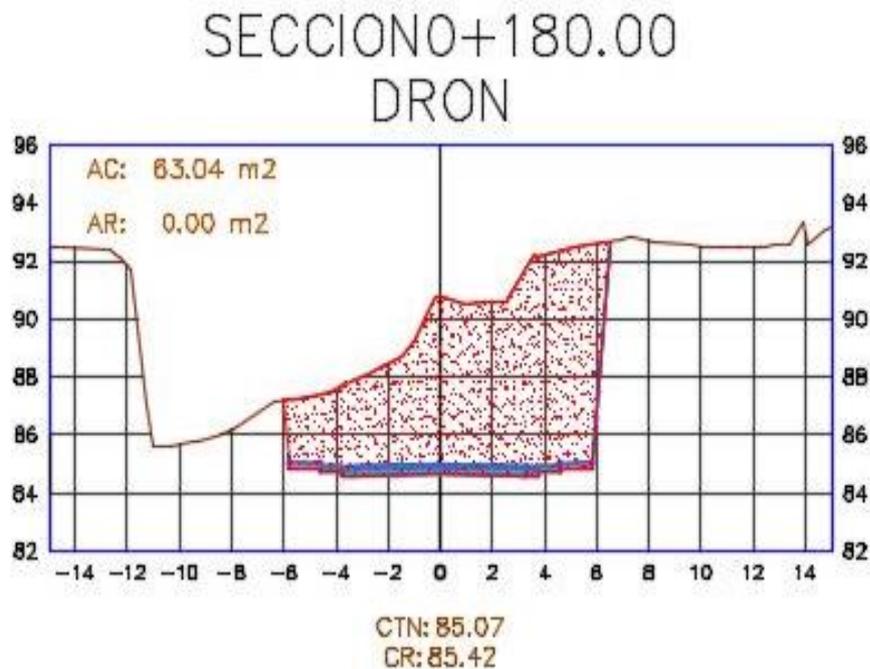
6.2.3 Sección de vía

La sección transversal de la vía está de acuerdo al ítem 3.3.6, donde están las dimensiones seleccionadas en función a la norma peruana y nuestras necesidades, la sección transversal de la vía ya fue modelada en el software Infracworks como se puede apreciar en la figura 5.6a se puede apreciar una sección del tramo, con la herramienta BIM se pudo verificar la variación del talud de la sección en el transcurso de tramo, en esta etapa toca introducir al software AutoCAD Civil 3D los mismos datos que en el Infracworks ya verificadas, tal como se puede ver en la figura 5.6b.



103 Figura 6.8a: Sección de vía en Infracworks 2020

Fuente: Elaboración propia



104 Figura 6.8b: Sección Típica de vía en AutoCAD Civil 3D 2020.

Fuente: Elaboración propia

6.2.4 Puente en Paso a Desnivel

Como parte de la interconexión entre los sectores S y T de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI – CISMID), se ha previsto la construcción de un Paso a Desevel con el fin de dotar de una vía alterna hacia el sector T (CISMID), el cual implica la construcción de un puente nuevo en la Av. El Ángel. Con ello se mejorara el tránsito la universidad.

El Proyecto contempla la construcción del puente simplemente apoyado de 18.10 m de luz entre ejes de estribo, será de sección única con vigas AASHTO TIPO II de concreto pre tensionado.

Las características de la superestructura del nuevo puente serán de únicamente de concreto. Igualmente se ha previsto que los Pilares de la subestructura sean del tipo pantalla con aleros a los costados para la contención del talud.

6.2.4.1 Descripción del Punte

Las características y materiales del puente fueron obtenidas del software infraworks y son las siguientes:

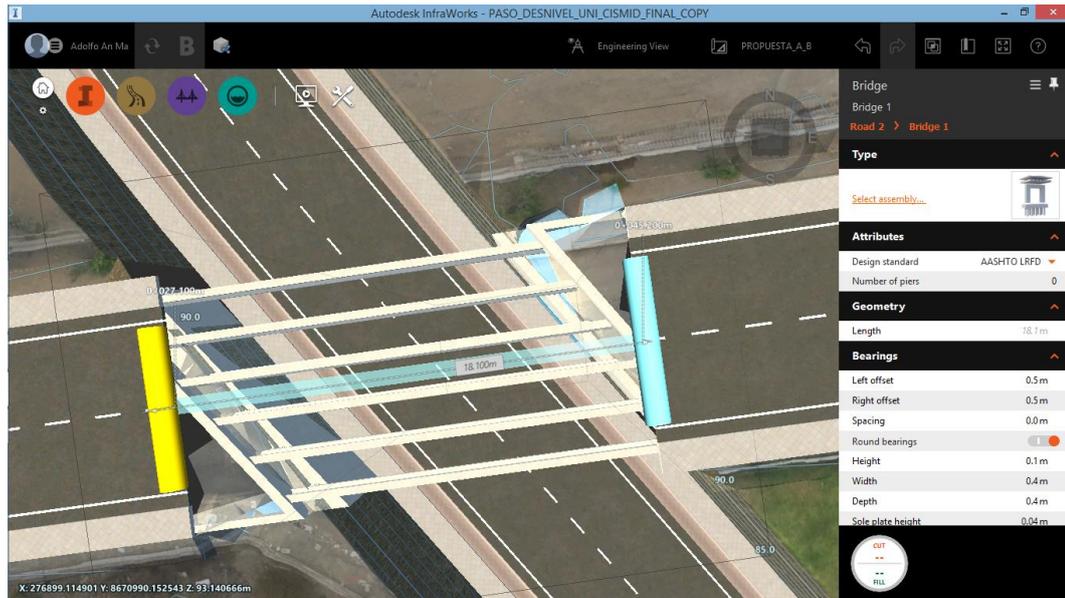
Superestructura:	
Longitud	: 18.10 m
Número de tramos	: 01 Tramo
Sistema estructura	: Viga simplemente apoyado
Tablero	: 06 Vigas AASHTO Tipo II con una losa de concreto de espesor constante 0.20m
Ancho total	: 10.20 m (Incluye vereda)
Ancho de vía	: 7.80 m doble vía (Incluye berma)
Ancho de vereda	: 1.20 m x 2 = 2.40 m (Ambos carriles)
Materiales	
Viga	: F'c = 55 MPa
Losa del tablero	: F'c = 35 MPa
Vereda	: F'c = 35 MPa
Subestructura:	
Estribo Izquierdo	: Estribo tipo Muro cimentado sobre un cajón de cimentación
Estribo Derecho	: Estribo tipo Muro cimentado sobre un cajón de cimentación
Materiales:	
Estribos	: F'c = 35 MPa
Cimentación:	
Zapata Izquierdo	: Tipo cajón
Zapata Derecho	: Tipo cajon
Materiales:	
Zapatas	: F'c = 35 MPa

6.2.4.1 Especificaciones Técnicas Generales

- Sobrecarga de Diseño HL 93

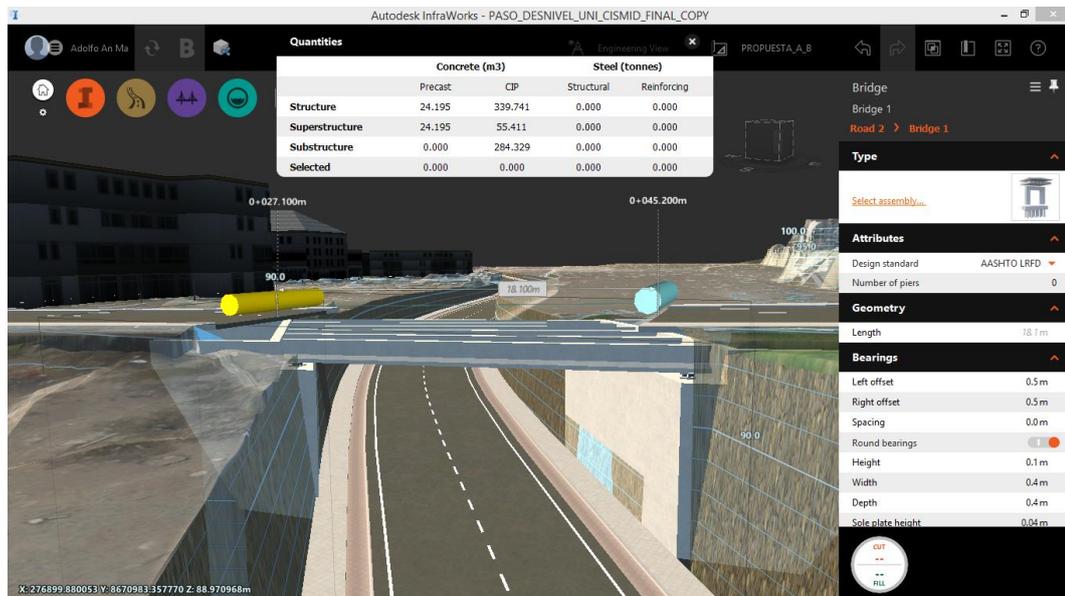
Autodesk Infracore 2020 realiza el pre-dimensionamiento de acuerdo a:

- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications.



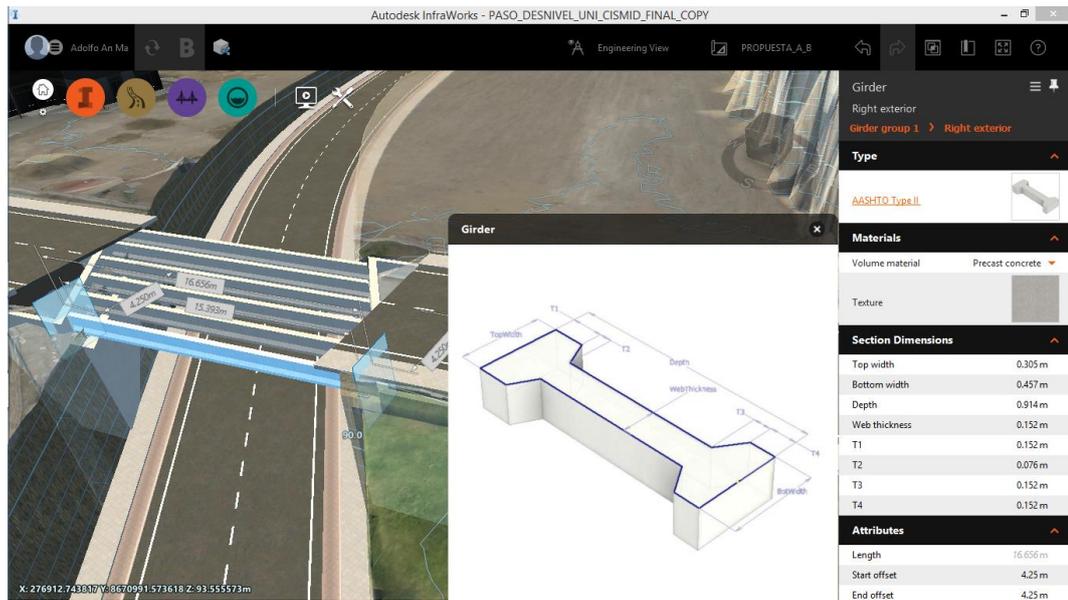
105 Figura 6.9a: Planta de Puente Paso a Desnivel - Infracore.

Fuente: Elaboración propia



106 Figura 6.9b: Perfil de Puente Paso a Desnivel - Infracore.

Fuente: Elaboración propia



107 Figura 6.10a: Viga Externa de Puente - Infracworks.

Fuente: Elaboración propia

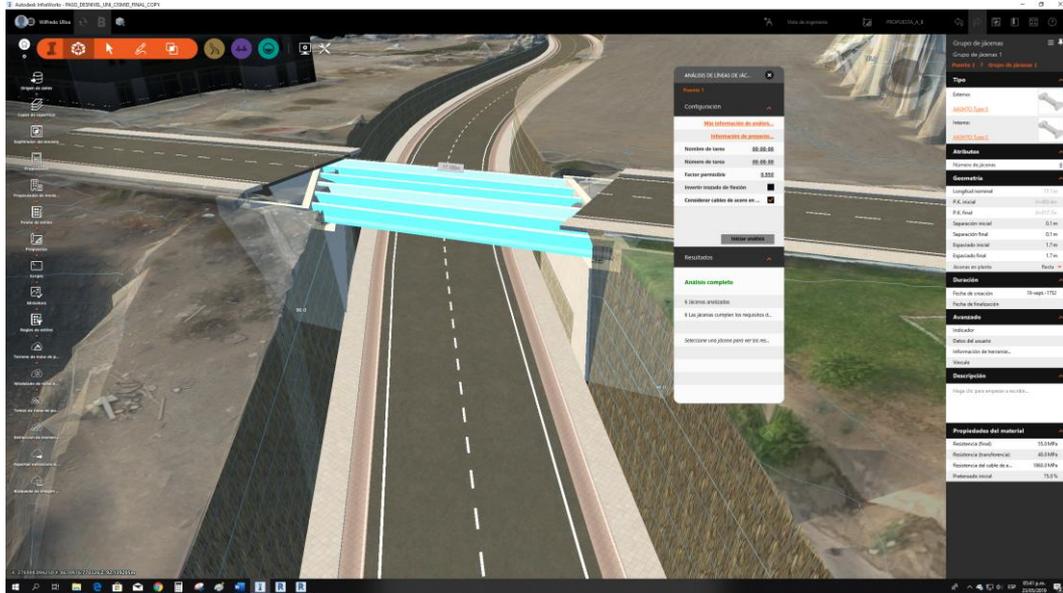


108 Figura 6.10b: Viga Interna de Puente - Infracworks.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente Autodesk Infracworks 2020 realiza un análisis a las vigas en función de la norma AASHTO LRFD Bridge Design Specifications el cual se muestra en la Figura 6.11a y consecuencia del análisis el software presenta un Informe de 90

hojas del comportamiento de las vigas Figura 6.11b, en el Anexo 1.3 se presenta un Informe resumen para su mejor apreciación.



109 Figura 6.11a: Análisis de vigas del Puente - Infraworks.

Fuente: Elaboración propia

Autodesk, Inc. 111 McInnis Parkway, San Rafael, CA 94903, USA			
Job:	Bridge 1	Job No.:	
Project:	Untitled	Calc. By:	
		Checked:	

Bridge Girder Design Report
Powered by Autodesk Structural Bridge Design

Design: Pre-tensioned Prestressed Concrete Girder
Analysis: Line Girder - Simplified Analysis using Transverse Distribution Method

Design Code: AASHTO LRFD Bridge Design Specifications
Seventh Edition with 2016 Interim Revisions

Bridge: Bridge 1
Girder Line: 6
Girder: Girder group 1 > Right exterior

Overall Performance Ratio = 0.76

Contents

- [Girder Design Summary](#)
- [Girder Design Calculations](#)
- [Transverse Live Load Distribution Factor Calculations](#)
- [Analysis Load Envelopes](#)
- [Analytical Model Data](#)

110 Figura 6.11b: Informe de Análisis de vigas del Puente - Infraworks.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VII: CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS PROPORCIONADOS POR CADA FUENTE DE INFORMACIÓN

En este capítulo séptimo se verá las contrastaciones de perfiles y secciones, los diagramas de masas y las comprobaciones de precisión en elevación y planta, esto realizado al alineamiento seleccionado en las superficies obtenidas del modo tradicional (Estación total) y fotogrametría (Mediante Drone), también se verá la presentación final del proyecto mediante planos (planta, perfil y secciones) de la vía en la superficie obtenida mediante fotogrametría no tripulada mediante DRON.

7.1 CONTRASTACIÓN DE PERFILES Y SECCIONES TRANSVERSALES

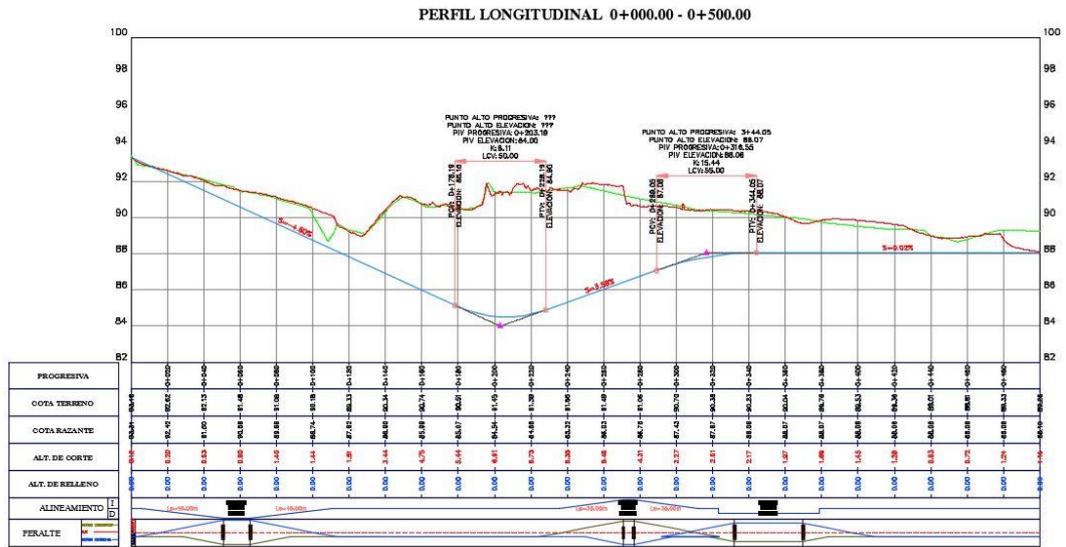
En este ítem se verá las diferencias entre los diagramas de perfil y las secciones transversales obtenidas mediante el método tradicional y la fotogrametría mediante dron.

7.1.1 Contrastaciones de Perfiles

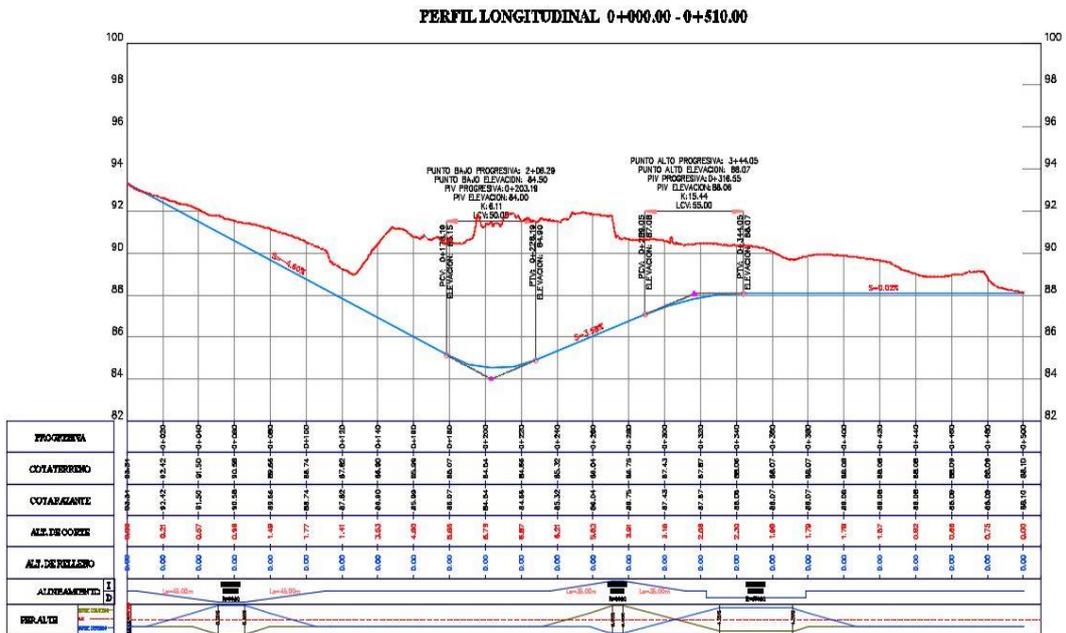
La obtención de cada superficie por cada método, el método tradicional donde la ubicación y densidad de puntos es en función de la pericia del topógrafo y la fotogrametría mediante dron, en donde la ubicación y densidad de puntos es en función de la resolución de la cámara y altura de vuelo básicamente.

El perfil obtenido en cada una de las superficies (estación total y dron) con un mismo alineamiento tanto en planta como perfil, se puede observar en la figura 7.1a, donde se puede ver las variaciones del perfil de terreno natural obtenido por estación, el relieve varia de manera brusca en todo el tramo de la vía.

Por otro lado en la figura 7.2b el perfil del terreno natural obtenido por fotogrametría varia a menor distancia, esto debido a la gran cantidad de puntos que se levanta.



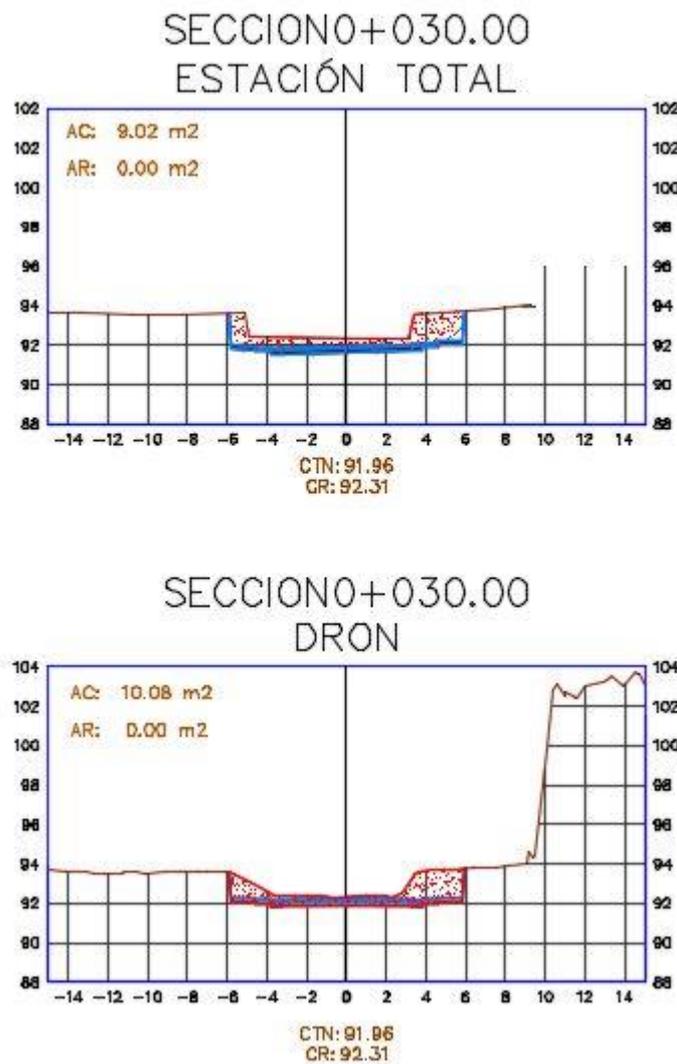
111 Figura 7.1a: Perfil de alineamiento en superficie levantado con estación total
Fuente: Elaboración propia



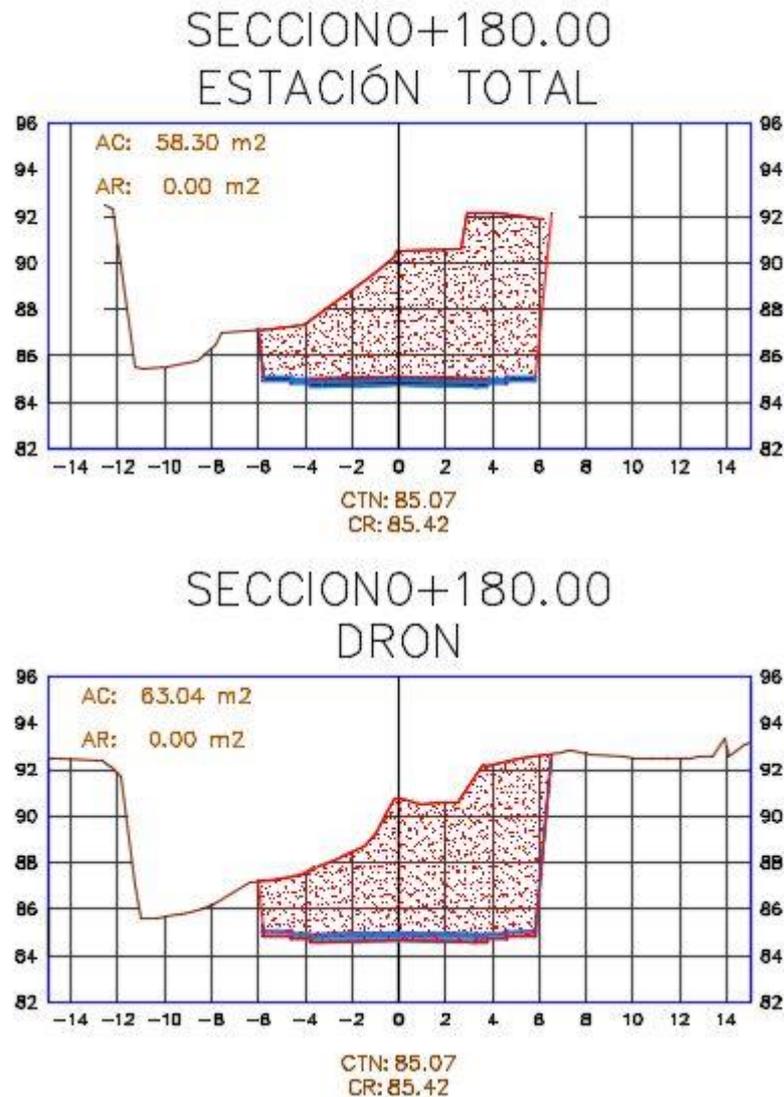
112 Figura 7.1b: Perfil de alineamiento en superficie levantado con dron
Fuente: Elaboración propia

7.1.2 Secciones

Las secciones para la comparación se obtuvieron como el caso de la contrastación de perfiles de un mismo alineamiento en planta y en perfil, de donde se puede ver la variación de secciones transversales en el tramo Km 0+000 al Km 0+500 como se puede ver en las secciones 0+030.00 Figura 7.2a y la sección 0+180.00 en la Figura 7.2b.



113 Figura 7.2a: Sección levantado con estación total y dron en el Km 0+030
Fuente: Elaboración propia



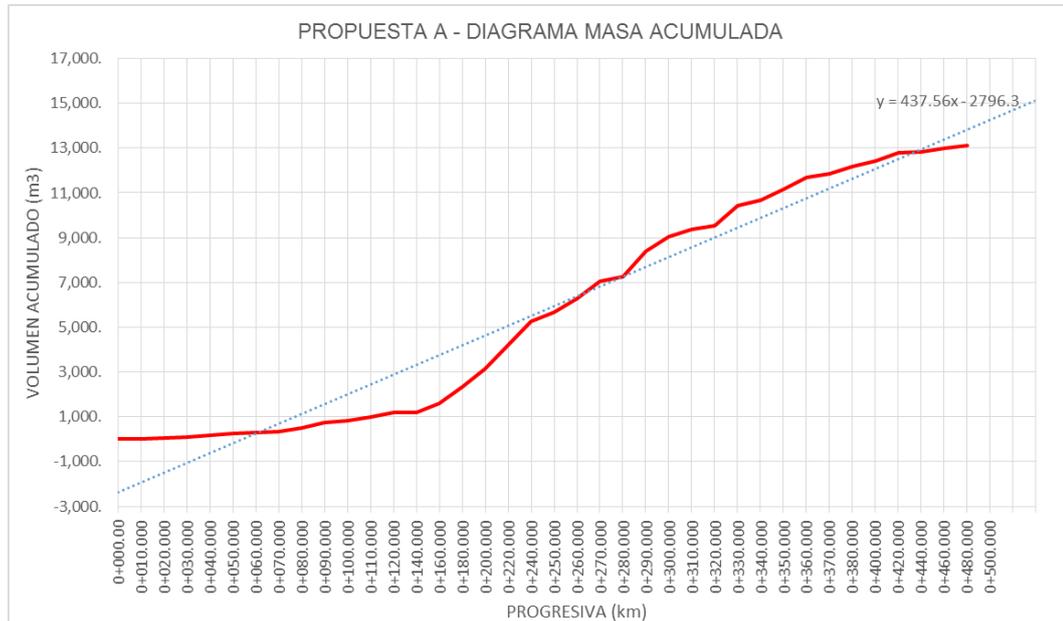
114 Figura 7.2b: Sección levantado con estación total y dron en el Km 0+180

Fuente: Elaboración propia

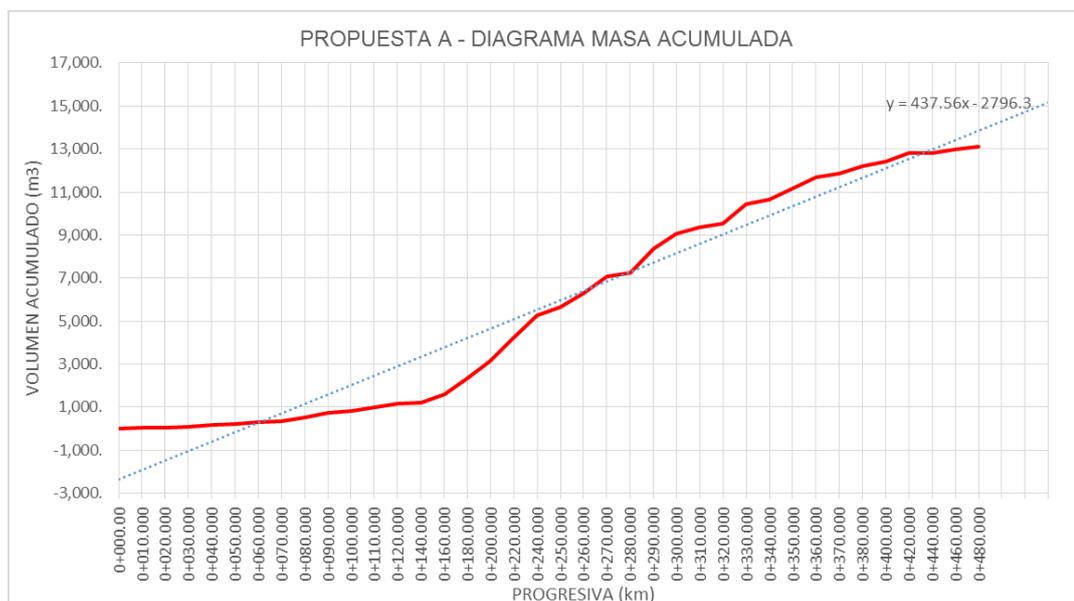
7.2 CONTRASTACIÓN DE DIAGRAMA DE MASAS

En este ítem se verá la contrastación de diagrama de masa obtenidas del análisis con el software Autodesk Civil 3D en cada superficie con el mismo alineamiento en planta y en perfil.

Como se puede apreciar en la figuras 7.3 (a, b) y el cuadro de volúmenes se puede ver las variaciones de volumen de corte así como de relleno.



115 Figura 7.3a: Sección levantado con estación total y dron en el Km 0+180
Fuente: Elaboración propia



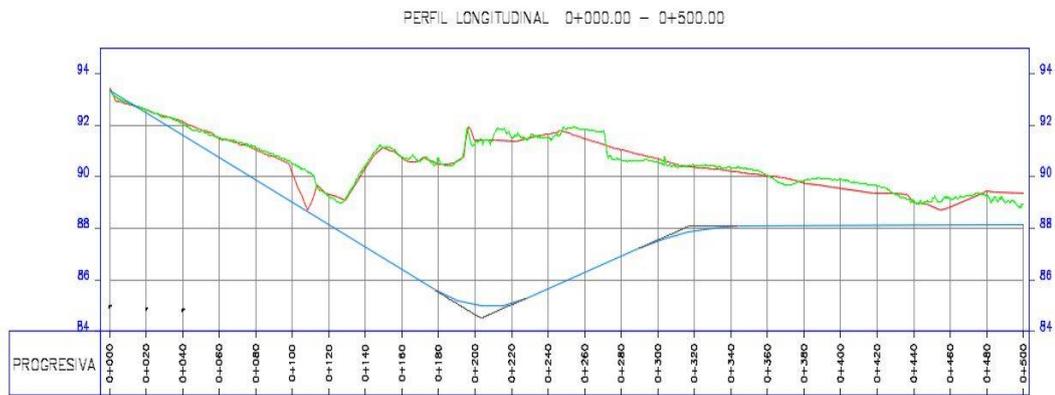
116 Figura 7.3b: Sección levantado con estación total y dron en el Km 0+180
Fuente: Elaboración propia

7.3 COMPROBACIÓN DE PRECISIÓN

En este ítem se verá cuáles son los errores que se producen en un levantamiento fotogramétrico con Dron, teniendo como base el levantamiento con estación total en el proyecto de Paso a Desnivel UNI-CISMID.

7.3.1 PRECISIÓN EN ELEVACIÓN

Para este caso se tendrá que evaluar en el perfil longitudinal de la vía, teniendo las dos superficies (Dron y Estación total) superpuestas, y tomando siempre como base el levantamiento tradicional con estación total.



117 Figura 7.4: Superposición de superficies (Dron y Estación total)

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar se tiene una media en error de cota de 2.64727 cm, teniendo como base el levantamiento con estación total, así mismo se puede apreciar también en cada progresiva (Km 0+000 al Km 0+500) la diferencia que se presentan, teniendo 07 progresivas que superan los 20 cm de error.

35 Tabla 7.1: Tabla de errores en ELEVACIÓN de la superposición de superficies - AutoCAD Civil
3D

Fuente: Elaboración propia

Progresiva	DRON		ESTACION TOTAL	
	Eje Cota	Eje ET Cota	DIFERENCIA (m)	DIFERENCIA (cm)
0+000	93.33943	93.45128	0.11185	11.185
0+020	92.62836	92.61657	-0.01179	-1.179
0+040	92.07352	92.13342	0.05990	5.990
0+060	91.53759	91.47662	-0.06097	-6.097
0+080	91.15489	91.06073	-0.09416	-9.416
0+100	90.51392	90.17980	-0.33412	-33.412
0+120	89.23305	89.33075	0.09770	9.770
0+140	90.43536	90.33949	-0.09587	-9.587
0+160	90.78170	90.73911	-0.04259	-4.259
0+180	90.72156	90.50581	-0.21575	-21.575
0+200	91.32576	91.44578	0.12002	12.002
0+220	91.52857	91.58965	0.06108	6.108
0+240	91.52552	91.66475	0.13923	13.923
0+260	91.85165	91.49101	-0.36064	-36.064
0+280	90.66310	91.05683	0.39373	39.373
0+300	90.58927	90.70343	0.11416	11.416
0+320	90.44987	90.37995	-0.06992	-6.992
0+340	90.36271	90.23139	-0.13132	-13.132
0+360	90.06239	90.04206	-0.02033	-2.033
0+380	89.86309	89.76125	-0.10184	-10.184
0+400	89.93078	89.94008	0.00930	0.930
0+420	89.65400	89.37321	-0.28079	-28.079
0+440	89.06896	89.04037	-0.02859	-2.859
0+460	89.16779	88.84105	-0.32674	-32.674
0+480	89.30733	89.43217	0.12484	12.484
0+500	88.92932	89.18464	0.25532	25.532

MEDIA -2.64727

7.3.2 PRECISIÓN EN PLANTA

Para este caso se tendrá que evaluar las esquinas del nuevo edificio de la Facultad de Ingeniería de Sistemas, teniendo dos nueve de puntos (Dron y Estación total) en cada caso, y tomando siempre como base el levantamiento tradicional con estación total.

36 Tabla 7.2: Tabla de errores en PLANTA de la nueve de puntos - AutoCAD Civil 3D

Fuente: Elaboración propia

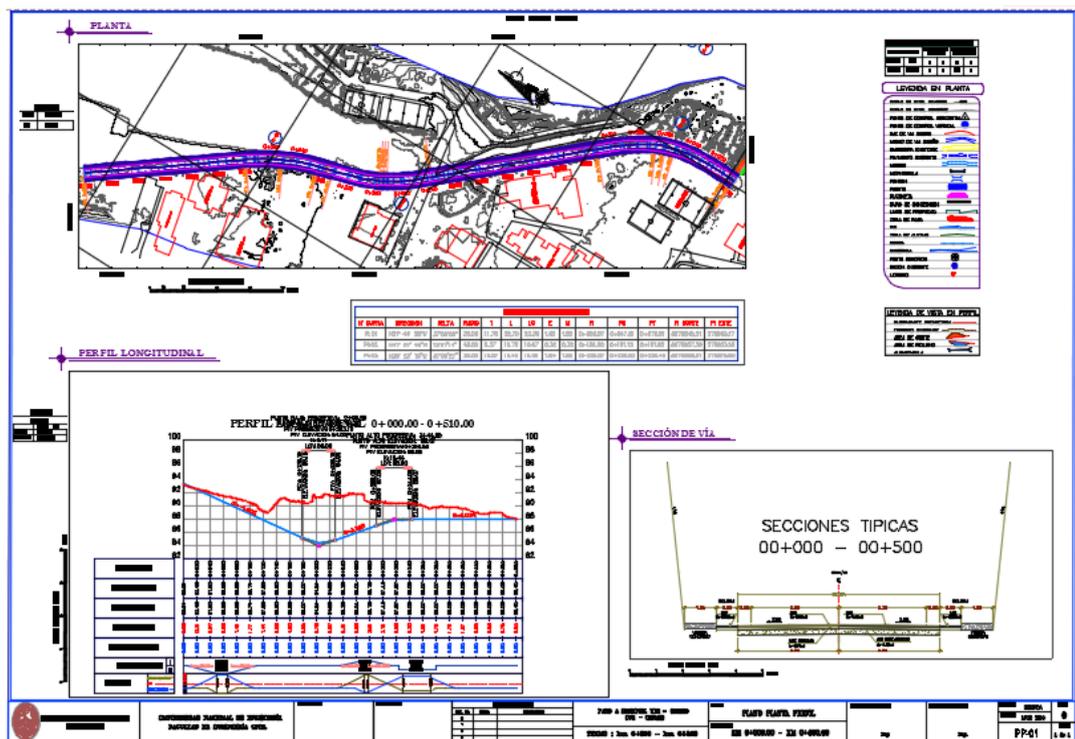
DESCRIPCIÓN	DRON		ESTACION TOTAL		DIFERENCIA	
	PUNTO ESTE	PUNTO NORTE	PUNTO ESTE	PUNTO NORTE	DIFERENCIA ESTE (cm)	DIFERENCIA NORTE (cm)
Esquina	276920.74000	8670878.27400	276920.74200	8670878.25200	0.20000	-2.20000
Esquina	276941.80800	8670897.15600	276941.83000	8670897.15800	2.20000	0.20000
Esquina	276945.06800	8670904.38700	276945.07100	8670904.36700	0.30000	-2.00000
Esquina	276911.96400	8670941.24400	276911.95200	8670941.25200	-1.20000	0.80000

MEDIA 0.37500 -0.80000

Como se puede apreciar se tiene una media en error de cota de 0.375 cm en **ESTE** y 0.800 en **NORTE**, teniendo como base el levantamiento con estación total, así mismo se puede apreciar también en cada esquina la diferencia que se presentan, teniendo 02 puntos que superan los 2.0 cm de error.

7.4 PRESENTACIÓN Y PLANOS

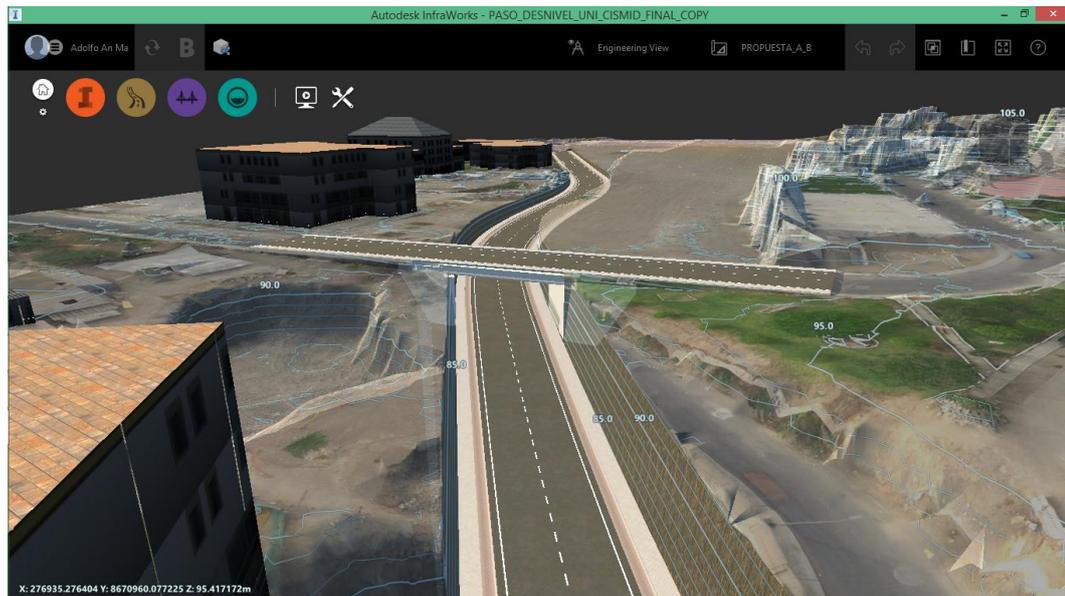
A continuación, como etapa final del proyecto de tesis, se elaborarán los planos de planta, perfil y secciones, como se puede apreciar una muestra en la Figura 7.4, esto en el software BIM Autodesk Civil 3D, en donde los formatos y escalas acorde a lo indicado a las especificaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones que también se muestran en el Anexo.



118 Figura 7.4: Planos finales

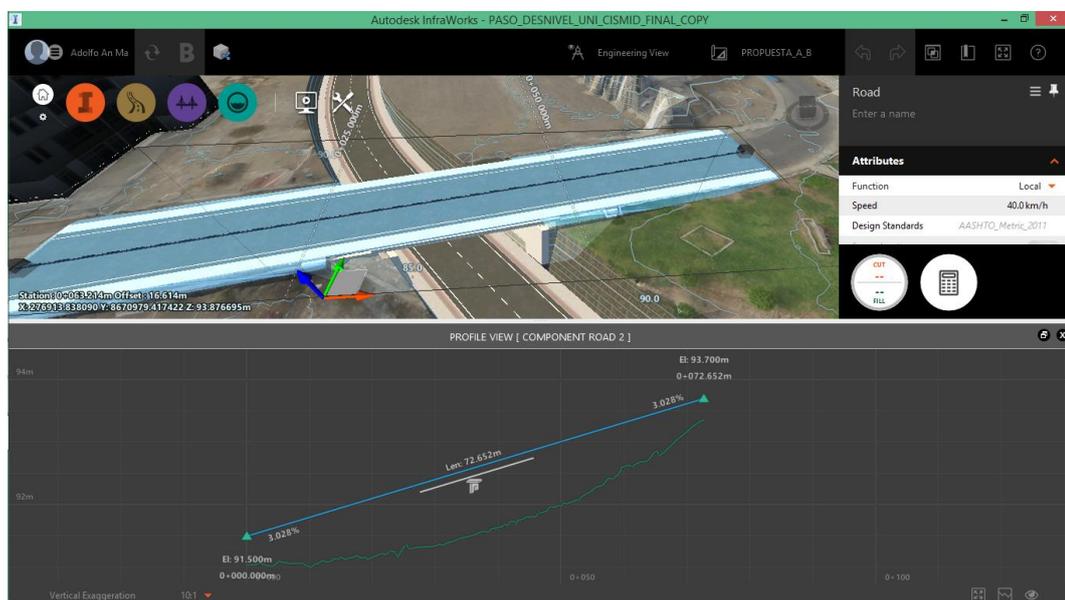
Fuente: Elaboración propia

Finalmente se tiene un modelo en 3D en el software Infracore, el cual se puede mostrar en las Figuras 7.4a y 7.5b



119 Figura 7.5a: Vista 3D de Paso a Desnivel UNI - CISMID

Fuente: Elaboración propia



120 Figura 7.5b: Vista 3D del Puente en el Paso a Desnivel UNI - CISMID

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- El uso del flujo de trabajo BIM presentado en la tesis, en la etapa de diseño es una novedosa propuesta de gestión del diseño de infraestructura vial en nuestro país, que permitirá tomar mejores decisiones en esta etapa, eliminando así ambigüedades, información de fotografías en tierra, dibujos a mano alzada y suposiciones por falta de información, y obtener así mejoras en la productividad como las que se obtienen en países que van adoptando esta metodología.
- El desarrollo del flujo de trabajo BIM propone un cambio radical en la etapa de recolección de datos, análisis y diseño de proyectos de infraestructura vial a través del desarrollo de una representación digital con información de producto (un modelo único), que deberá ser enriquecido por los especialistas involucrados en sesiones colaborativas.
- En la etapa de modelado y pre-dimensionamiento de la Infraestructura, la información básica debe ser saneada debidamente por los especialistas correspondientes.
- En este proyecto de tesis se mostró que la tecnología puede proporcionar una solución a los problemas de comunicación, es decir tanto de información como interacción de las personas involucradas en el equipo de trabajo: ingenieros encargados de recolección de información de campo, diseñadores y el contratista. Asimismo es importante la implementación de herramientas o metodologías que puedan hacer posible el intercambio de información no grafica entre ellas.
- El proyecto de infraestructura vial que se diseñara ya no debe considerarse como un conjunto de planos en 2D, sino como un grupo de objetos que contienen información en más dimensiones como en este caso del proyecto en 3D.
- Al poner más énfasis a los problemas potenciales que se pueden presentar en la obra al momento del diseño se lograra que estos sistemas integrados sean más exitosos en el futuro, tanto desde el punto de vista económico, como por el ahorro de tiempo al evitar futuras correcciones al trabajo ya realizado.

- La fotogrametría mediante DRON facilita el levantamiento topográfico de zonas que antes no eran factible mediante el método tradicional (Estación), haciéndola ahora más rápida.
- El periodo de tiempo desde la idea del proyecto hasta su presentación en planos se reducida sustancialmente, con opciones de modificación y previa visualización de un proyecto de infraestructura vial, agilando así la entrega del proyecto.
- El modelamiento de información de análisis y diseño (BIM) es un proceso inteligente basados en modelos 3D que ofrece una visión precisa, accesible y practica para permitir una mejor toma de decisiones durante el ciclo de vida del proyecto.
- Como se pudo apreciar en la cuadro 7.1, los errores en cota en algunos puntos (07 puntos) sobrepasan los 20 cm de diferencia respecto a las cotas del levantamiento con estación total, haciendo difícil su utilización como información en el estudio definitivo de obras de infraestructura, más si se podrá utilizar como información para la pre-factibilidad del proyecto en la etapa de Pre-Inversión.
- Como se pudo apreciar en el cuadro 7.2, los errores en planta existen 02 puntos que superan los 2.0 cm de diferencia respecto a las coordenadas del levantamiento con estación total.dd

RECOMENDACIONES

- Se recomienda para el inicio de un proyecto, las verificaciones en campo de elevaciones de los elementos que se va a levantar como edificios, elevaciones de terreno, torres de alta tensión esto con el fin de no tener los objetos sobre el nivel de vuelo.
- En proyectos viales, es muy importante la definición con exactitud la zona de trabajo, para de esta manera realizar un buen plan de vuelo con las líneas necesarias para poder cubrir el área designada.
- Antes de lanzar el vuelo del DRON se recomienda que se coloquen los puntos de control, con ayuda del plan de vuelo y ubicarlos así en puntos estratégicos y visibles por donde recorrerá el DRON.
- Los puntos de control, se recomienda que se georreferencien con GPS Diferencial en modo estático en un intervalo de tiempo recomendado 1:00 a 2:00 horas y poder densificar algunos puntos de mediante estación total.
- La hora más idónea para realizar el vuelo del DRON seria entre las 09:00 am y las 15:00 pm, esto con el fin de evitar las sombras prolongadas de los objetos en la zona de trabajo.
- El flujo de trabajo BIM y toda nueva tecnología pasa por un proceso de maduración, se recomienda la difusión de los conceptos, beneficios y limitaciones a nivel de pre y post grado en las universidades.
- Se debe crear en los proyectistas la necesidad del uso de la metodología BIM para que los procesos sean más eficientes y agreguen así valor a sus clientes a través de productos bien desarrollados y con información completa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alaya Flores, Ernesto Cesar. Estudio de Suelos para la Cimentación de Puentes; Tesis para optar el título profesional, FIC – UNI, Lima 1997.
2. American Association of State Highway and Transportation Officials. Customary U. S.Units. E.E.U.U. 2010.
3. Gao, J., and M. Fischer. Paper: Framework and Case Studies Comparing Implementations and Impacts of 3D/4D Modeling Across Projects. Stanford University - Center for Integrated Facility Engineering, Stanford, CA, MARCH 2008.
4. Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas para Construcción EG-2013. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima, 2013.
5. Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2013. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima, 2013
6. Manual de Carreteras - Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima, 2013.
7. Manual de Diseño de Puentes. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Resolución Ministerial 589-2003-MTC/02. Lima, 2003.
8. Montejo Fonseca Alfonso. Ingeniería de Pavimento para Carreteras. Editorial Stella Valbuena de Fierro. Colombia, 2002.
9. Mourgues, C., and M. Fischer. Paper: TR 124 - Investigaciones en Tecnologías de Información Aplicadas a la Industria A/E/C (Arquitectura, Ingeniería y Construcción). January 2001.
10. Peterson, F., R. Fruchter, and M. Fischer. Paper: WP 115 - Case Study: Scope-Cost-Time Integrated Model with Work Breakdown Structure. Stanford University - Center for Integrated Facility Engineering, Stanford, CA, APRIL 2009.
11. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.060 Concreto Armado. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Lima, 2006.

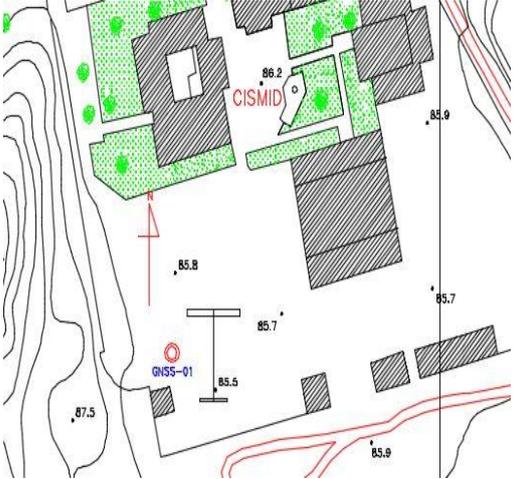
12. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Lima, 2003.
13. Reglamento Nacional de Vehículos D.S. N°058-2003-MTC. Lima, 2003
14. Welle, B., J. Haymaker, and Z. Rogers. Paper: TR 200 - ThermalOpt: A Methodology for Automated BIM-Based Multidisciplinary Thermal Simulation for Use in Optimization Environments. Stanford University - Center for Integrated Facility Engineering, Stanford, CA, JUNE 2011.
15. <http://www.autodesk.com/products/infraworks-360/overview>.
16. <https://www.youtube.com/user/InfraWorks360>
17. <https://www.pix4d.com/>

ANEXOS

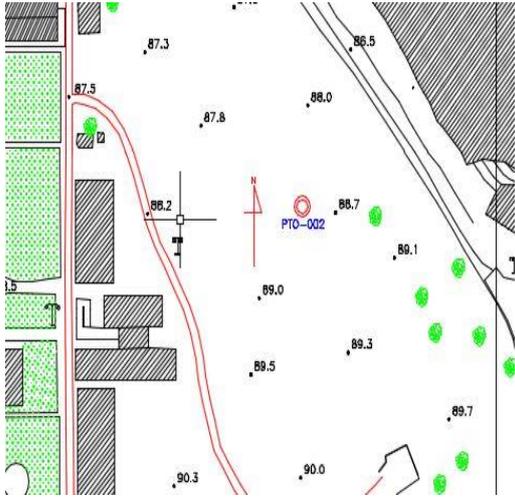
ANEXOS 1.1

FICHAS DE GEOREFERENCIACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL

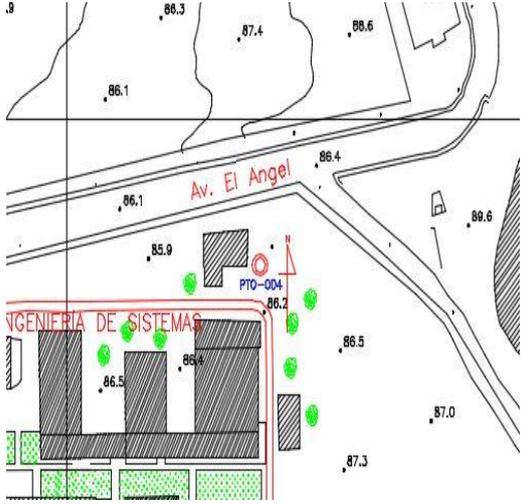
ANEXOS 1.1

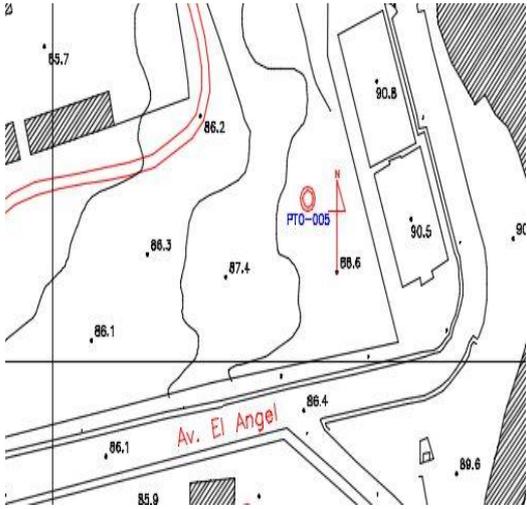
GNSS 001 CISMID			
COORDENADA GEOGRAFICA		COORDENADA GEODESICAS U.T.M.	
LATITUD (S)	12°00'50.83999"	NORTE (Y)	8,671,052.5650
LONGITUD (W)	77°03'03.57978"	ESTE (X)	276,698.3923
COTA ORTOMETRICA	104.8884	ZONA UTM	18
COTA ELIPSOIDAL	128.1372	ORDEN	B
CROQUIS:		FOTO:	
			
DESCRIPCIÓN:			
<p>La estación GNSS 01 CISMID, esta ubicada al Sur-Oeste del sector Centro Peruano - Japones de Investigación Sísmicas y Mitigación de Desastres - CISMID en la Av. Tupac Amaru N° 1150 Rimac - Lima - Perú.</p>			
MARCA DE ESTACIÓN:			
<p>La estación base GNSS 001 del CISMID está compuesta por las siguientes partes: Antena geodesica, receptor, y torre o pedestal. La antena y el receptor son de marca TRIMBLE modelos ZEPHYR y NETR9 respectivamente. Un reticulado con secciones de angulos de acero de 3"x3"X3/16" (sección promedio) conforma la torre de 5.00m de altura (Ver Foto).</p>			
Datum Geodésico: WGS84			
Parametros de Proyección: Hemisferio Sur, Zona 18 Plano de Proyección UTM (Universal Transverse Mercator), con coordenadas Geográficas 00°00'00" Latitud Sur y -75°00'00" Longitud Oeste de Greenwich			
Factor de reducción combinado a lo largo de la longitud de origen: 1.000930650037			
Plano de Proyección: Nivel medio del mar.			

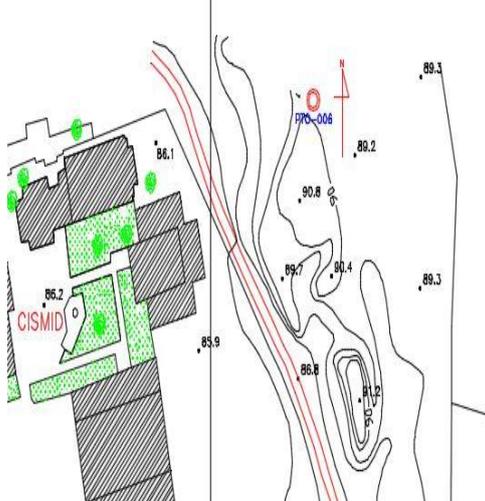
PTO 001 UNI - CISMID			
COORDENADA GEOGRAFICA		COORDENADA GEODESICAS U.T.M.	
LATITUD (S)	12°00'59.455314"	NORTE (Y)	8,670,790.0770
LONGITUD (W)	77°02'53.387448"	ESTE (X)	277,008.7313
COTA ORTOMETRICA	104.8884	ZONA UTM	18
COTA ELIPSOIDAL	128.1372	ORDEN	C
CROQUIS:		FOTO:	
DESCRIPCIÓN:			
<p>El PTO 001, esta ubicada al Sur-Oeste del sector Centro Peruano - Japones de Investigación Sísmicas y Mitigación de Desastres - CISMID en la Av. Tupac Amaru N° 1150 Rimac - Lima - Perú.</p>			
MARCA DE ESTACIÓN:			
<p>El ROVER - PTO 001 está compuesta por las siguientes partes: Antena geodesica, receptor y tripode. La antena y el receptor son de marca NovAtel modelo Nov 702 GG y NETR9 respectivamente.</p>			
<p>Datum Geodésico: WGS84</p> <p>Parametros de Proyección: Hemisferio Sur, Zona 18 Plano de Proyección UTM (Universal Transverse Mercator), con coordenadas Geográficas 00°00'00" Latitud Sur y -75°00'00" Longitud Oeste de Greenwich</p> <p>Factor de reducción combinado a lo largo de la longitud de origen: 1.000930650037</p> <p>Plano de Proyección: Nivel medio del mar.</p>			

PTO 002 UNI - CISMID			
COORDENADA GEOGRAFICA		COORDENADA GEODESICAS U.T.M.	
LATITUD (S)	12°00'57.2177304"	NORTE (Y)	8,670,858.6939
LONGITUD (W)	77°02'54.0688704"	ESTE (X)	276,987.6031
COTA ORTOMETRICA	103.4314	ZONA UTM	18
COTA ELIPSOIDAL	126.6821	ORDEN	C
CROQUIS:		FOTO:	
			
DESCRIPCIÓN:			
<p>El PTO 002, esta ubicada al Sur-Oeste del sector Centro Peruano - Japones de Investigación Sísmicas y Mitigación de Desastres - CISMID en la Av. Tupac Amaru N° 1150 Rimac - Lima - Perú.</p>			
MARCA DE ESTACIÓN:			
<p>El ROVER - PTO 002 está compuesta por las siguientes partes: Antena geodesica, receptor y tripode. La antena y el receptor son de marca NovAtel modelo Nov 702 GG y NETR9 respectivamente.</p>			
<p>Datum Geodésico: WGS84 Parametros de Proyección: Hemisferio Sur, Zona 18 Plano de Proyección UTM (Universal Transverse Mercator), con coordenadas Geográficas 00°00'00" Latitud Sur y -75°00'00" Longitud Oeste de Greenwich Factor de reducción combinado a lo largo de la longitud de origen: 1.000930650037 Plano de Proyección: Nivel medio del mar.</p>			

PTO 003 UNI - CISMID			
COORDENADA GEOGRAFICA		COORDENADA GEODESICAS U.T.M.	
LATITUD (S)	12°00'54.4130136"	NORTE (Y)	8,670,944.4853
LONGITUD (W)	77°02'55.8857940"	ESTE (X)	276,931.9908
COTA ORTOMETRICA	102.8417	ZONA UTM	18
COTA ELIPSOIDAL	126.0908	ORDEN	C
CROQUIS:		FOTO:	
			
DESCRIPCIÓN:			
<p>El PTO 003, esta ubicada al Sur-Oeste del sector Centro Peruano - Japones de Investigación Sísmicas y Mitigación de Desastres - CISMID en la Av. Tupac Amaru N° 1150 Rimac - Lima - Perú.</p>			
MARCA DE ESTACIÓN:			
<p>El ROVER - PTO 003 está compuesta por las siguientes partes: Antena geodesica, receptor y tripode. La antena y el receptor son de marca NovAtel modelo Nov 702 GG y NETR9 respectivamente.</p>			
<p>Datum Geodésico: WGS84</p> <p>Parametros de Proyección: Hemisferio Sur, Zona 18 Plano de Proyección UTM (Universal Transverse Mercator), con coordenadas Geográficas 00°00'00" Latitud Sur y -75°00'00" Longitud Oeste de Greenwich</p> <p>Factor de reducción combinado a lo largo de la longitud de origen: 1.000930650037</p> <p>Plano de Proyección: Nivel medio del mar.</p>			

PTO 004 UNI - CISMID			
COORDENADA GEOGRAFICA		COORDENADA GEODESICAS U.T.M.	
LATITUD (S)	12°00'53.7166908"	NORTE (Y)	8,670,965.3773
LONGITUD (W)	77°02'58.1441856"	ESTE (X)	276,863.5043
COTA ORTOMETRICA	102.0868	ZONA UTM	18
COTA ELIPSOIDAL	125.3287	ORDEN	C
CROQUIS:		FOTO:	
			
DESCRIPCIÓN:			
<p>El PTO 004, esta ubicada al Sur-Oeste del sector Centro Peruano - Japones de Investigación Sísmicas y Mitigación de Desastres - CISMID en la Av. Tupac Amaru N° 1150 Rimac - Lima - Perú.</p>			
MARCA DE ESTACIÓN:			
<p>El ROVER - PTO 004 está compuesta por las siguientes partes: Antena geodesica, receptor y tripode. La antena y el receptor son de marca NovAtel modelo Nov 702 GG y NETR9 respectivamente.</p>			
<p>Datum Geodésico: WGS84 Parametros de Proyección: Hemisferio Sur, Zona 18 Plano de Proyección UTM (Universal Transverse Mercator), con coordenadas Geográficas 00°00'00" Latitud Sur y -75°00'00" Longitud Oeste de Greenwich Factor de reducción combinado a lo largo de la longitud de origen: 1.000930650037 Plano de Proyección: Nivel medio del mar.</p>			

PTO 005 UNI - CISMID			
COORDENADA GEOGRAFICA		COORDENADA GEODESICAS U.T.M.	
LATITUD (S)	12°00'50.8091868"	NORTE (Y)	8,671,054.8291
LONGITUD (W)	77°02'57.7365900"	ESTE (X)	276,875.1704
COTA ORTOMETRICA	102.3425	ZONA UTM	18
COTA ELIPSOIDAL	125.5916	ORDEN	C
CROQUIS:		FOTO:	
			
DESCRIPCIÓN:			
<p>El PTO 005, esta ubicada al Sur-Oeste del sector Centro Peruano - Japones de Investigación Sísmicas y Mitigación de Desastres - CISMID en la Av. Tupac Amaru N° 1150 Rimac - Lima - Perú.</p>			
MARCA DE ESTACIÓN:			
<p>El ROVER - PTO 005 está compuesta por las siguientes partes: Antena geodesica, receptor y tripode. La antena y el receptor son de marca NovAtel modelo Nov 702 GG y NETR9 respectivamente (Ver Foto).</p>			
<p>Datum Geodésico: WGS84</p> <p>Parametros de Proyección: Hemisferio Sur, Zona 18 Plano de Proyección UTM (Universal Transverse Mercator), con coordenadas Geográficas 00°00'00" Latitud Sur y -75°00'00" Longitud Oeste de Greenwich</p> <p>Factor de reducción combinado a lo largo de la longitud de origen: 1.000930650037</p> <p>Plano de Proyección: Nivel medio del mar.</p>			

PTO 006 UNI - CISMID			
COORDENADA GEOGRAFICA		COORDENADA GEODESICAS U.T.M.	
LATITUD (S)	12°00'46.224594"	NORTE (Y)	8,671,195.4242
LONGITUD (W)	77°02'59.106764"	ESTE (X)	276,832.6663
COTA ORTOMETRICA	102.0021	ZONA UTM	18
COTA ELIPSOIDAL	125.2549	ORDEN	C
CROQUIS:		FOTO:	
			
DESCRIPCIÓN:			
<p>El PTO 006, esta ubicada al Sur-Oeste del sector Centro Peruano - Japones de Investigación Sísmicas y Mitigación de Desastres - CISMID en la Av. Tupac Amaru N° 1150 Rimac - Lima - Perú.</p>			
MARCA DE ESTACIÓN:			
<p>El ROVER - PTO 006 está compuesta por las siguientes partes: Antena geodesica, receptor y tripode. La antena y el receptor son de marca NovAtel modelo Nov 702 GG y NETR9 respectivamente.</p>			
<p>Datum Geodésico: WGS84 Parametros de Proyección: Hemisferio Sur, Zona 18 Plano de Proyección UTM (Universal Transverse Mercator), con coordenadas Geográficas 00°00'00" Latitud Sur y -75°00'00" Longitud Oeste de Greenwich Factor de reducción combinado a lo largo de la longitud de origen: 1.000930650037 Plano de Proyección: Nivel medio del mar.</p>			

PTO 007 UNI - CISMID			
COORDENADA GEOGRAFICA		COORDENADA GEODESICAS U.T.M.	
LATITUD (S)	12°00'46.050840"	NORTE (Y)	8,671,200.4483
LONGITUD (W)	77°03'00.509328"	ESTE (X)	276,790.1919
COTA ORTOMETRICA	99.9559	ZONA UTM	18
COTA ELIPSOIDAL	123.2037	ORDEN	C
CROQUIS:		FOTO:	
DESCRIPCIÓN:			
<p>El PTO 007, esta ubicada al Sur-Oeste del sector Centro Peruano - Japones de Investigación Sísmicas y Mitigación de Desastres - CISMID en la Av. Tupac Amaru N° 1150 Rimac - Lima - Perú.</p>			
MARCA DE ESTACIÓN:			
<p>El ROVER - PTO 007 está compuesta por las siguientes partes: Antena geodesica, receptor y tripode. La antena y el receptor son de marca NovAtel modelo Nov 702 GG y NETR9 respectivamente.</p>			
<p>Datum Geodésico: WGS84 Parametros de Proyección: Hemisferio Sur, Zona 18 Plano de Proyección UTM (Universal Transverse Mercator), con coordenadas Geográficas 00°00'00" Latitud Sur y -75°00'00" Longitud Oeste de Greenwich Factor de reducción combinado a lo largo de la longitud de origen: 1.000930650037 Plano de Proyección: Nivel medio del mar.</p>			

ANEXOS 1.2

INFORME DE RESTITUCIÓN CON EL SOFTWARE PIX4D

Quality Report



Generated with Pix4Dmapper Pro version 3.1.23

- !** **Important:** Click on the different icons for:
- ?** Help to analyze the results in the Quality Report
 - i** Additional information about the sections

💡 Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



Project	paso desnivel_uni_cismid_final
Processed	2017-03-29 23:43:59
Camera Model Name(s)	FC300X_3.6_4000x3000 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	2.42 cm / 0.95 in
Area Covered	0.1989 km ² / 19.8908 ha / 0.0768 sq. mi. / 49.1767 acres

Quality Check



? Images	median of 22018 keypoints per image	✓
? Dataset	235 out of 236 images calibrated (99%), all images enabled	✓
? Camera Optimization	1.04% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
? Matching	median of 7717.51 matches per calibrated image	✓
? Georeferencing	yes, 7 GCPs (7 3D), mean RMS error = 0.032 m	✓

? Preview

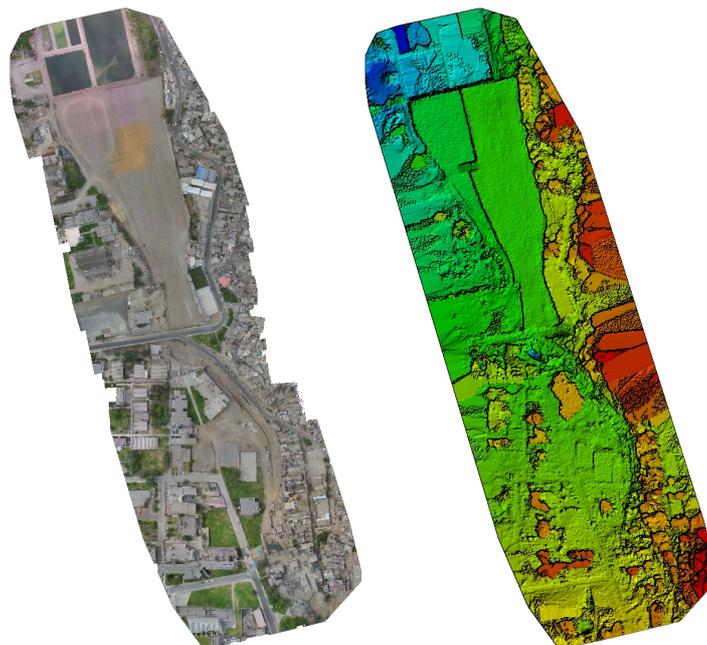


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details



Number of Calibrated Images	235 out of 236
Number of Geolocated Images	236 out of 236

Initial Image Positions

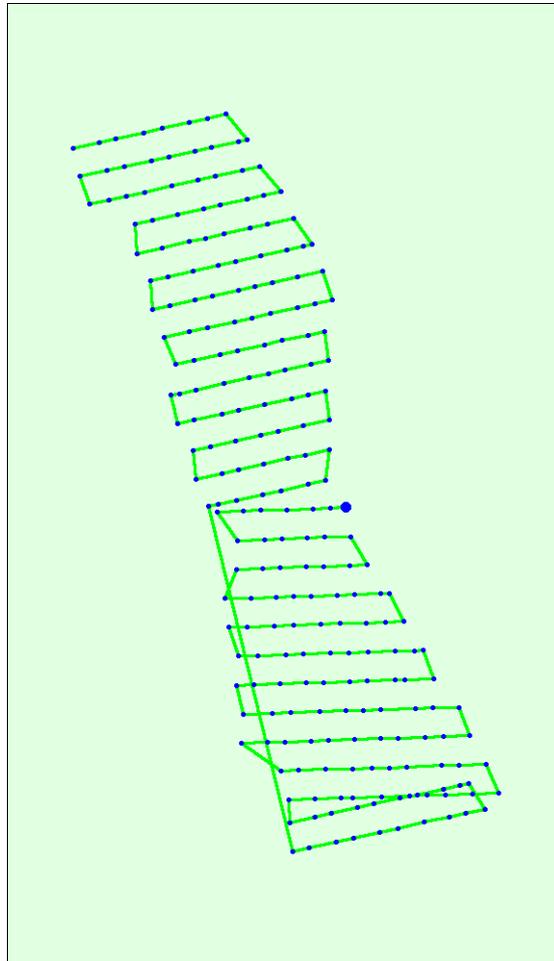
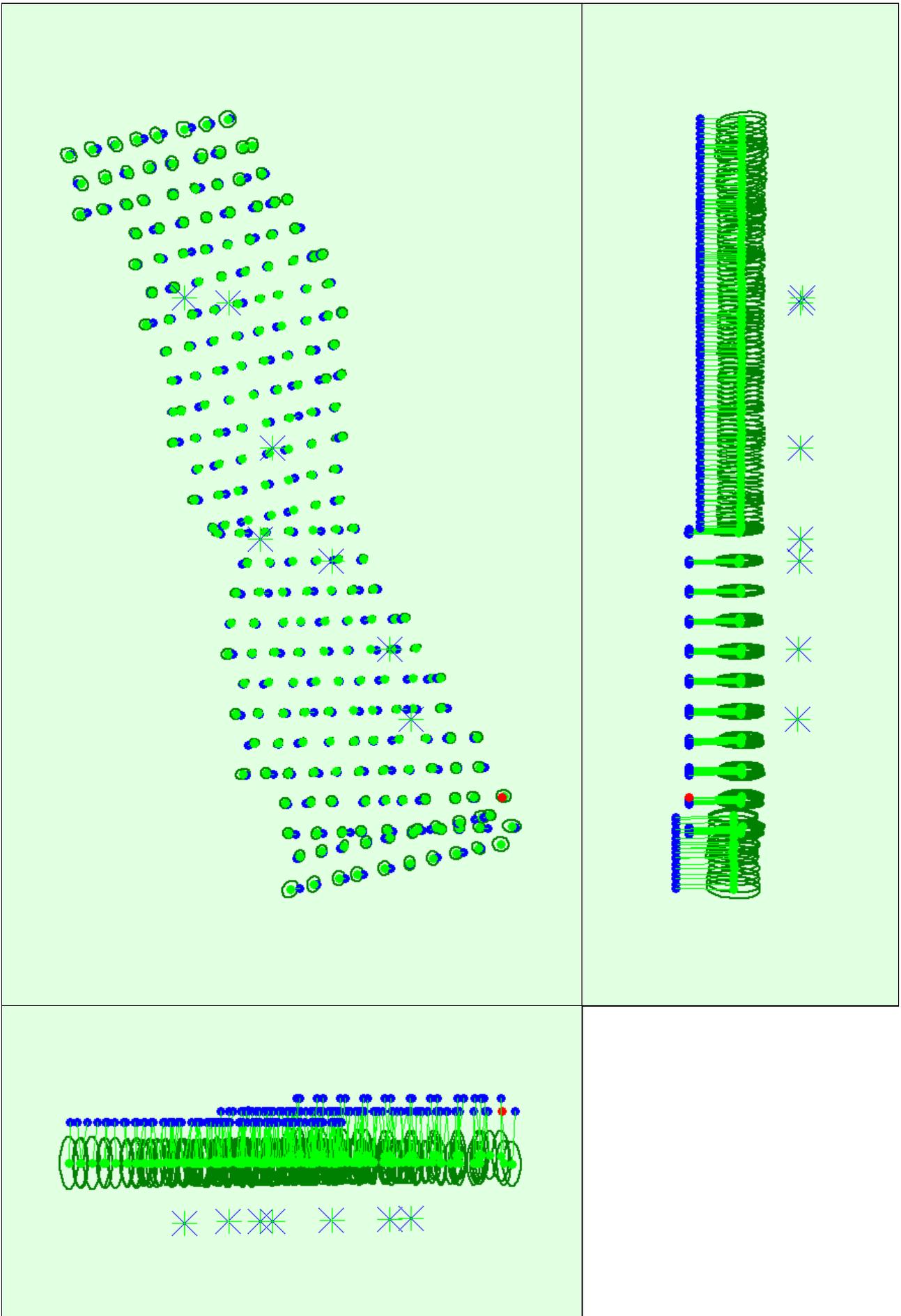


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions





Uncertainty ellipses 100x magnified

Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Red dots indicate disabled or uncalibrated images. Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

🔍 Absolute camera position and orientation uncertainties



	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.048	0.044	0.219	0.035	0.043	0.014
Sigma	0.011	0.014	0.010	0.011	0.008	0.005

🔍 Overlap

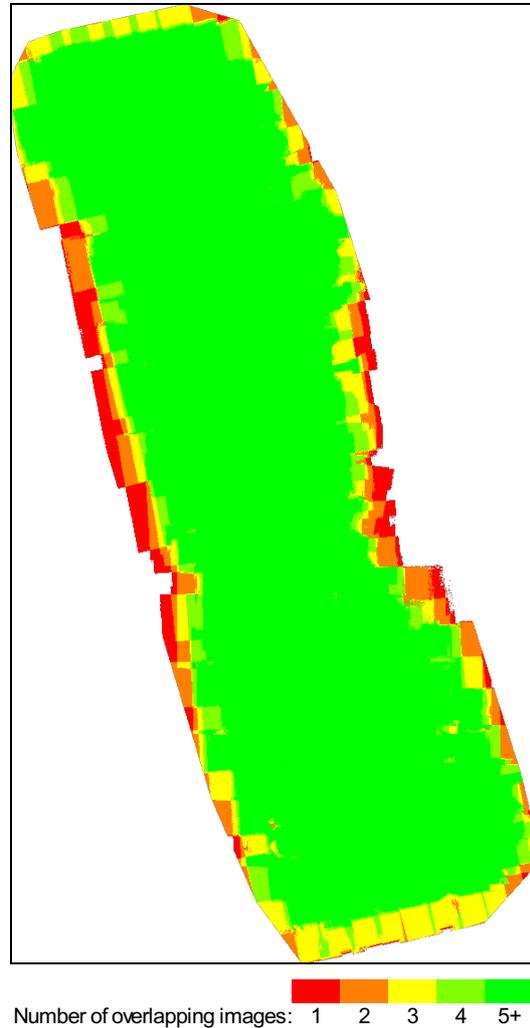


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details



Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	1840495
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	651487
Mean Reprojection Error [pixels]	0.245

🔍 Internal Camera Parameters

📷 FC300X_3.6_4000x3000 (RGB). Sensor Dimensions: 6.317 [mm] x 4.738 [mm]



EXIF ID: FC300X_3.6_4000x3000

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
--	--------------	-------------------	-------------------	----	----	----	----	----

Initial Values	2285.722 [pixel] 3.610 [mm]	2000.006 [pixel] 3.159 [mm]	1500.003 [pixel] 2.369 [mm]	-0.014	0.013	-0.000	0.001	0.000
Optimized Values	2309.697 [pixel] 3.648 [mm]	2013.940 [pixel] 3.181 [mm]	1503.637 [pixel] 2.375 [mm]	-0.012	0.011	0.003	-0.000	-0.000
Uncertainties (Sigma)	8.704 [pixel] 0.014 [mm]	0.443 [pixel] 0.001 [mm]	0.703 [pixel] 0.001 [mm]	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000

The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel, averaged over all images of the camera model, is color coded between black and white. White indicates that, on average, more than 16 ATPs have been extracted at the pixel location. Black indicates that, on average, 0 ATPs have been extracted at the pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the re-projection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

2D Keypoints Table



	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	22018	7718
Min	14692	2029
Max	33870	14075
Mean	23462	7832

3D Points from 2D Keypoint Matches



	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	431013
In 3 Images	96732
In 4 Images	47178
In 5 Images	28523
In 6 Images	18187
In 7 Images	11631
In 8 Images	7713
In 9 Images	5087
In 10 Images	2691
In 11 Images	1447
In 12 Images	773
In 13 Images	374
In 14 Images	116
In 15 Images	21
In 16 Images	1

2D Keypoint Matches





Uncertainty ellipses 100x magnified

Number of matches



Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Relative camera position and orientation uncertainties



	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.045	0.046	0.195	0.118	0.047	0.018
Sigma	0.012	0.011	0.108	0.057	0.017	0.005

Geolocation Details



Ground Control Points



GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
GCP1 (3D)	0.020/ 0.020	0.015	-0.026	-0.003	0.555	8 / 8
GCP2 (3D)	0.020/ 0.020	-0.030	0.018	0.003	0.461	10 / 10
GCP3 (3D)	0.020/ 0.020	-0.073	0.001	-0.010	0.433	7 / 7
GCP4 (3D)	0.020/ 0.020	0.129	-0.026	0.007	0.563	13 / 13
GCP5 (3D)	0.020/ 0.020	-0.044	0.003	0.002	0.663	8 / 8
GCP6 (3D)	0.020/ 0.020	-0.082	0.010	0.007	0.251	9 / 9
GCP7 (3D)	0.020/ 0.020	0.072	0.020	-0.008	0.414	12 / 12
Mean [m]		-0.001725	-0.000023	-0.000222		
Sigma [m]		0.072543	0.017670	0.006275		
RMS Error [m]		0.072564	0.017670	0.006279		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance



Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-15.00	0.00	0.00	0.00
-15.00	-12.00	0.00	0.00	0.00
-12.00	-9.00	0.00	0.00	0.00
-9.00	-6.00	8.94	0.00	17.45
-6.00	-3.00	16.17	0.00	31.91
-3.00	0.00	25.53	61.70	0.00
0.00	3.00	21.70	38.30	0.00
3.00	6.00	20.85	0.00	41.70
6.00	9.00	6.81	0.00	0.43
9.00	12.00	0.00	0.00	8.51
12.00	15.00	0.00	0.00	0.00
15.00	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		0.742632	-0.232632	45.192520
Sigma [m]		4.072960	0.787646	5.942222
RMS Error [m]		4.140110	0.821282	45.581508

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	0.742632	-0.232632	45.192520

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance



Relative Geolocation Error	Images X[%]	Images Y[%]	Images Z[%]
[-1.00, 1.00]	71.06	100.00	92.77
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	5.000000	5.000000	10.000000
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.000000	0.000000	0.000000

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	2.213
Phi	2.391
Kappa	1.218

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details



System Information



Hardware	CPU: Intel(R) Xeon(R) CPU E5-1620 v3 @ 3.50GHz RAM: 8GB GPU: NVIDIA Quadro K2200 (Driver: 21.21.13.6909)
Operating System	Windows 10 Pro, 64-bit

Coordinate Systems



Image Coordinate System	WGS84 (egm96)
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	WGS84 / UTMzone 18S (egm96)
Output Coordinate System	WGS84 / UTMzone 18S (egm96)

Processing Options



Detected Template	No Template Available
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: yes
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Alternative Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes Bundle Adjustment: Classic

Point Cloud Densification details



Processing Options



Image Scale	multiscale, 1 (Original image size, Slow)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes

3D Textured Mesh Settings:	Resolution: Medium Resolution (default) Color Balancing: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Matching Window Size	7x7 pixels
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Advanced: Limit Camera Depth Automatically	no
Time for Point Cloud Densification	01h:46m:25s
Time for 3D Textured Mesh Generation	21m:27s

Results



Number of Processed Clusters	5
Number of Generated Tiles	2
Number of 3D Densified Points	77177340
Average Density (per m ³)	812.19

DSM, Orthomosaic and Index Details



Processing Options



DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (2.43 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: yes Google Maps Tiles and KML: yes
Grid DSM	Generated: yes, Spacing [cm]: 100
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (2.43 [cm/pixel])
Contour Lines Generation	Generated: yes Contour Base [m]: 0 Elevation Interval [m]: 0.1 Resolution [cm]: 100 Minimum Line Size [vertices]: 50
Index Calculator: Radiometric Calibration	Generated: yes
Time for DSM Generation	02h:11m:28s
Time for Orthomosaic Generation	45m:55s
Time for DTM Generation	23m:13s
Time for Contour Lines Generation	22s

ANEXOS 1.3

INFORME DE ANALISIS DE VIGAS AASHTO TIPO II POR EL SOFTWARE INFRAWORKS

Autodesk, Inc.
111 McInnis Parkway, San Rafael, CA 94903, USA



Job: Bridge 1

Job No.:
Calc. By:

Project: Untitled

Checked:

Bridge Girder Design Report

Powered by Autodesk Structural Bridge Design

Design: Pre-tensioned Prestressed Concrete Girder
Analysis: Line Girder - Simplified Analysis using Transverse Distribution Method
Design Code: AASHTO LRFD Bridge Design Specifications
Seventh Edition with 2016 Interim Revisions
Bridge: Bridge 1
Girder Line: 6
Girder: Girder group 1 > Right exterior

[Overall Performance Ratio](#) = 0.76

Contents

[Girder Design Summary](#)
[Girder Design Calculations](#)
[Transverse Live Load Distribution Factor Calculations](#)
[Analysis Load Envelopes](#)
[Analytical Model Data](#)

Job: Bridge 1

Job No.:
 Calc. By:

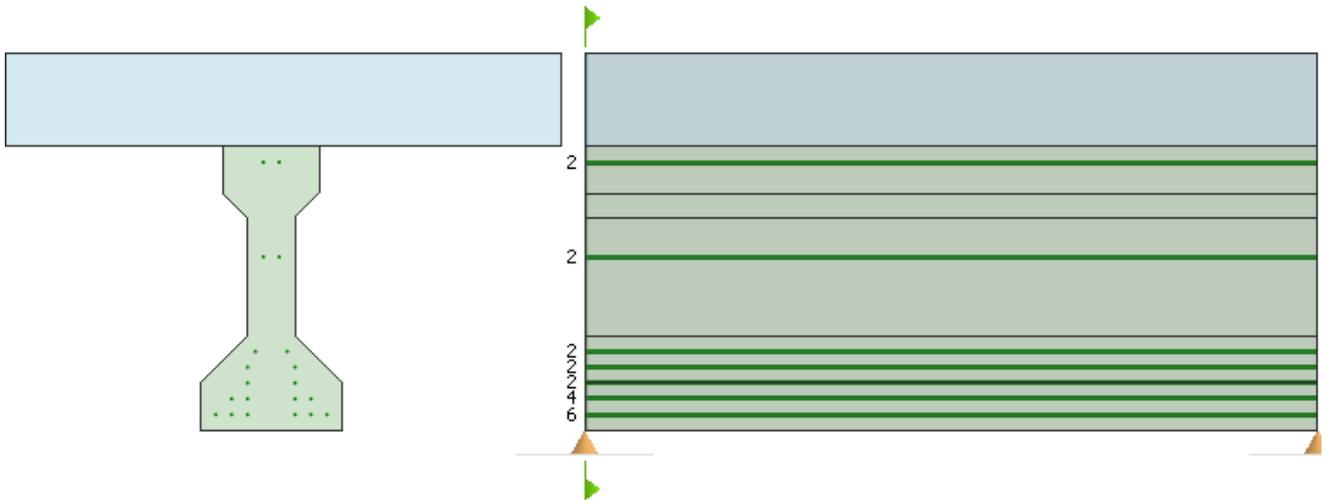
Project: Untitled

Checked:

Girder Design Summary

Descending Performance Ratios

Span	Girder	Performance	Analysis Type	Limit State	Loadcase
S1	L1	0.76	Prestress Transfer	Service I/III	-
		0.73	Live Load Bending	Strength I	Max +ve
		0.68	Live Load Bending	Service I/III	Max +ve
		0.68	Erection Stage	Service I/III	-
		0.56	Construction Stage	Service I/III	-
		0.42	Shear	Strength I	-
		-	Section Properties	-	-



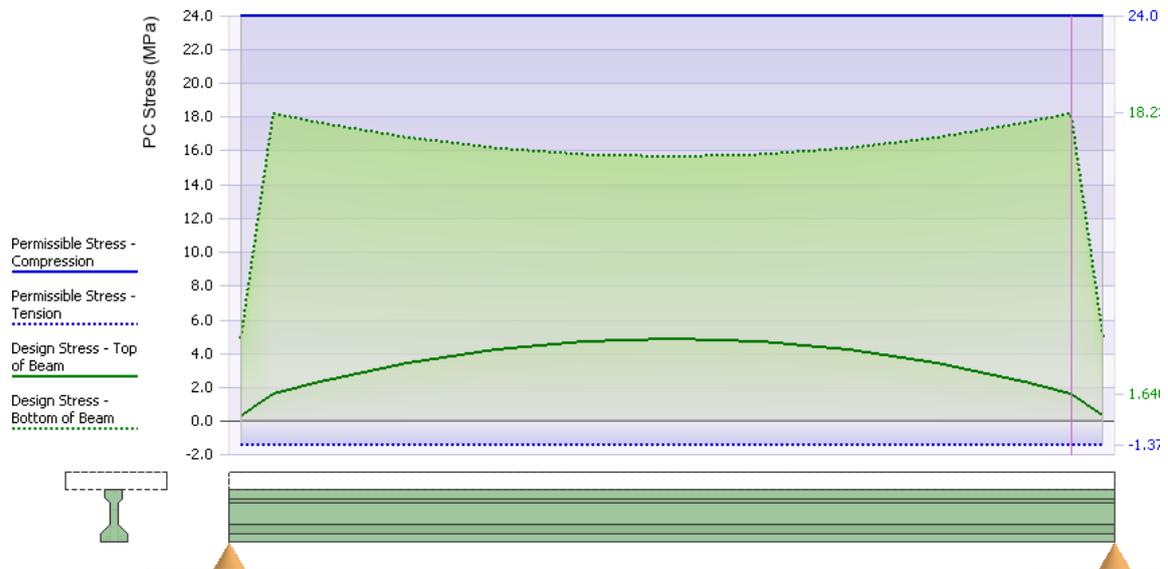
Job: Bridge 1

Job No.:
Calc. By:

Project: Untitled

Checked:

Girder Design Calculations: Prestress Transfer



Effects ignored within 0.2m from each beam end.

Performance ratio = $18.2 / 24.0 = 0.76$

Section details:

Ref 1 "Section 1"
at $0.950 \times \text{span} = 0.950 \times 15.393 = 14.631$ m from left end of beam

Design Code:

AASHTO LRFD Bridge Design Specifications
Seventh Edition with 2016 Interim Revisions

Analysis:

Stresses at Transfer

ACTUAL STRESSES IN PRECAST BEAM

20 tendons are fully bonded at this section
0 tendons are fully debonded at this section
0 tendons are harped at this section

Job: Bridge 1

Job No.:
Calc. By:

Project: Untitled

Checked:

INITIAL PRESTRESS

height mm	No of tendons	f_{pu} MPa	area mm ²	% of f_{pu}	initial force kN
50.8	6	1860.0	98.71	75.0	826.2027
101.6	4	1860.0	98.71	75.0	550.8018
152.4	2	1860.0	98.71	75.0	275.4009
203.2	2	1860.0	98.71	75.0	275.4009
254.0	2	1860.0	98.71	75.0	275.4009
558.8	2	1860.0	98.71	75.0	275.4009
863.6	2	1860.0	98.71	75.0	275.4009
TOTAL	20				2754.009

Transverse Eccentricity

Tendon layout is symmetrical about the vertical centroidal axis.

INITIAL RELAXATION - Article 5.9.5.4.4b

Data has the time from stressing to transfer set to zero, indicating that initial relaxation is not required to be calculated here.

height mm	No of tendons	f_{pj} MPa	f_{py} MPa	relax.		After relaxation	
				loss	area mm ²	force kN	moment kN.m
50.8	6	1395.0	1674.0	0.0	98.71	826.2027	41.971097
101.6	4	1395.0	1674.0	0.0	98.71	550.8018	55.961463
152.4	2	1395.0	1674.0	0.0	98.71	275.4009	41.971097
203.2	2	1395.0	1674.0	0.0	98.71	275.4009	55.961463
254.0	2	1395.0	1674.0	0.0	98.71	275.4009	69.951829
558.8	2	1395.0	1674.0	0.0	98.71	275.4009	153.89402
863.6	2	1395.0	1674.0	0.0	98.71	275.4009	237.83622
TOTAL	20					2754.009	657.54719

Moment about the centroid of the precast beam:

$$M_r = 657.54719 - (2754.009 * 0.402063)$$

$$= -449.7391 \text{ kN.m}$$

Corresponding stresses:

$$\text{top stress} = 2754.01/238.064 - 449.739/4.1416E7$$

$$= 11.568354 - 10.85905$$

$$= 0.7093 \text{ MPa}$$

$$\text{bottom stress} = 2754.01/238.064 - 449.739/-5.278E7$$

$$= 11.568354 + 8.5217969$$

$$= 20.0902 \text{ MPa}$$

Job: Bridge 1

Job No.:
Calc. By:

Project: Untitled

Checked:

Self weight moment:

$$\begin{aligned}
 \text{c.s.a.} &= 2.381\text{E}5 \text{ mm}^2 \\
 \text{density} &= 23.5631 \text{ kN/m}^3 \\
 \text{self weight} &= 2.381\text{E}5 * 23.5631 \\
 &= 5.60953 \text{ kN/m} \\
 \text{beam length} &= 15.393 \text{ m} \\
 \text{distance} &= 14.631 \text{ m} \\
 M_{sw} &= 0.5 * 5.60953 * 14.631 * (15.393 - 14.631) \\
 &= 31.2698 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Corresponding stresses:

$$\begin{aligned}
 \text{top stress} &= 31.2698 / 4.1416\text{E}7 \\
 &= 0.75501 \text{ MPa} \\
 \text{bottom stress} &= 31.2698 / -5.278\text{E}7 \\
 &= -0.5925 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

ELASTIC SHORTENING LOSSES - Article 5.9.5.2.3a

concrete stresses at mid-span:

$$\begin{aligned}
 \text{stress at top of precast beam} &= 4.72087 \text{ MPa} \\
 \text{stress at bottom of precast beam} &= 16.942 \text{ MPa} \\
 \text{depth of precast beam} &= 914.4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

height mm	No of tendons	conc stress MPa	E_p/E_{ci}	tendon force kN	tendon moment kN.m
50.8	6	16.26306	5.924	57.059731	2.8986344
101.6	4	15.58411	5.924	36.451729	3.7034957
152.4	2	14.90516	5.924	17.431819	2.6566092
203.2	2	14.2262	5.924	16.637773	3.3807955
254.0	2	13.54725	5.924	15.843728	4.0243068
558.8	2	9.473537	5.924	11.079453	6.1911984
863.6	2	5.399822	5.924	6.3151786	5.4537882
TOTAL	20			160.81941	28.308828

Moment about the centroid of the precast beam:

$$\begin{aligned}
 M_{ed} &= 28.308828 - (160.81941 * 0.402063) \\
 &= -36.35077 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{hence top stress} &= 4.7209 - 160.819 / 238.064 - (-36.3508 / 4.1416\text{E}7) \\
 &= 4.7209 - 0.6755300 - (-0.877697) \\
 &= 4.92304 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{bottom stress} &= 16.942 - 160.819 / 238.064 - (-36.3508 / -5.278\text{E}7) \\
 &= 16.942 - 0.6755300 - 0.6887858 \\
 &= 15.5777 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

After a further 2 iterations of the above process, the top and bottom stresses are as follows:

$$\begin{aligned}
 \text{top stress} &= 4.89716 \text{ MPa} \\
 \text{bottom stress} &= 15.6755 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Job: Bridge 1

Job No.:
Calc. By:

Project: Untitled

Checked:

PERMISSIBLE STRESSES IN PRECAST BEAM

Compression

Article 5.9.4.1.1

Permissible compression stress = $0.65 * f'_{ci}$
however, non-standard value is used as supplied in the
concrete material property data

$$\begin{aligned} \text{stress limit} &= 0.6 * f'_{ci} \\ &= 0.6 * 40 \\ &= 24.0 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tension

Article 5.9.4.1.2

$$\begin{aligned} \text{Permissible tension stress} &= -0.248 * \lambda * \sqrt{f'_{ci}} \\ &= -0.248 * 1.0 * \sqrt{40} \\ &= -1.5743 \text{ MPa} \end{aligned}$$

but not greater than 1.38 MPa, therefore,
stress limit = -0.2 MPa

SERVICE LIMIT STATE - STRESS SUMMARY TABLE

	Concrete Stresses (MPa)						
	force kN	moment kN.m	Cast In Place		Precast		
			top	bottom	top	bottom	
Prestress	2754.01	-449.74			0.7093	20.0902	
Self Weight		31.2698			0.75501	-0.5925	
<hr/>							
Prestress + Self Wt.					1.46432	19.4976	
Elastic Def	-150.48	33.4795			0.17628	-1.2665	
TRANSFER	2603.53	-384.99			1.6406	18.2312	

Job: Bridge 1

Job No.:
Calc. By:

Project: Untitled

Checked:

SLS FLEXURE

calculated using curvature of uncracked sections

The deflections are calculated from integration of the curvatures along the beam, using the parameters detailed below:

Elastic Modulus at Transfer,

$$E_T = 33.2546 \text{ kN/mm}^2$$

Precast section height = 914.4 mm

	Precast		Curvature		Deflection	
	Stress (MPa)	E ($\times 10^{-6}$)	Strain ($\times 10^{-6}$)	($\times 10^{-6}$) (rad/m)	Here	Max.
At Transfer	E_T	70.0581	-505.15	4.42852	11.6384	
	E_B	531.968				

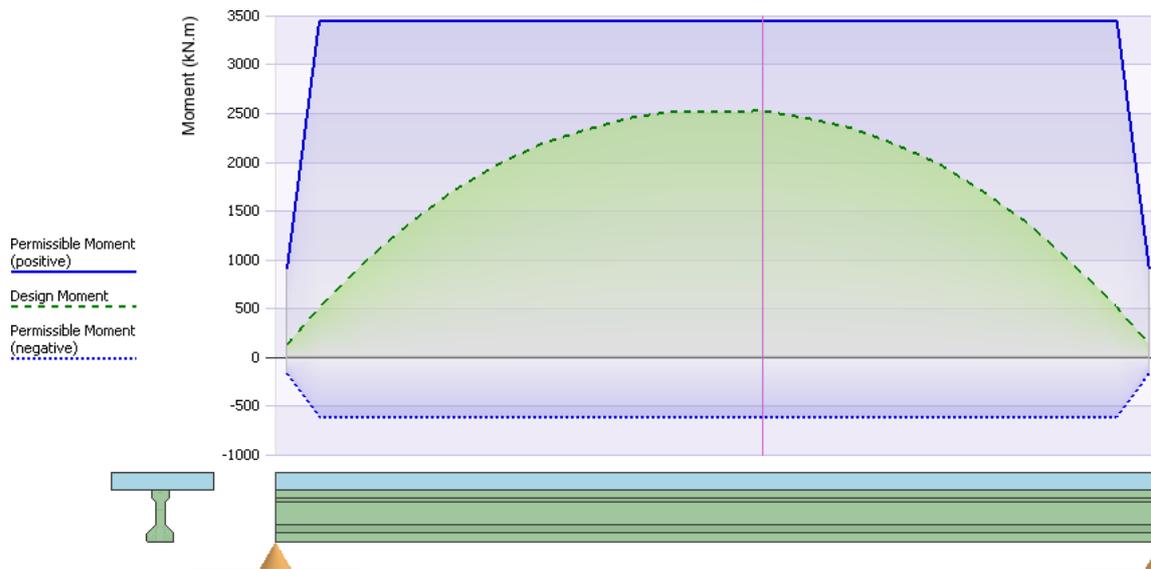
Job: Bridge 1

Job No.:
Calc. By:

Project: Untitled

Checked:

Girder Design Calculations: Live Load Bending



Effects ignored within 0.2m from each beam end.

Performance ratio = $2529 / 3452 = 0.733$

Section details:

Ref 1 "Section 1"
at $0.55 \times \text{span} = 0.55 \times 15.393 = 8.46615$ m from left end of beam

Design Code:

AASHTO LRFD Bridge Design Specifications
Seventh Edition with 2016 Interim Revisions

Analysis:

Live Load Bending Moments
Transient Load BM 1 : [Max +ve]
Limit State - Strength I

Approximate Methods of Analysis are used - Article 4.6.2

Live Load Distribution Factor for +ve Moment = 0.69629 lanes/beam
Live Load Distribution Factor for -ve Moment = 0.69629 lanes/beam
Live Load Distribution Factor for Shear = 0.86580 lanes/beam
Live Load Distribution Factor for Fatigue = 0.72150 lanes/beam

Job: Bridge 1

Job No.:
Calc. By:

Project: Untitled

Checked:

Strength Limit State Stress/Strain summary for section with NEGATIVE moment

height of neutral axis = 157.146 mm
depth in compression = 157.146 mm

Resistance Factor (ϕ) from Article 5.5.4.2.1

Type of force effect is:

Tension-controlled prestressed concrete:

$$\phi = 1.00$$

Location		strain	stress MPa	height mm
Precast beam	- top	-0.014456	0.0	914.4
	- bottom	0.003	46.7499	0.0
C.I.P. stage 1	- top	-0.020184	0.0	1214.4
	- bottom	-0.014456	0.0	914.4
Tendon	- top	-0.020403	-1860.0	863.6
	- bottom	-0.004597	-905.69	50.8

Ultimate Strength capacity of section = -608.035*1
= -608.035 kN.m

Strength Limit State Stress/Strain summary for section with POSITIVE moment

height of neutral axis = 1129.73 mm
depth in compression = 84.6673 mm

Resistance Factor (ϕ) from Article 5.5.4.2.1

Type of force effect is:

Tension-controlled prestressed concrete:

$$\phi = 1.00$$

Location		strain	stress MPa	height mm
Precast beam	- top	-0.00763	0.0	914.4
	- bottom	-0.04003	0.0	0.0
C.I.P. stage 1	- top	0.003	29.7499	1214.4
	- bottom	-0.00763	0.0	914.4
Tendon	- top	-0.016346	-1860.0	863.6
	- bottom	-0.044857	-1860.0	50.8

Ultimate Strength capacity of section = 3451.91*1
= 3451.91 kN.m

Job: Bridge 1

Job No.:
Calc. By:

Project: Untitled

Checked:

SUMMARY OF APPLIED LOADINGS

	BENDING MOMENT kN.m	AXIAL kN
Erection loading before composite	= 215.76942	0.0
Erection loading to stage 1A	= 460.13329	0.0
Wearing Surface loading	= 132.00932	0.0
Differential Shrinkage / Creep is not adverse		
Transient loading	= 1721.1027	0.0
TOTAL	2529.0147	0.0

Note:

The following effects are not considered (article 3.4.1) -
differential settlement
temperature gradient

Job: Bridge 1

Job No.:
Calc. By:

Project: Untitled

Checked:

Transverse Live Load Distribution Factor Calculations

Approximate Methods of Analysis - Article 4.6.2 Distribution Of Live Loads Per Lane

Article 4.6.2.2

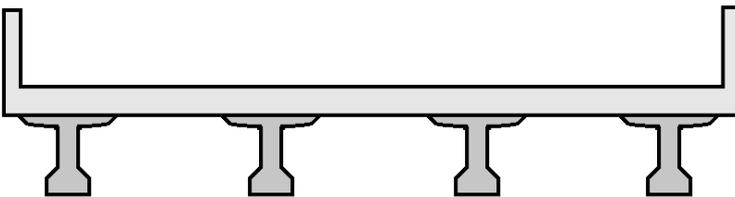
Check general conditions - 4.6.2.2.1

- width of deck is constant. OK
- number of beams is 6. OK
- all beams are parallel and of approximately the same stiffness. OK
- roadway part of overhang, d_e , is 0.85m. OK
- curvature in plan is less than the limit specified in Article 4.6.1.2. OK
- Cross-section is consistent with one of the cross-sections shown in Table 1. OK

Maximum Number of Design Lanes - 3.6.1.1.1

Clear roadway width between curbs / barriers $w = 10.2\text{m}$
 $w/3.6576 = 10.2/3.6576$
 $= 2.78871$
number of design lanes = 2

Cross-section is type (k) from Table 4.6.2.2.1-1



Distribution factors for Moment

Beam is an exterior beam
For two or more design lanes loaded, first calculate the distribution factors for an interior beam

Spacing of beams, $S = 1.7\text{ m}$
Span of beam, $L = 15.393\text{ m}$
Thickness of slab, $t_s = 300.0\text{ mm}$

Job: Bridge 1

Job No.:
Calc. By:

Project: Untitled

Checked:

Longitudinal stiffness parameter, K_g :

modulus of elasticity of beam material, $E_b = 36.9395 \text{ kN/mm}^2$

modulus of elasticity of deck material, $E_d = 31.821 \text{ kN/mm}^2$

$$\begin{aligned} n &= E_b/E_d && (4.6.2.2.1-2) \\ &= 36.9395/31.821 \\ &= 1.16085 \end{aligned}$$

area of non-composite beam, $A = 2.381\text{E}5 \text{ mm}^2$
moment of inertia of non-composite beam, $I = 2.12\text{E}10 \text{ mm}^4$
height to center of gravity of basic beam = 402.063 mm
height to center of gravity of deck = 1064.4 mm
distance between centers of gravity, $e_g = 662.337 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{hence, longitudinal stiffness parameter, } K_g & \\ &= n*(I+A*e_g^2) && (4.6.2.2.1-1) \\ &= 1.16085*(2.12\text{E}10+2.381\text{E}5*662.337^2) \\ &= 1.46\text{E}11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

With one design lane loaded:

$$\begin{aligned} DFM_1 &\text{ from lever rule for external beam} \\ &= 0.72423 \end{aligned}$$

With two or more design lanes loaded:

$$\begin{aligned} DFM_2 &= 0.075 + \left[\frac{S}{2.9} \right]^{0.6} \left[\frac{S}{L} \right]^{0.2} \left[\frac{K_g}{1.E3*L.t_s^3} \right]^{0.1} \\ &= 0.075 + (1.7/2.8956)^{0.6} \\ &\quad * (1.7/15.393)^{0.2} \\ &\quad * (1.46\text{E}11/(1000.0*15.393*300.0^3))^{0.1} \\ &= 0.49609 \end{aligned}$$

Since this is an exterior beam, the correction factor, e , must be applied, where e is given in Table 4.6.2.2.2d-1 as:

$$\begin{aligned} e &= 0.77 + d_e/2743.2 \\ &= 0.77 + 850.0/2743.2 \\ &= 1.07645 \end{aligned}$$

hence,

$$\begin{aligned} DFM_2 &= 1.07645*0.49609 \\ &= 0.53402 \end{aligned}$$

The distribution factor with 1 lane loaded is critical

$$DFM = 0.72423$$

Job: Bridge 1

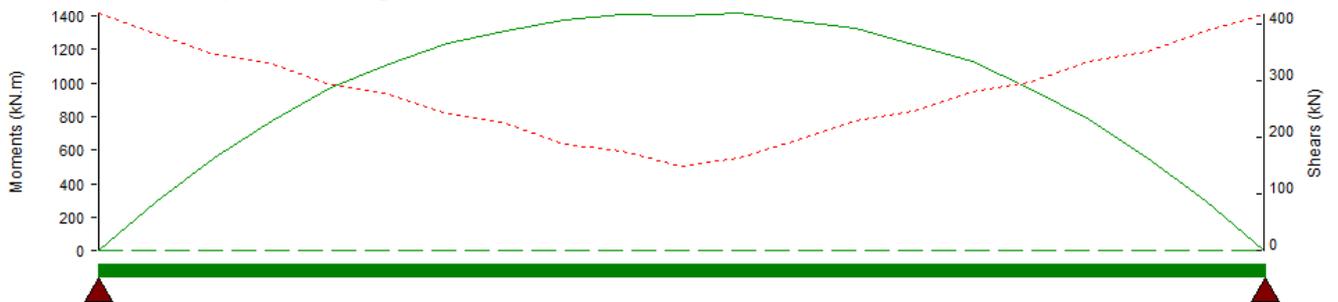
Job No.:
Calc. By:

Project: Untitled

Checked:

Analysis Load Envelopes

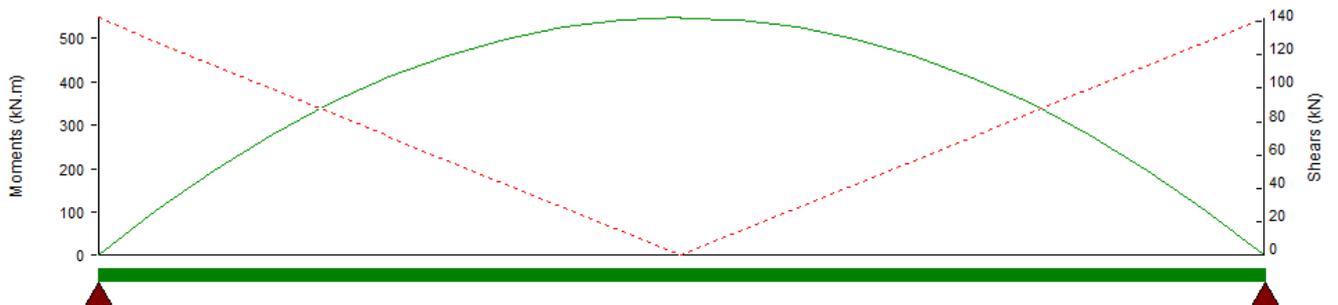
Live Load Envelope for Strength I and Service I



Positive Moments Shears

The above envelope excludes the effects of transverse distribution.

Moments and Shears due to Dead Load



Moments Shears

Job: Bridge 1

Job No.:
Calc. By:

Project: Untitled

Checked:

Analytical Model Data

MATERIALS

MP1: C35 Es 31.8

Type: Concrete - Parabola-Rectangle

Compressive strength f'_c : 35.0 MPa

Strength LS stress/strain curve parameters:
slope at start of parabola: 36.64956 kN/mm²
strain at end of parabola: 0.0016259
stress at end of parabola: 29.749939 MPa
maximum strain: 0.003

Elastic modulus - E_c : 31.821002 kN/mm²
Elastic modulus - long term: 15.910501 kN/mm²
Shear modulus: 13.258751 kN/mm²
Poisson's ratio: 0.2

Compressive Stress limit factor: 0.6000000 x f'_c
Modulus of Rupture: -3.728247 MPa
Coefficient of thermal expansion: 0.0000108 /°C
Correction factor for source of
aggregate K1: 1.0
Maximum aggregate size: 25.4 mm
Density: 23.563114 kN/m³
Density Modification Factor, λ : 1.0

MP2: C55 Es 36.9

Type: Concrete - Parabola-Rectangle

Compressive strength f'_c : 55.0 MPa

Strength LS stress/strain curve parameters:
slope at start of parabola: 45.942656 kN/mm²
strain at end of parabola: 0.0020382
stress at end of parabola: 46.749906 MPa
maximum strain: 0.003

Job: Bridge 1

Job No.:
Calc. By:

Project: Untitled

Checked:

Elastic modulus - E_c : 36.939508 kN/mm²
Elastic modulus - long term: 18.469754 kN/mm²
Shear modulus: 15.391461 kN/mm²
Poisson's ratio: 0.2
Compressive Stress limit factor: $0.6000000 \times f'_c$
Modulus of Rupture: -4.673605 MPa
Coefficient of thermal expansion: 0.0000108 /°C
Correction factor for source of
aggregate K1: 1.0
Maximum aggregate size: 25.4 mm
Density: 23.563114 kN/m³
Density Modification Factor, λ : 1.0

MP3: C40 Es 33.3

Type: Concrete - Parabola-Rectangle

Compressive strength f'_c : 40.0 MPa

Strength LS stress/strain curve parameters:
slope at start of parabola: 39.180028 kN/mm²
strain at end of parabola: 0.0017382
stress at end of parabola: 33.999934 MPa
maximum strain: 0.003

Elastic modulus - E_c : 33.25456 kN/mm²
Elastic modulus - long term: 16.62728 kN/mm²
Shear modulus: 13.856067 kN/mm²
Poisson's ratio: 0.2
Compressive Stress limit factor: $0.6000000 \times f'_c$
Modulus of Rupture: -3.985663 MPa
Coefficient of thermal expansion: 0.0000108 /°C
Correction factor for source of
aggregate K1: 1.0
Maximum aggregate size: 25.4 mm
Density: 23.563114 kN/m³
Density Modification Factor, λ : 1.0

MP4: Grade 1860 E 197.0

Type: Prestressing Steel

Tensile strength f_{pu} : 1860.0 MPa

Strength LS stress/strain curve parameters:

	strain	stress MPa
Tension		
full yield:	-0.014442	-1860.0
start yield:	-0.007553	-1488.0

Job: Bridge 1

Job No.:
Calc. By:

Project: Untitled

Checked:

Elastic modulus E_p : 197.0 kN/mm²
Shear modulus: 75.769232 kN/mm²
Yield strength f_{py} : 90.0% of f_{pu}
Initial Prestress force: 75.0% of f_{pu}
Relaxation type: Low Relaxation
Time from stressing to transfer: 0.0 days

MP5: Grade 420 E 200.0
Type: Reinforcing Steel

Yield strength f_y : 420.0 MPa

Strength LS stress/strain curve parameters:

	strain	stress MPa
Tension		
full yield:	-0.0041	-420.0
start yield:	-0.00168	-336.0
Compression		
start yield:	0.00168	336.0
full yield:	0.002	347.10744

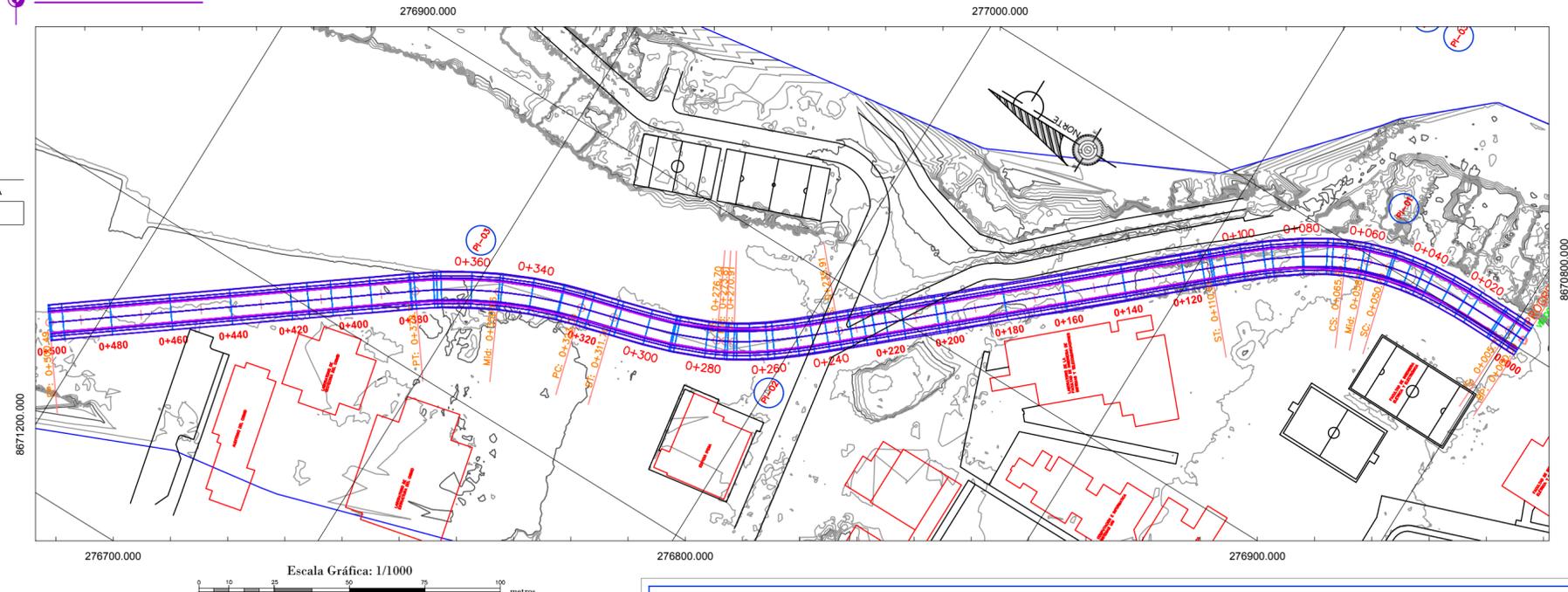
Elastic modulus E_s : 200.0 kN/mm²
Shear modulus: 76.92308 kN/mm²
Max. stress limitation factor: $0.6000000 \times f_y$

ANEXOS 1.4

PLANOS EN PLANTA Y PERFIL DEL TRAMO 0+000 – 0+500

PLANTA

PLANTA	ESCALA
HOJA A-1	1/1000



PROGRESIVA	FIN	TALUD DE CORTE		TALUD DE RELLENO	
		H	V	H	V
0+000	0+540	1	8	1.5	1

LEYENDA EN PLANTA



TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA

N° CURVA	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI: 01	N19° 54' 21"W	10°42'19"	80.00	7.50	14.95	14.93	0.35	0.35	0+058.19	0+050.70	0+065.65	8670854.98	277004.72
PI: 02	N28° 23' 16"W	3°41'19"	90.00	2.90	5.79	5.79	0.05	0.05	0+273.81	0+270.91	0+276.70	8671018.52	276860.67
PI: 03	N26° 02' 44"W	21°17'09"	150.00	28.19	55.73	55.41	2.63	2.58	0+351.19	0+323.00	0+378.73	8671093.57	276839.99

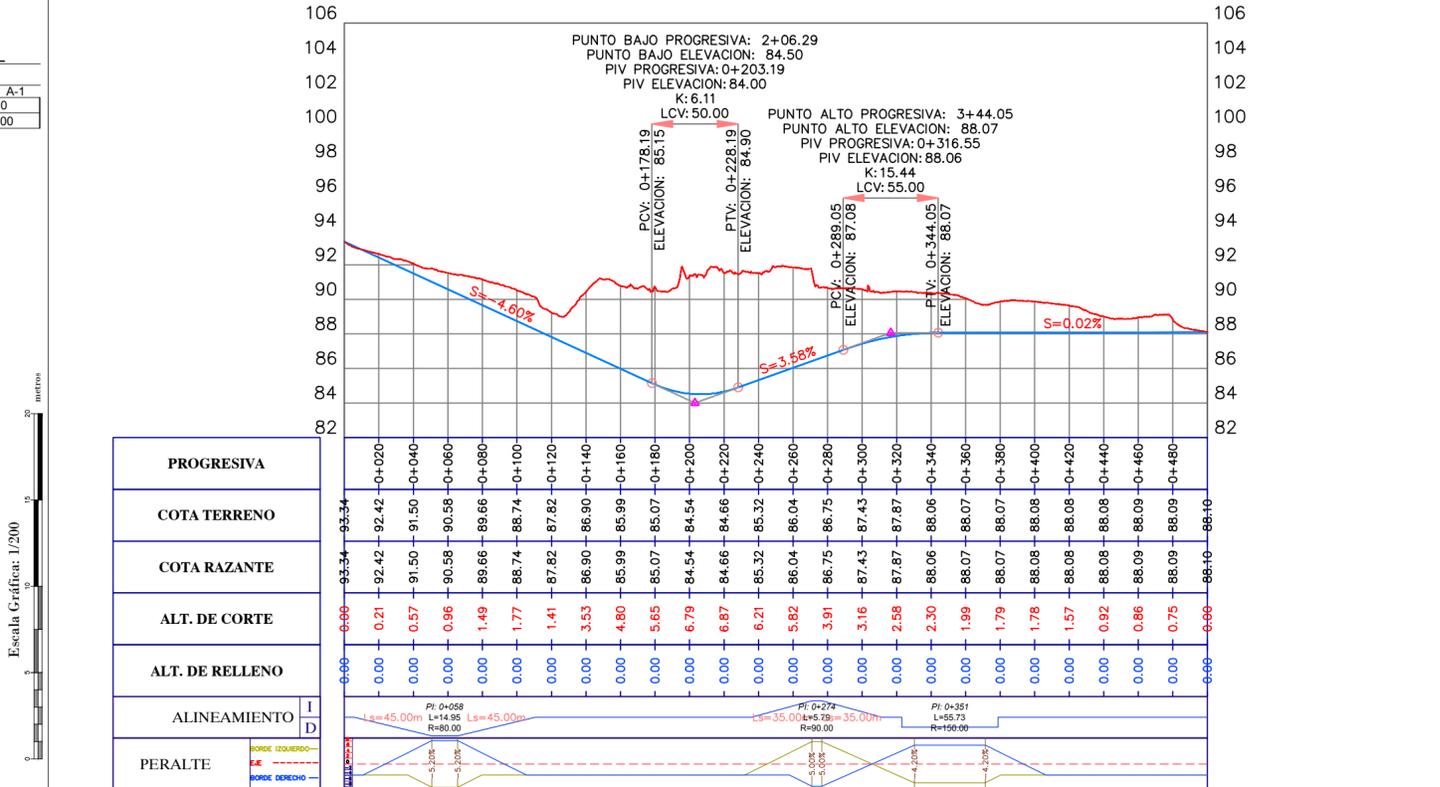
LEYENDA DE VISTA EN PERFIL



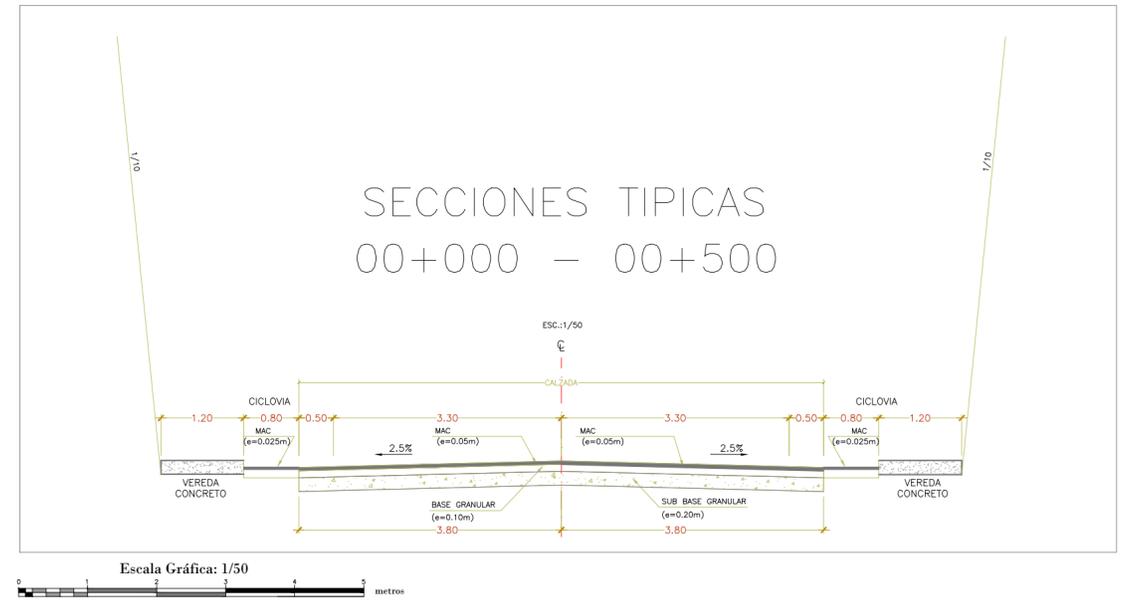
PERFIL LONGITUDINAL

PERFIL LONGITUDINAL 0+000.00 - 0+500.00

PERFIL	ESCALA
HOJA A-1	V:1/200
	H:1/2000



SECCIÓN DE VÍA



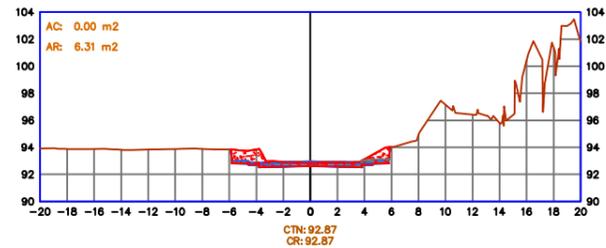
SECCIONES TÍPICAS
00+000 - 00+500

REVISIONES	
REV. N°	FECHA
0	
1	
2	

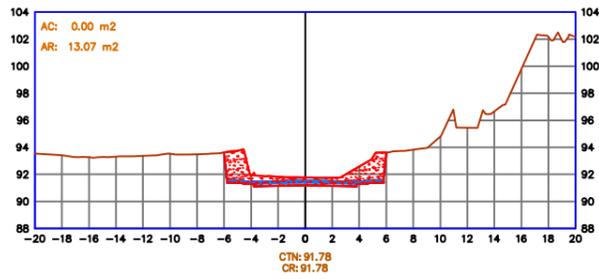
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

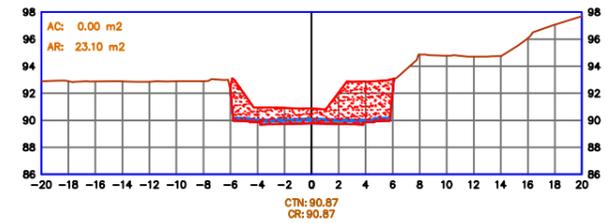
SECCION0+010.00



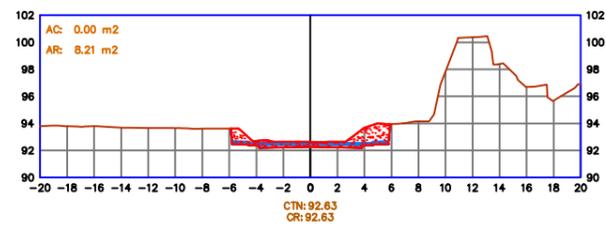
SECCION0+050.00



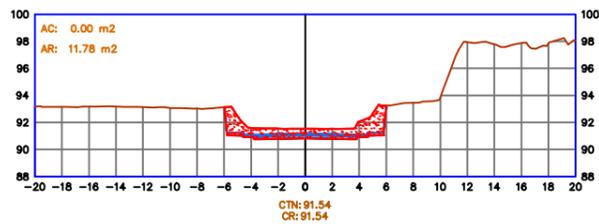
SECCION0+090.00



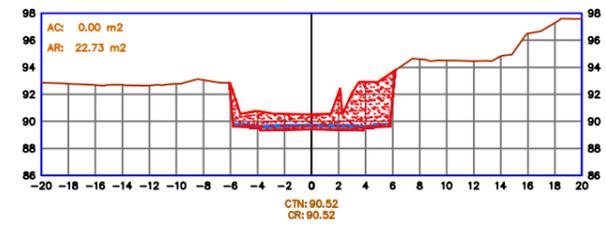
SECCION0+020.00



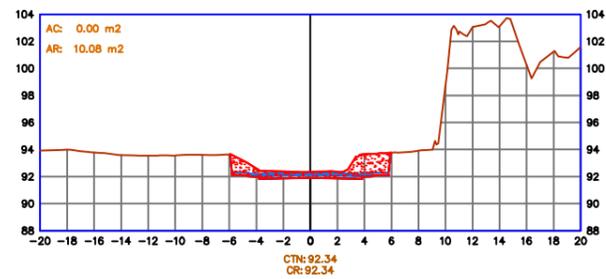
SECCION0+060.00



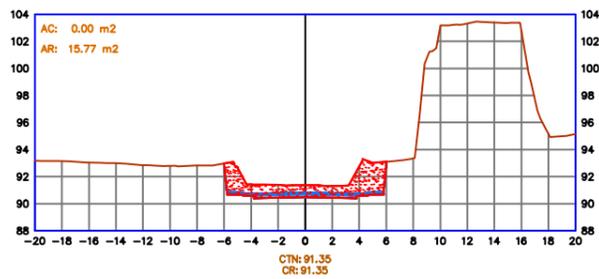
SECCION0+100.00



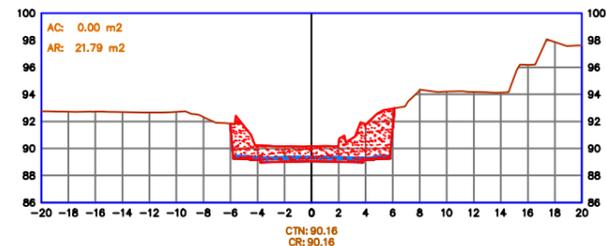
SECCION0+030.00



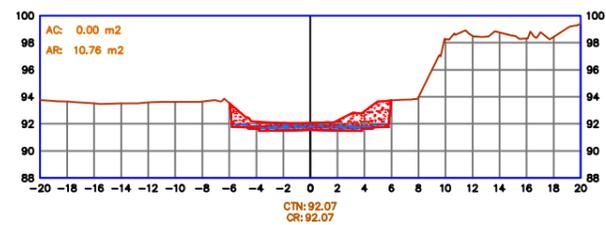
SECCION0+070.00



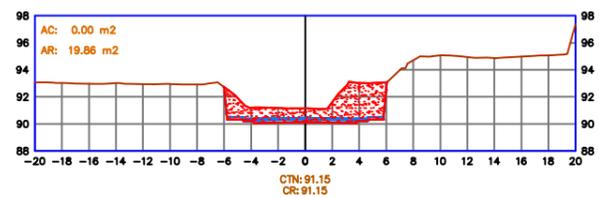
SECCION0+110.00



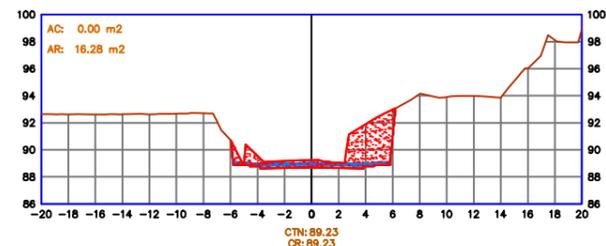
SECCION0+040.00



SECCION0+080.00



SECCION0+120.00



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

LEYENDA:	Area de corte	Area de relleno	Material suelto	Roca fila	Roca suelta	Pedraplen	Derrumbe	Terreno Natural	Sub rasante	Pavimento	Cuneta	Casa	CTE
----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------	-----------	----------	-----------------	-------------	-----------	--------	------	-----



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DCV-UNI

CONTRATISTA:

SUPERVISOR:

REVISIONES		
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION
0		
1		
2		

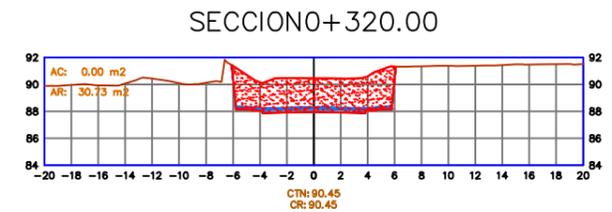
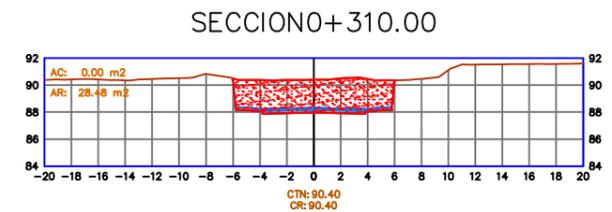
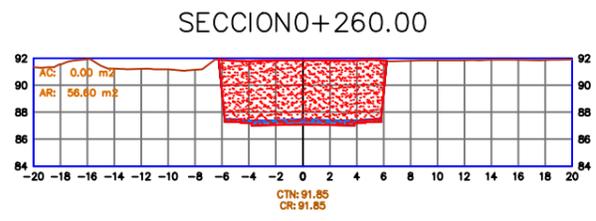
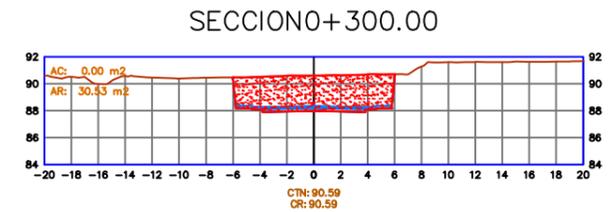
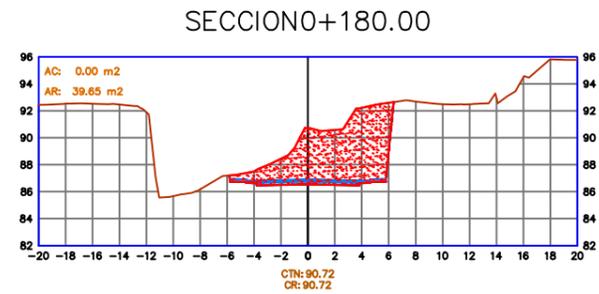
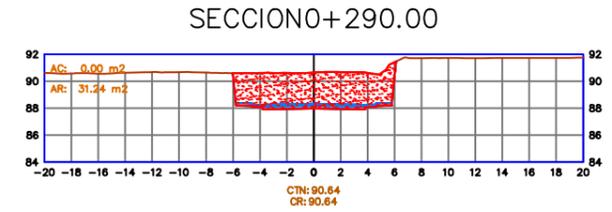
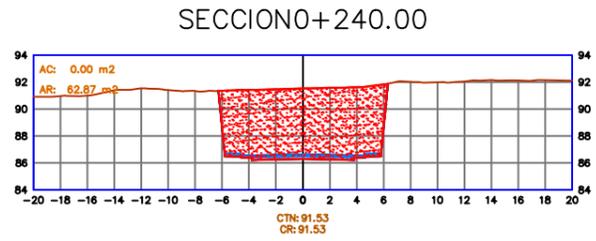
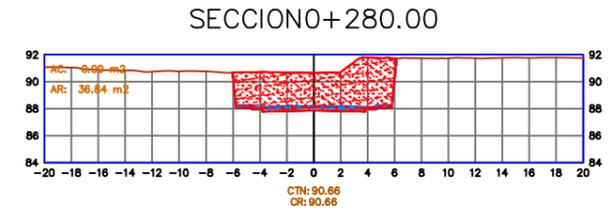
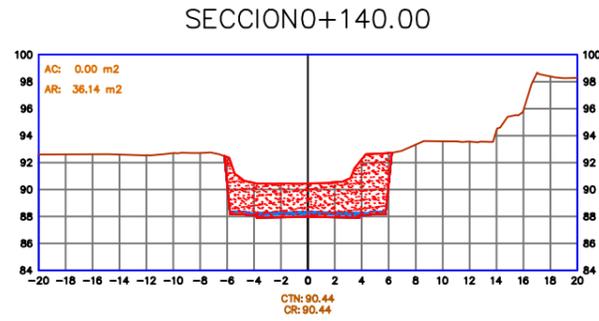
PASO A DESNIVEL UNI - CISMID
UNI - CIDMID

Plano: **SECCIONES TRANSVERSALES TRAMO III**
Ubicación: **KM 0+000.00 - KM 0+500.00**

Jefe de Supervision:
Ing.

Residente de Obra:
Ing.

Escala:	1/200 A1	Rev.:	0
Fecha:	MAYO 2019	PAG.	1 de 3
ST-01			



LEYENDA:

- Area de corte
- Area de relleno
- Material suelto
- Roca fija
- Roca suelta
- Pedraplen
- Derrumbe
- Terreno Natural
- Sub rasante
- Pavimento
- Cuneta
- Casa
- CTE



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DCV-UNI

CONTRATISTA:
SUPERVISOR:

REVISIONES		
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION
0		
1		
2		

PASO A DESNIVEL UNI - CISMID
UNI - CIDMID
TRAMO : km 0+000 - km 0+500

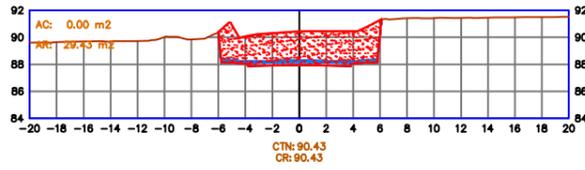
Plano: **SECCIONES TRANSVERSALES TRAMO III**
Ubicación: **KM 0+000.00 - 0+500.00**

Jefe de Supervision:
Ing.

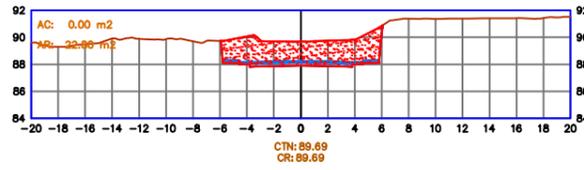
Residente de Obra:
Ing.

Escala: 1/200 A1
Fecha: MAYO 2019
PAG. 2 de 3
Rev. 0
ST-01

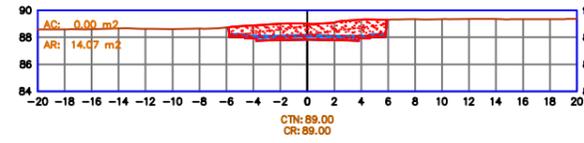
SECCION 0+330.00



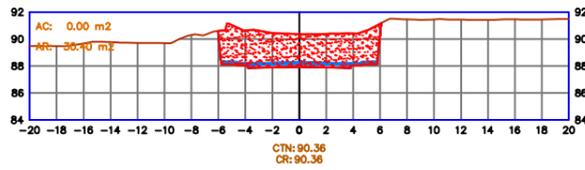
SECCION 0+370.00



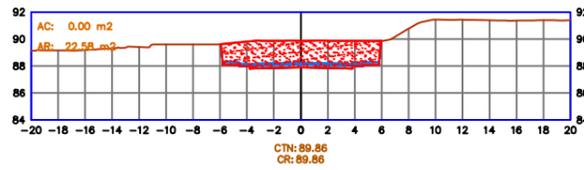
SECCION 0+440.00



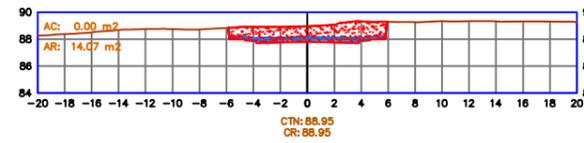
SECCION 0+340.00



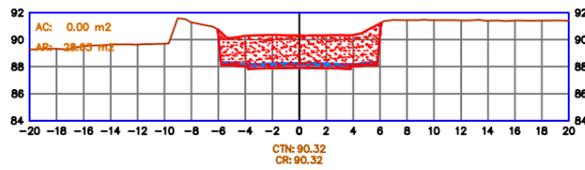
SECCION 0+380.00



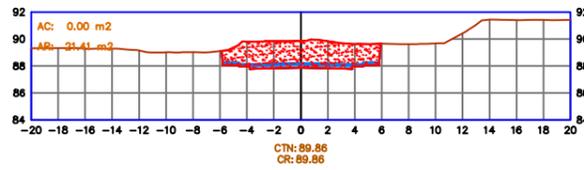
SECCION 0+460.00



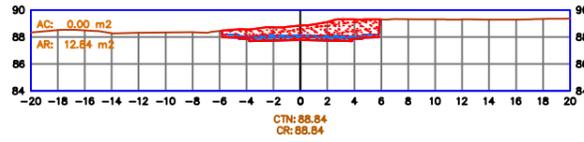
SECCION 0+350.00



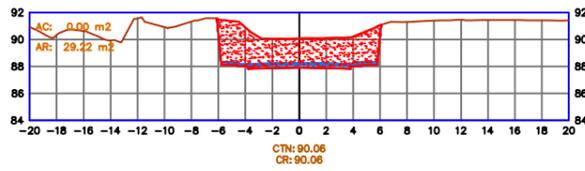
SECCION 0+400.00



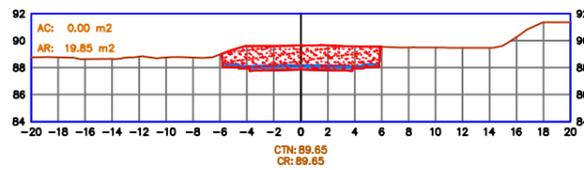
SECCION 0+480.00



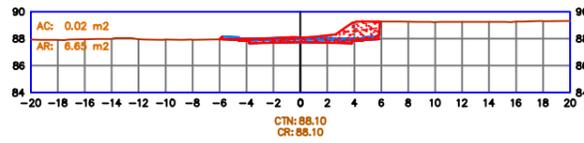
SECCION 0+360.00



SECCION 0+420.00



SECCION 0+500.00



LEYENDA: Area de corte Area de relleno Material suelto Roca fija Roca suelta Pedraplen Derrumbe Terreno Natural Sub rasante Pavimento Cuneta Casa CTE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DCV-UNI

CONTRATISTA:

SUPERVISOR:

REVISIONES		
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION
0		
1		
2		

PASO A DESNIVEL UNI - CISMID
UNI - CIDMID

Plano: **SECCIONES TRANSVERSALES TRAMO III**
Ubicación: **KM 0+000.00 - KM 0+500.00**

Jefe de Supervision:
Ing.

Residente de Obra:
Ing.

Escala: 1/200 A1
Fecha: MAYO 2019
PAG. 3 de 3
Rev. 0
ST-01

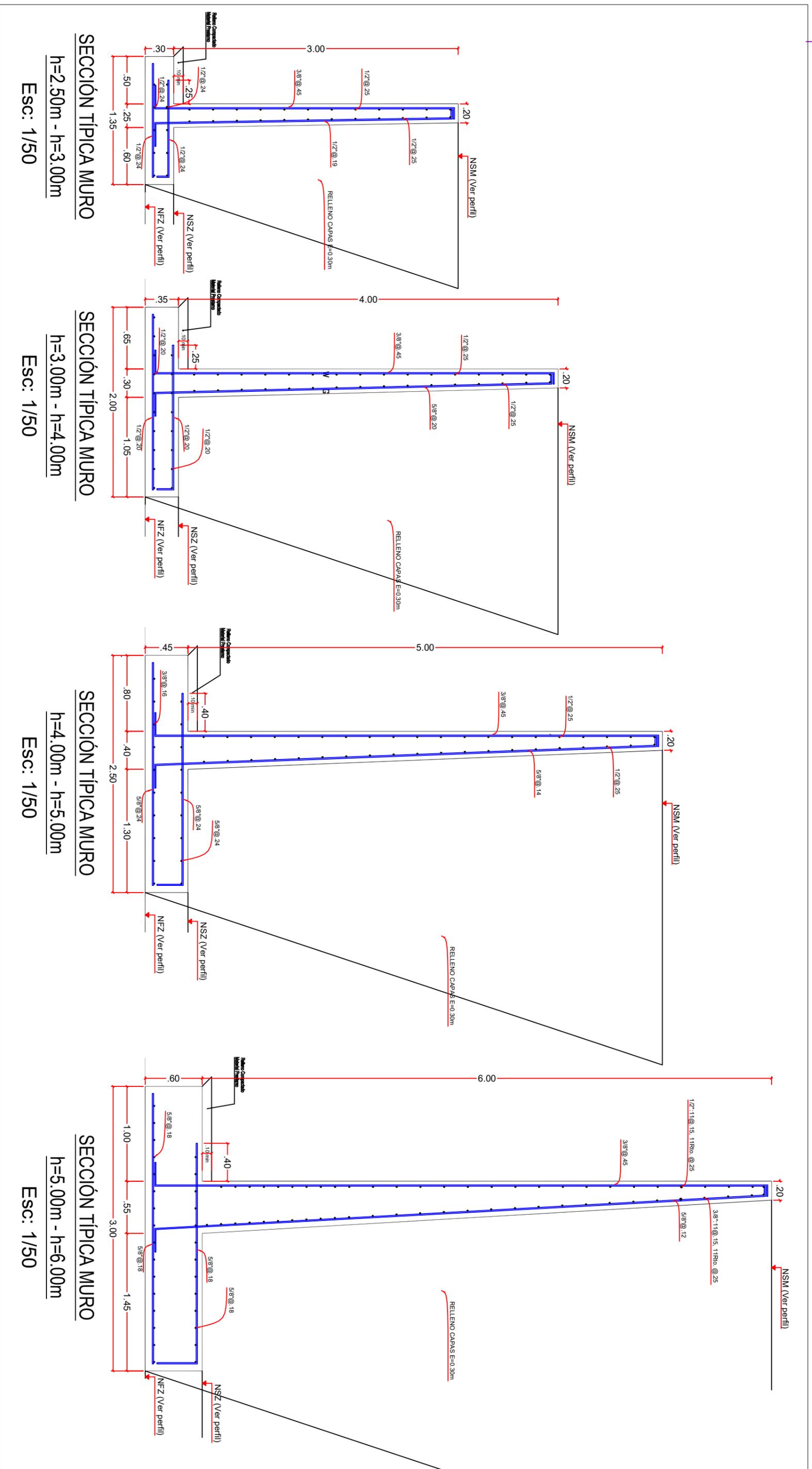
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

ANEXOS 1.5

PLANOS DE MURO DEL TRAMO 0+000 – 0+500

SECCIÓN TÍPICA - MUROS



PLANTA

HOJA	ESCALA
A-1	1/50



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DCT-UNI

CONTRATISTA:

SUPERVISOR:

REVISIONES

REV. N°	FECHA	DESCRIPCION
0		
1		
2		
3		

PASO A DESNIVEL UNI - CISMID
UNI - CIDMID
TRAMO : km 0+000 - km 0+500

Plano: **PLANO - DETALLE DE MUROS**
Ubicación: **KM 0+000.00 - KM 0+500.00**

Jefe de Supervisor: **Ing.**

Residente de Obra: **Ing.**

Escala: INDICADA

Fecha:	MAYO 2019
Rev.	0
PAG.	2 de 2

PP-02

ANEXOS 1.6

PLANOS DE ORTOMOSAICO – PIX4D

PLANTA ORTOMOSAICO



PLANTA

HOJA	ESCALA
A-1	1/1000

Escala Gráfica: 1/1000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CONTRATISTA:

SUPERVISION:

REVISIONES		
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION
0		
1		
2		

PASO A DESNIVEL UNI - CISMID
UNI - CIDMID

TRAMO : km 0+000 - km 0+500

Plano: **PLANTA ORTOMOSAICO**

Ubicación: **KM 0+000.00 - KM 0+500.00**

Jefe de Supervision:

Ing.

Residente de Obra:

Ing.

Escala:	INDICADA	Rev.	0
Fecha:	MAYO 2019	PAG.	1 de 1
PP-01			

ANEXOS 1.7

PLANOS EN PLANTA Y PERFIL DEL TRAMO 0+000 – 0+500 INFRAWORKS

PLANO PLANTA PERFIL

PLANTA

276900.000

277000.000

PLANTA	
HOJA	ESCALA
A-1	1/1000



8671200.000

8670800.000

276700.000



276800.000

276900.000

CUADRO DE TALUDES					
PROGRESIVA		TALUD DE CORTE		TALUD DE RELLENO	
INICIO	FIN	H	V	H	V
0+000	0+540	1	8	1.5	1

LEYENDA EN PLANTA



LEYENDA DE VISTA EN PERFIL

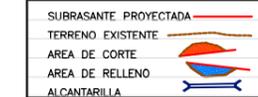
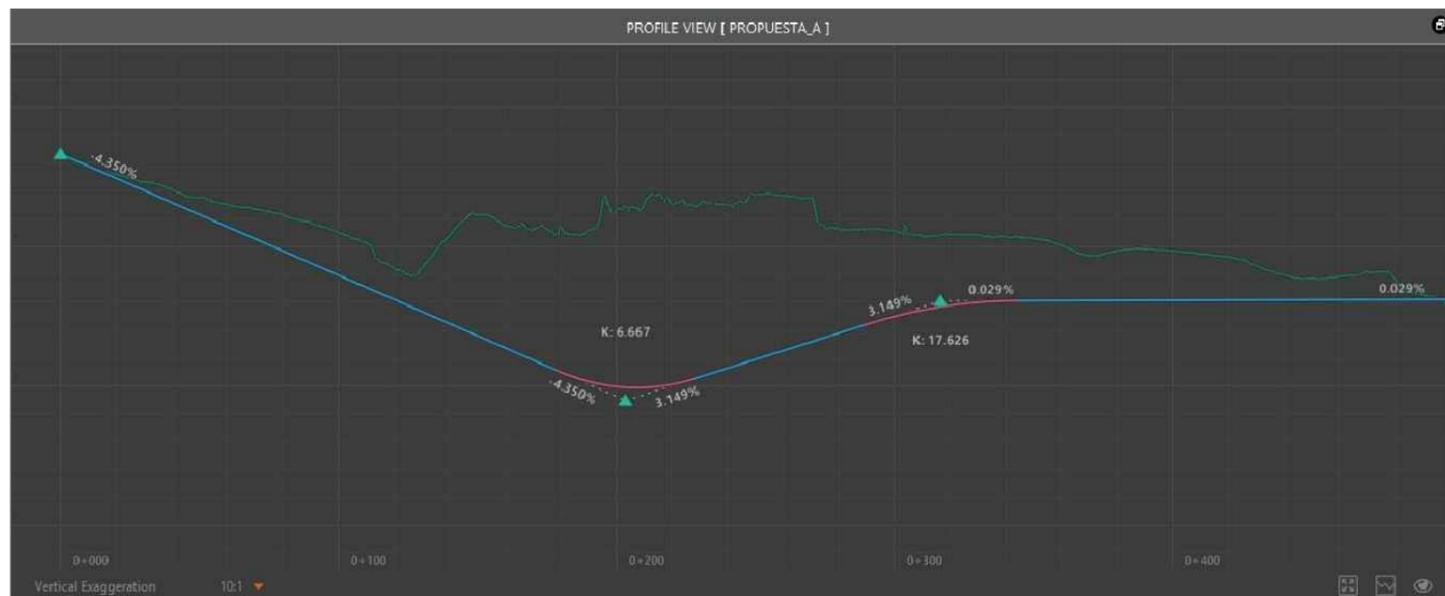


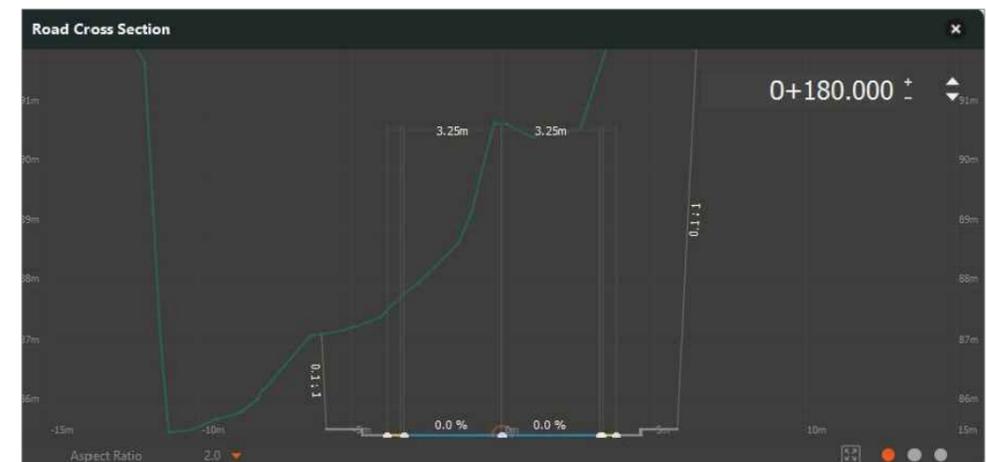
TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA													
N° CURVA	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI: 01	N21° 44' 35"W	37°09'09"	35.00	11.76	22.70	22.30	1.92	1.82	0+059.57	0+047.81	0+070.51	8670845.21	276993.17
PI: 02	N47° 07' 46"W	13°37'14"	45.00	5.37	10.70	10.67	0.32	0.32	0+156.50	0+151.12	0+161.82	8670927.39	276933.18
PI: 03	N35° 23' 10"W	37°06'27"	30.00	10.07	19.43	19.09	1.64	1.56	0+229.07	0+219.00	0+238.43	8670968.31	276875.90

PERFIL LONGITUDINAL



PERFIL	
ESCALA	
HOJA	A-1
Vertical	V:1/200
Horizontal	H:1/2000

SECCIÓN DE VÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CONTRATISTA:

SUPERVISIÓN:

REVISIONES		
REV. N°	FECHA	DESCRIPCIÓN
0		
1		
2		

PASO A DESNIVEL UNI - CISMID
UNI - CISMID

Plano: **PLANO PLANTA PERFIL - INFRAWORKS**
Ubicación: **KM 0+000.00 - KM 0+500.00**

Jefe de Supervisión:
Ing.

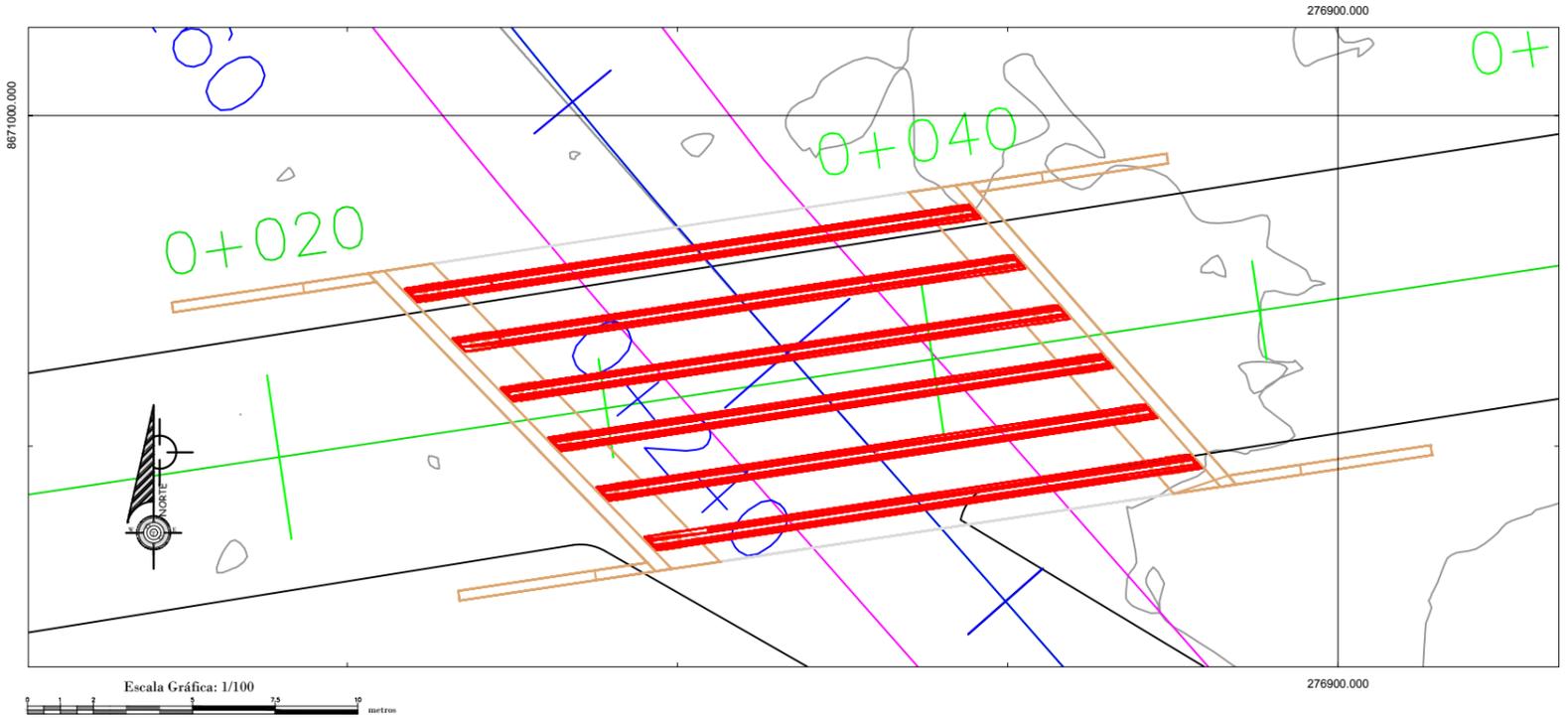
Residente de Obra:
Ing.

Escala: **INDICADA**
Fecha: **MAYO 2019**
PAG. **PP-01**
Rev. **0**
1 de 1

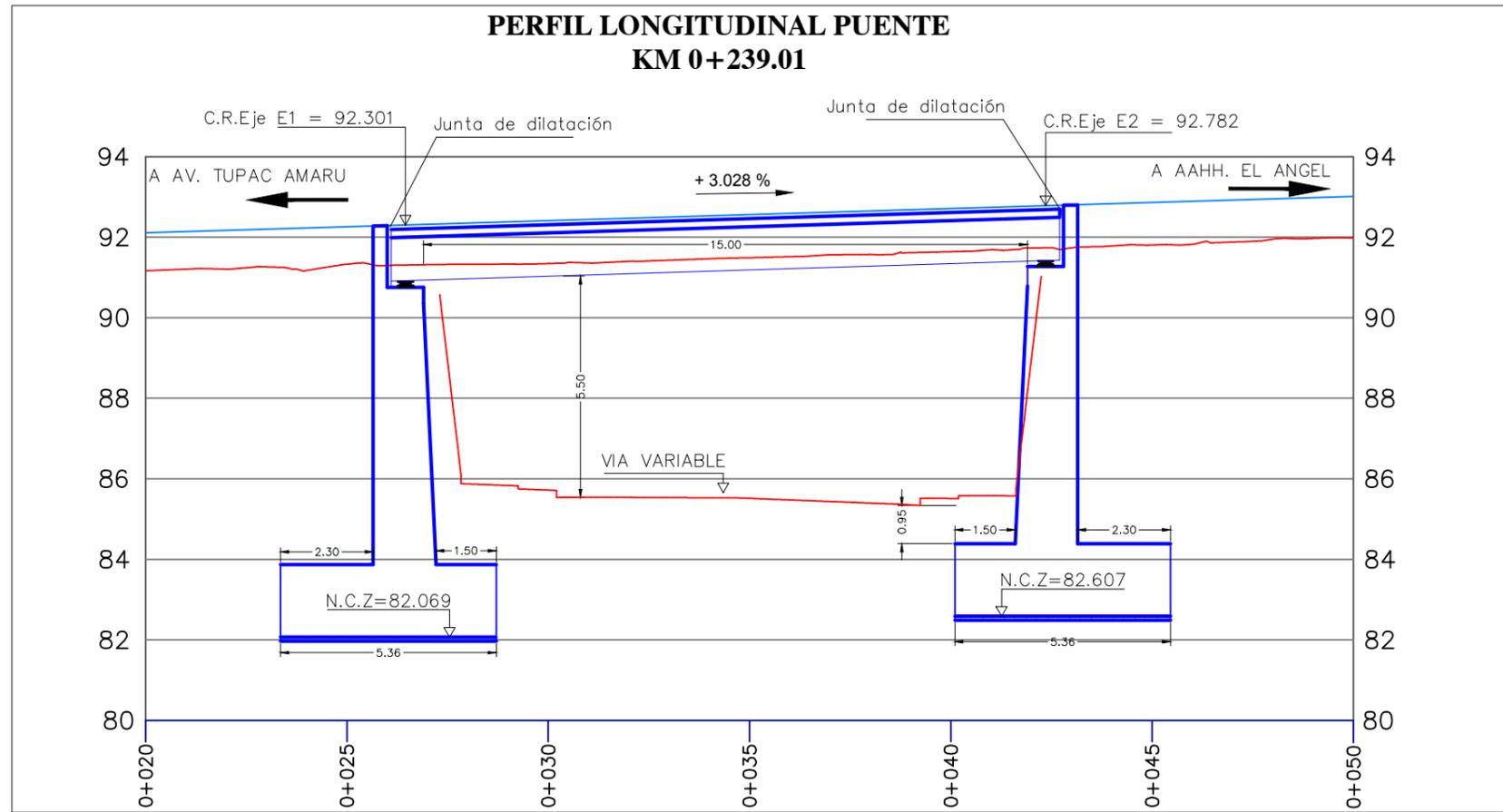
ANEXOS 1.8

PLANOS DE PUENTE DEL PASO A DESNIVEL - INFRAWORKS

PLANTA

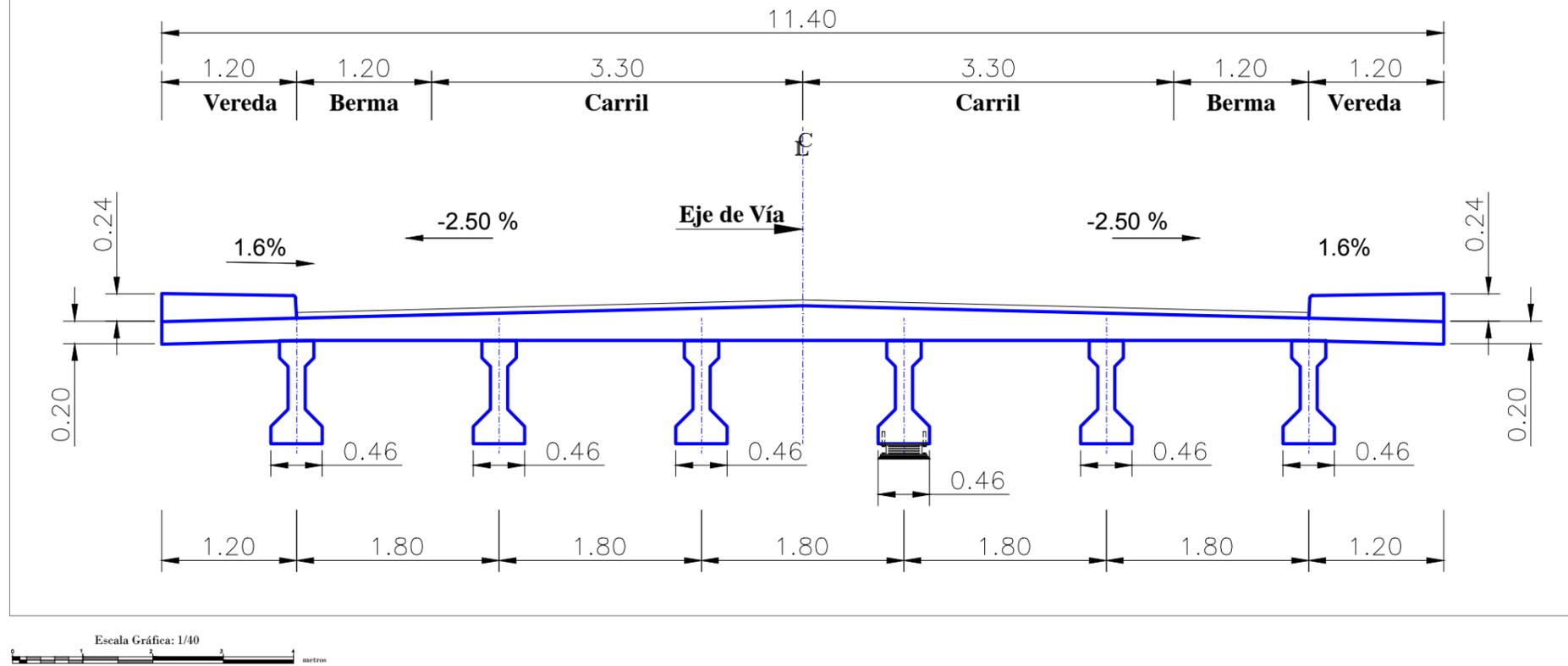


PERFIL LONGITUDINAL

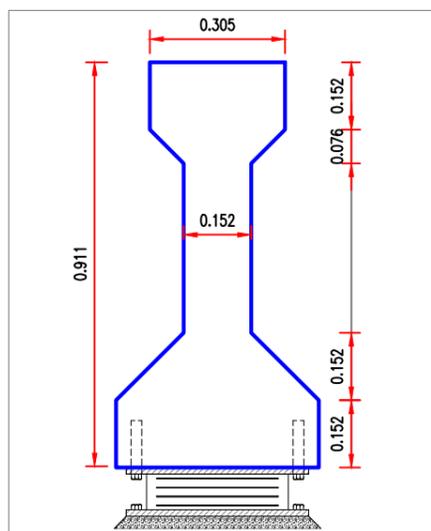


REVISIONES		
REV. N°	FECHA	DESCRIPCIÓN
0		
1		
2		

CORTE TRANSVERSAL EN : LOSA Y VIGA



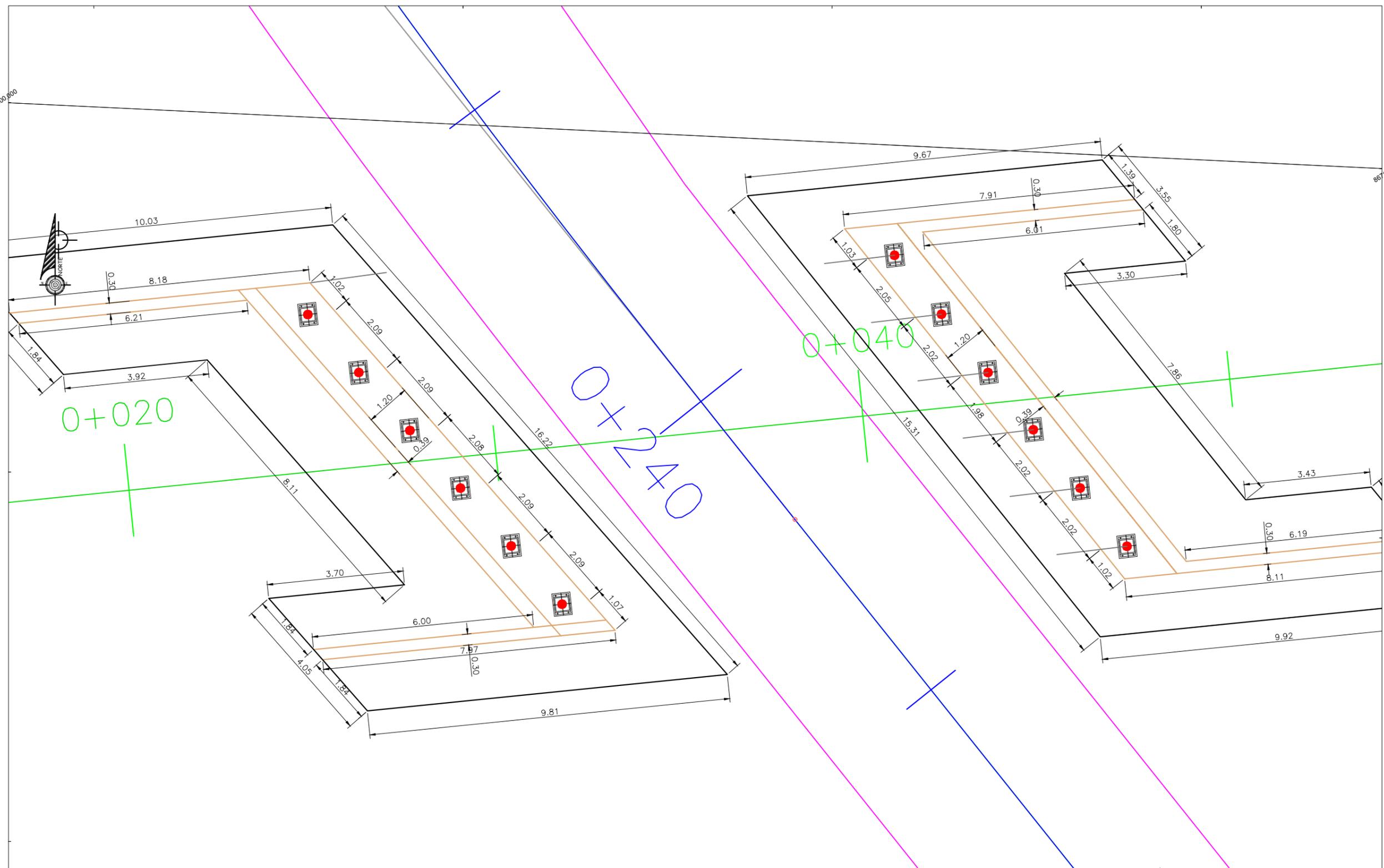
VIGA AASHTO TIPO II



PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA VIGA AASHTO TIPO II

Viga Tipo	A_c $\times 10^3 \text{ mm}^2$	I_c $\times 10^9 \text{ mm}^4$	C_b mm	Vano recomendado m
II	238.1	21.2	402	12.20 - 18.30

ESTRIBO



Escala Gráfica: 1/50
 metros

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DCV-UNI

CONTRATISTA:
 SUPERVISOR:

REVISIONES		
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION
0		
1		
2		

PASO A DESNIVEL UNI - CISMID
 UNI - CIDMID
 TRAMO : km 0+000 - km 0+500

Plano: **PLANO PLANTA ESTRIBOS**
 Ubicación: **KM 0+0239.01**

Jefe de Supervision:
 Ing.

Residente de Obra:
 Ing.

Escala: **INDICADA**
 Fecha: **MAYO 2019**
PP-01
 Rev. **0**
 PAG. **3 de 3**

ANEXOS 1.9

- UBICACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL CON EL SOFTWARE PIX4D
- NUBE DE PUNTOS (*.RCP) Y GEOREFERENCIADO EN EL SOFTWARE AUTOCAD CIVIL 3D
- ALINEAMIENTO IMPORTADO DESDE INFRAWORKS A AUTOCAD CIVIL 3D
- DISTRIBUCIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS EN EL SOFTWARE PIX4D

UBICACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL CON EL SOFTWARE PIX4D - Pto 07

The screenshot displays the Pix4D software interface. The central 3D view shows a point cloud of a terrain with several ground control points (GCPs) marked as blue spheres with red crosses. The left sidebar contains a 'Layers' panel with a list of image files (DJI_0318.JPG to DJI_0331.JPG) and a 'Processing' panel with options for 'Initial Processing', 'Point Cloud and Mesh', and 'DSM, Orthomosaic and Index'. The right sidebar shows the 'Properties' panel for a selected GCP (GCP7), displaying its label, type, coordinates (X, Y, Z), and accuracy. The bottom 'Log Output' panel shows error messages related to GCP import, such as 'Error: Error e0097: The imported points are probably not in the GCP coordinate system'.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DCV - UNI

CONTRATISTA

SUPERVISOR

REVISIONES		
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION
0		
1		
2		
3		

PASO A DESNIVEL UNI - CISMID
UNI - CIDMID

TRAMO : km 0+000.00 - km 0+500.00

Plano:

FIGURA 4.11b

Ubicación:

KM 0+000.00 - KM 0+500.00

Jefe de Supervisión:

Ing.

Residente de Obra:

Ing.

Escala: INDICADA

Fecha: MAYO 2019

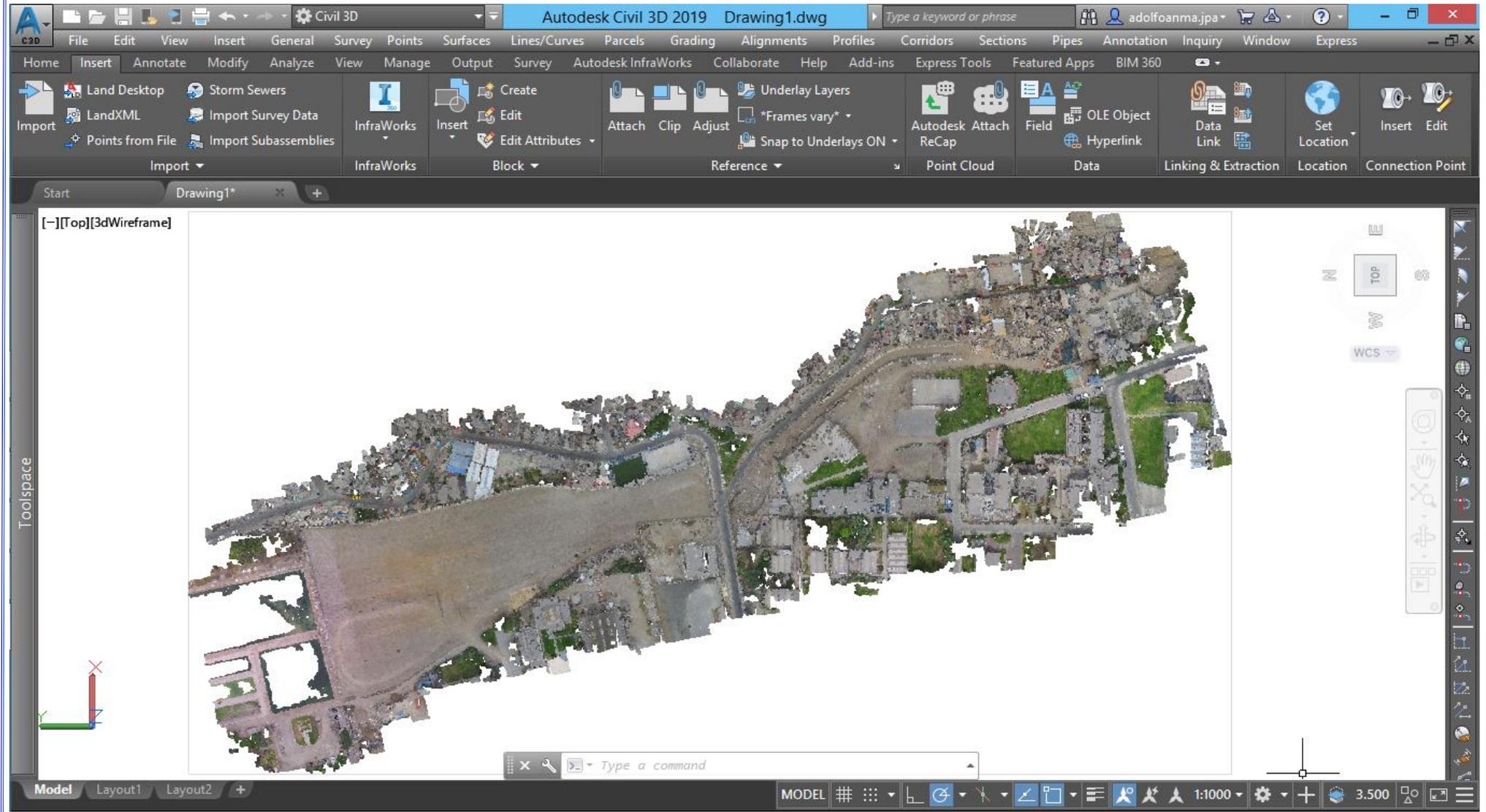
PIM-01

PAG. 1 de 1

Rev.

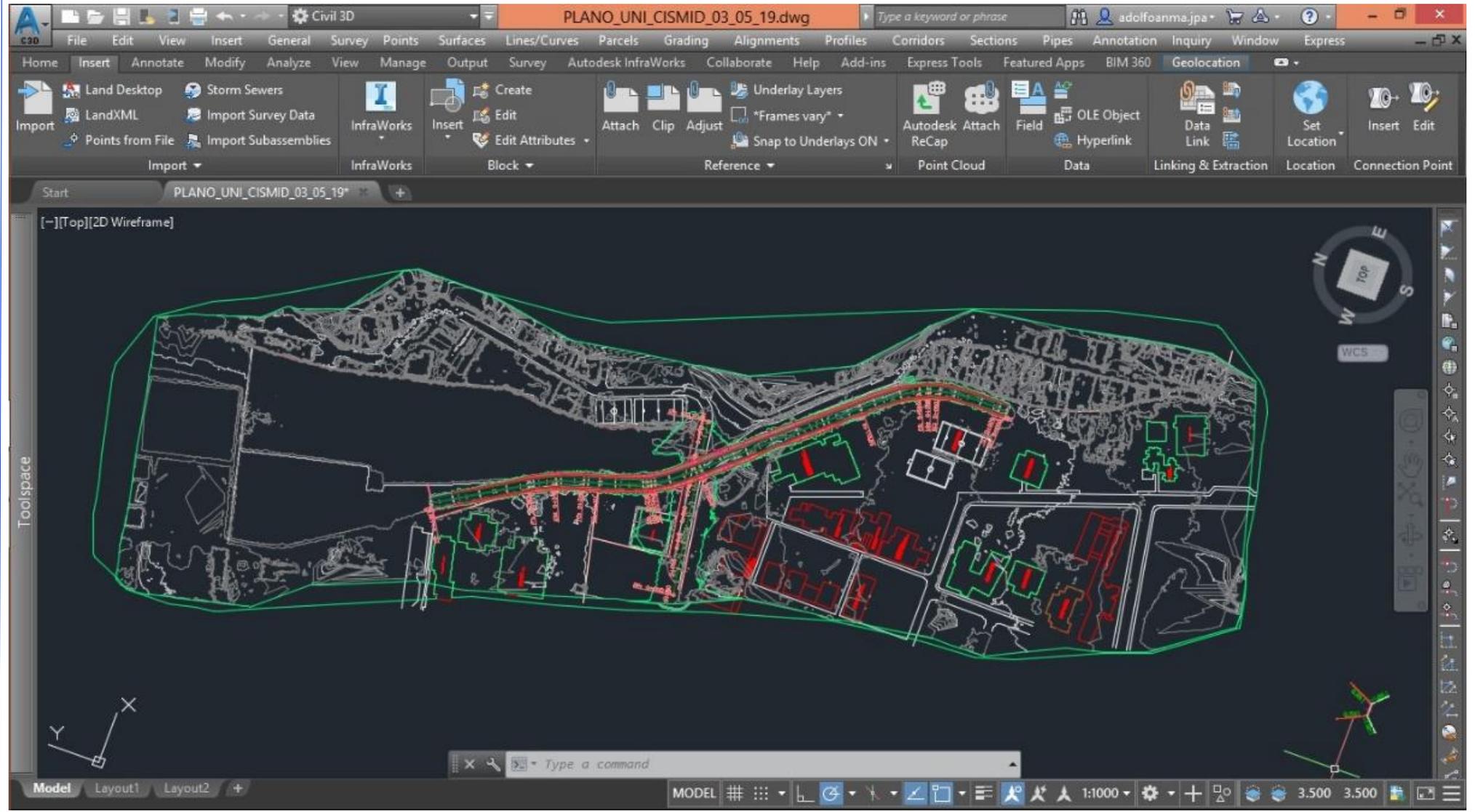
0

NUBE DE PUNTOS (*.RCP) Y GEOREFERENCIADO EN EL SOFTWARE AutoCAD Civil 3D



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DCV-UNI	CONTRATISTA: SUPERVISOR:	REVISIONES		PARO A DESNIVEL UNI - CISMID UNI - CIDMID TRAMO : km 0+000 - km 0+500	Plano: FIGURA 6.1b	JEFE DE SUPERVISIÓN: Ing.	RESIDENTE DE OBRA: Ing.	Escala: INDICADA	Rev. 0	
		REV. N°	FECHA		DESCRIPCIÓN			Ubicación: KM 0+000.00 - KM 0+500.00	Fecha: MAYO 2019	PAG. 1 de 1
		0							PIM-01	

ALINEAMIENTO IMPORTADO DESDE INFRAWORKS A AUTOCAD CIVIL 3D



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DCV-UNI

CONTRATISTA:
SUPERVISOR:

REVISIONES		
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION
0		
1		
2		
3		

PASO A DESNIVEL UNI - CISMID
UNI - CISMID
TRAMO : km 0+000 - km 0+500

Plano: FIGURA 6.4
Ubicado on: KM 0+000.00 - KM 0+500.00

Jefe de Supervision: Ing.
Residente de Obra: Ing.

Escala: INDICADA
Fecha: MAYO 2019
PAG. 1 de 1
PIM-01

DISTRIBUCIÓN DE LAS FOTOGRAFICAS EN EL SOFTWARE PIX4D

Project Information

Project Summary

Project:
 Name: paso_desnivel_uni_rev00
 Type: Standard
 Workspace: C:\Tesis_Adolfo\
 Output Datum: World Geodetic System 1984
 Output Coordinate System: WGS 84 / UTM zone 18S (epg2008)
 Output Georeferenced:

Processing:
 1. Initial Processing Done: NO
 Average Ground Sampling Distance (GSD) [cm/pixel]: -
 Parameter Files Generated: NO
 2. Point Cloud and Mesh Done: NO
 Image Scale: -
 Point Density: -
 3. DSM, Orthomosaic and Index Done: NO
 Resolution [cm/pixel]: -
 Raster DSM Generated: NO
 Grid DSM Generated: NO
 Orthomosaic Generated: NO
 Google Maps Tiles and KML Generated: NO

Images:
 Enabled Images: 255 out of 255
 Geolocated Images: 255 out of 255
 Datum: World Geodetic System 1984
 Coordinate System: WGS 84 (epg96)

Layers

- Images
- GCPs
- Processing Area

Processing

1. Initial Processing 2. Point Cloud and Mesh 3. DSM, Orthomosaic and Index

Log Output: Current: 0% Total: 1. 2. 3. 0/23

Buttons: Output Status..., Start, Cancel, Help

WGS84 - (-12,01807159, -77,05532670) WGS84 / UTM zone 18S - (276229.791, 8670612.071) [m]



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DCV-UNI

CONTRATISTA:
 SUPERVISOR:

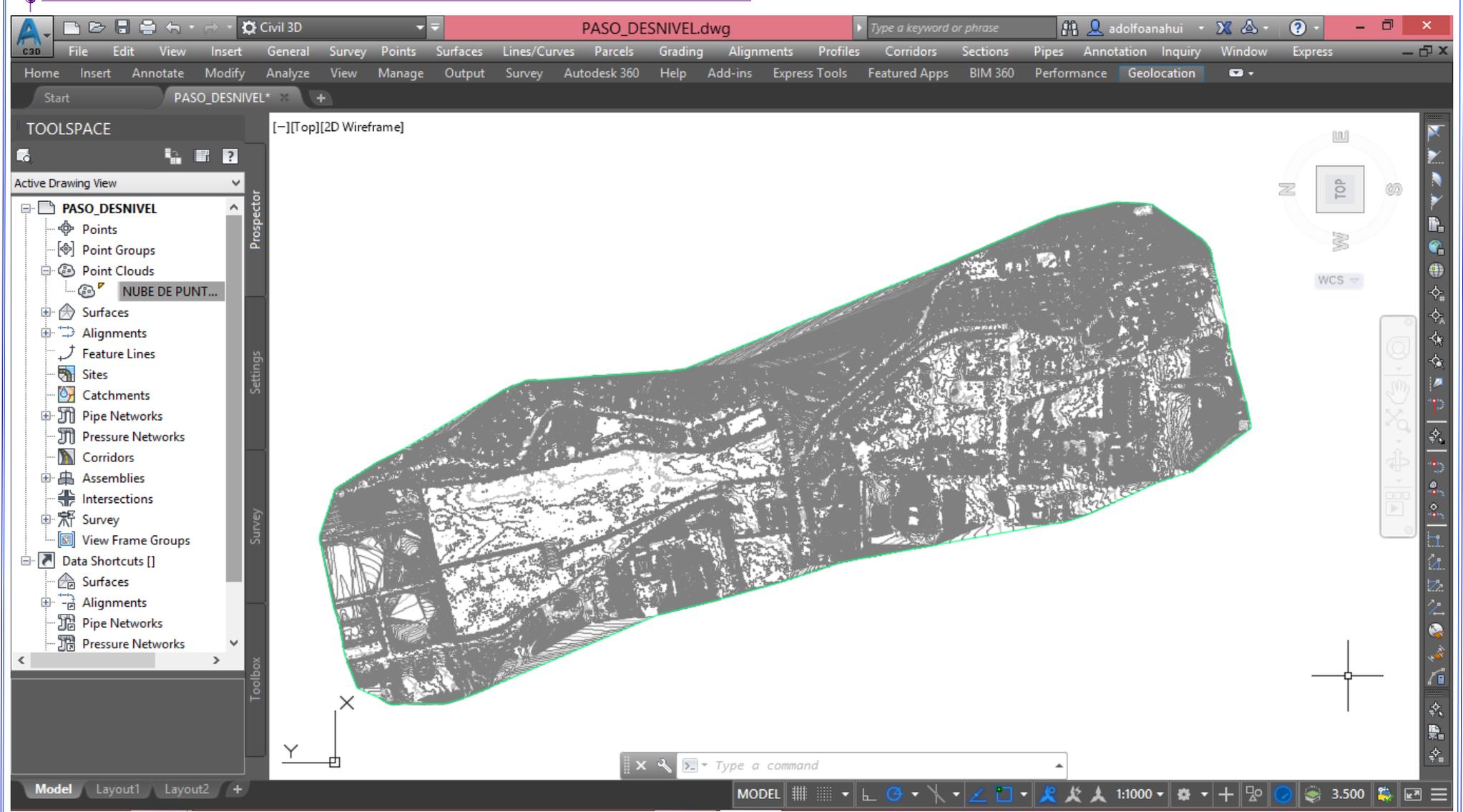
REVISIONES		
NO. NO.	FECHA	DESCRIPCION
1		
2		
3		

PASO A DESNIVEL UNI - CISMID
 UNI - CIDMID
 TRAMO : km 0+000 - km 0+500

Plano: FIGURA 4.10c
 Ubicación: KM 0+000.00 - KM 0+500.00

Jefe de Supervisión: Ing.
 Residente de Obra: Ing.

Escala:	INDICADA	Rev:	0
Fecha:	MAYO 2019	PAG:	1 de 1
PIM-01			



REVISIONES		
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION
0		
1		
2		
3		

IMPORTANCION MEDIANTE EL FORMATO *.SQLITE A AUTOCAD CIVIL 3D



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DCV-UNI

CONTRATISTA:

SUPERVISION:

REVISIONES	
NO. DE REVISION	DESCRIPCION
0	
1	
2	
3	

PASO A DESNIVEL UNI - CISMID
UNI - CIDMID
TRAMO : km 0+000 - km 0+500

Plano: FIGURA 6.5
Ubicacion: KM 0+000.00 - KM 0+500.00

Jefe de Supervision: Ing.
Residente de Obras: Ing.

Escala: INDICADA
Fecha: MAYO 2019

Rev. 0
PAG. 1 de 1
PIM-01