UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis de interferencias para movimiento de tierras en las infraestructuras
viales en el Perú para prevenir los retrabajos en la etapa de planeamiento,
mediante la Metodología de Gestión BIM. Caso de estudio, Camino Vecinal
Puente Techin – Cruce Chirimoyo, Distrito de Querocotillo- Provincia
Cutervo-Cajamarca tramo km 0+000 al 15+000.

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES

Bastidas Cristobal, Joseph Bryan (0000-0001-5042-8433)

Herrera Araujo, Jerson George (0000-0001-7625-2077)

ASESOR

Reyes Ñique, Jose Luis (0000-0002-4614-8778)

Lima, [11 de junio 2020]

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios y a mi familia. Especialmente a mis padres que siempre me brindaron su apoyo y sus consejos en los momentos más difíciles. A mi hermano que siempre será para mí un ángel que guiará mi camino y que me inspirará a ser una mejor persona cada día.

Herrera Araujo Jerson George

Este logro ha sido posible gracias a Dios y a mi familia ya que su apoyo ha constituido el mayor aporte en esta etapa de mi vida. A mi madre, por ser la persona que siempre estuvo presente y nunca dejo de aconsejarme y alentarme. Les agradezco por acompañarme durante todo este proceso que es la culminación de una etapa, pero el comienzo de otra.

Bastidas Cristobal Joseph Bryan

AGRADECIMIENTOS

Se agradece de una manera cordial al asesor de tesis Ing. José Ñique por los conocimientos brindados a lo largo de este trabajo, además a los encargados de topografía del proyecto por brindar las herramientas necesarias para llevar a cabo nuestra tesis

RESÚMEN

En la siguiente investigación, se llevó a cabo la implementación de la Gestión BIM (Building Information Modeling) en la etapa de planeamiento del proyecto vial , MEJORAMIENTO CAMINO VECINAL PUENTE TECHIN – CRUCE CHIRIMOYO, DISTRITO DE QUEROCOTILLO- PROVINCIA CUTERVO-CAJAMARCA KM 0+000 AL 15+000, mediante uso de herramientas (softwares) BIM para el diseño y análisis, con el objetivo localizar las interferencias y prevenir los retrabajos, de acuerdo a los resultados obtenidos se propuso posibles soluciones a estas interferencias, las cuales fueron debatidas mediante una Gestión Colaborativa como es el caso de la Gestión BIM para proponer diversas soluciones viales para el desarrollo óptimo del Proyecto. La finalidad del proyecto es mejorar los procesos en los proyectos de infraestructura vial mediante la Gestión BIM, ya que en el Perú actualmente no se está aplicando este concepto, tampoco existe una norma que garantice el uso de esta herramienta, sin embargo; en los países europeos, Estados Unidos y Canadá, entre otros, es necesario para garantizar el buen desarrollo y calidad del proyecto. La importancia de las obras viales es importante para el crecimiento del país, porque estas vías de comunicación tienen un papel importante en la sociedad, por lo que se movilizan importantes mercaderías y bienes, así como la comunicación entre personas. Es por eso que el proceso de este tipo de infraestructura se puede hacer de la mejor manera posible, con el objetivo de entregar un producto de buena calidad para el beneficio de todos los involucrados.

Palabras clave: Gestión BIM; interferencias; prevenir retrabajos; mejorar proceso; infraestructura vial.

Analysis of interferences in road infrastructures in Perú to prevent re-works in the planning stage, through the bim management methodology.

ABSTRACT

The following investigation was carried out to implement the BIM Management (Building Information Modeling) in the planning stage of the road project, MEJORAMIENTO CAMINO VECINAL PUENTE TECHIN – CRUCE CHIRIMOYO, DISTRITO DE QUEROCOTILLO- PROVINCIA CUTERVOCAJAMARCA KM 0+000 AL 15+000, through the use of BIM tools (software) for the design and analysis, in order to locate the interference and prevent rework, according to the results obtained, possible solutions to these interferences must be proposed, which should be discussed through a Collaborative Management such as the BIM Management to propose a road solution for the optimal development of the Project. The purpose of the project is to improve the processes in road infrastructure projects by BIM Management, as in Peru currently not being implemented this concept, nor is there a standard that ensures the use of this tool, however; in European countries, the United States and Canada, among others, necessary to ensure the proper development and quality of the project. The importance of road works is important for the growth of the country, because these roads have an important role in society, so important commodities and goods move as well as communication between people. That is why the process of this type of infrastructure can be done in the best possible way, with the aim of delivering a good quality product for the benefit of all involved.

Key words: BIM Management; interference; prevent rework; improve process; road infrastructure.

TABLA DE CONTENIDOS

1	Introducción.....	1
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Realidad Problemática.....	3
1.3	Formulación de Problema.....	7
1.4	Hipótesis	7
1.5	Objetivo General.....	8
1.6	Objetivos Específicos	8
2	MARCO TEÓRICO	9
2.1	Campos del BIM.....	9
2.2	Características del uso de BIM en la fase de proyectos viales	10
2.2.1	Reportes y documentaciones	10
2.2.2	Modelos digitales.....	10
2.2.3	Ventajas y desventajas.....	11
2.3	Herramientas del BIM	11
2.3.1	Project Wise V8i.....	12
2.3.2	Aconex.....	12
2.3.3	Oracle.....	12
2.3.4	Autodesk.....	12
2.4	Requisitos para el uso de la metodología BIM en proyectos	15
2.4.1	Definición del alcance del proyecto	15
2.4.2	Programación de fases de proyecto	15
2.4.3	Equipo de trabajo.....	16
2.4.4	Escala de tiempos para la ejecución	17
2.5	BIM en el diseño vial de un proyecto.....	17
2.5.1	Inicio del Proyecto Vial.....	18
2.5.2	Conformación de superficie	19
2.5.3	Diseño vial – Planimetría y Rasante.....	19
2.5.4	Identificación de Interferencia y Planificación de actividades.....	19
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1	Planeamiento del alcance.....	20

3.1.1	Características Técnicas y Requisitos.....	20
3.1.2	Recopilación de datos	21
3.2	Análisis geográfico y Trazado de rutas	22
3.2.1	Diseño Conceptual de Autodesk Infracore 360	22
3.2.2	Introducción en Autodesk Infracore 360	23
3.2.3	Integración de información en Autodesk Infracore 360	24
3.3	Diseño Geométrico Vial	27
3.3.1	Diseño Conceptual e Integración de Autodesk Civil 3D.....	27
3.4	Gestión del proyecto	39
3.4.1	Diseño Conceptual de Autodesk Navisworks	39
3.4.2	Integración de Autodesk Navisworks y Microsoft Project.....	41
4	RESULTADOS: DISEÑO DE DETALLE BIM EN EL PROYECTO VIAL “LIMA – PUENTE TECHIN – CRUCE CHIRIMOYO KM 0+000 -15+000”	43
4.1	Inserción y Procesamiento de Topografía	43
4.1.1	Características generales de Levantamiento Topográfico.	44
4.1.2	Importación y procesamientos de datos topográficos	44
4.2	Inicio de Autodesk Infracore 360	47
4.2.1	Configuración de datos al Infracore	48
4.2.2	Entregables y reportes	50
4.3	Inicio de AutoCAD Civil 3D.....	52
4.3.1	Configuración de AutoCAD Civil 3D.....	52
4.3.2	Entregables y Reportes	62
4.4	Inicio de Autodesk Navisworks.....	65
4.4.1	Configuración de Autodesk Navisworks.....	65
4.4.2	3.4.2 Entregables y reportes	70
5	DISCUSIÓN DE RESULTADOS: INTERPRETACIÓN DE ENTREGABLES DEL Y PLANIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES.....	71
5.1	OBJETIVO 1º: Identificar e interpretar las interferencias de los reportes del Navisworks.	71
5.2	OBJETIVO 2º: Evaluación y formulación de soluciones para las interferencias encontradas en el Navisworks	72

5.3	OBJETIVO 3°: Definición de actividades para la organización y elaboración del cronograma de obra	85
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
6.1	CONCLUSIONES OBJETIVO 1°	88
6.2	CONCLUSIONES OBJETIVO 2°	89
6.3	CONCLUSIONES OBJETIVO 3°	90
6.4	RECOMENDACIONES	91
	REFERENCIAS	94
	ANEXOS	97
	ANEXO 1: MANUAL DE CARRETERAS DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2014	97
	ANEXO 2: CONFLICTOS ENCONTRADOS POR EL AUTODESK NAVISWORKS EN EL TRAMO 0+000-15+000 KM	103
	ANEXO 3: ESTUDIO DE SUELOS DEL PROYECTO MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL PUENTE TECHIN- CRUCE CHIRIMOYO.....	109
	ANEXO 4: ESTUDIO DE SUELOS DEL PROYECTO MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL PUENTE TECHIN- CRUCE CHIRIMOYO.....	126

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1:</i> Informe de Seguimiento del Plan Operativo Institucional, por MTC M.d (2016-2017).....	4
<i>Tabla 2:</i> Informe de Seguimiento POI-2016, por MTC (2016-2017).....	5
<i>Tabla 3:</i> Informe de Seguimiento POI-2017, por MTC M.d (2016-2017)	5
Tabla 4: Ubicación del trazo según departamento, provincia y distrito. (MEJORAMIENTO CAMINO VECINAL PUENTE TECHIN – CRUCE CHIRIMOYO, DISTRITO DE QUEROCOTILLO- PROVINCIA CUTERVO-CAJAMARCA).....	20
Tabla 5: Coordenadas Geográficas de Punto Inicial y Final (Estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera MEJORAMIENTO CAMINO VECINAL PUENTE TECHIN – CRUCE CHIRIMOYO, DISTRITO DE QUEROCOTILLO- PROVINCIA CUTERVO-CAJAMARCA)	21
Tabla 6: Parámetro de Diseño (Estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera PUENTE TECHIN – CRUCE CHIRIMOYO).....	22
Tabla 7: Volúmenes de carpeta asfáltica en progresiva. (Acuña Correa, 2016)	37
Tabla 8: Cuadro Resumen de la Topografía de Área de Estudio. MTC.....	44
Tabla 9: Coordenadas Geográficas proporcionadas por IGN.....	46
Tabla 10: Especificaciones Técnicas de GPS y Topcon Hiper.	46
Tabla 11: Coordenadas importadas después de procesar los datos de los levantamientos Topográfico.	47
Tabla 12: Velocidad de Diseño Manual de Carretera: Diseño Geométrico DG – 2014. ...	55
Tabla 13: Longitud de tramos en tangente, por Manual de Carretera: Diseño Geométrico DG – 2014	56
Tabla 14: Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras, por Manual de Carretera: Diseño Geométrico DG – 2014.	57
Tabla 15: Taludes de Corte, proyecto PUENTE TECHIN-CHIRIMOYO.	75
Tabla 16: Trazo Inicial y final, proyecto PUENTE TECHIN-CHIRIMOYO.....	78
Tabla 17: Taludes de Relleno, proyecto PUENTE TECHIN-CHIRIMOYO.....	82
Tabla 18: Metrado de movimiento de tierras totales con la solución de interferencias, Autodesk Navisworks.....	83
Tabla 19: Comparación en porcentajes de ahorro total con el uso del Autodesk.....	84
Tabla 20: Presupuesto detallado de 90 metros lineales de muros de contención	84

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Beneficios citados por contratistas que han implementado procesos BIM, por McGraw Hill Construction, 2013	2
<i>Figura 2:</i> Ventajas en el uso de BIM en fase de Proyecto, por Puente Sánchez, 2016	3
<i>Figura 3:</i> Estimación de desperdicios en obras de edificación, por Picchi,1993.....	6
<i>Figura 4:</i> Clasificación de defectos, por Alarcón & Mardones, 1998	7
<i>Figura 5:</i> Campos de BIM en fase de proyecto, por Acuña Correa, 2016.....	10
<i>Figura 6:</i> Programación de fase de Proyecto, por Acuña Correa, 2016	16
<i>Figura 7:</i> Estructura jerárquica BIM en fase de Proyecto, por Acuña Correa, 2016.....	17
<i>Figura 8:</i> Flujo de trabajo para el diseño conceptual aplicando metodología BIM, por Acuña Xavier, 2016.....	18
<i>Figura 9:</i> Esquema de Ubicación del Proyecto, Tramo I, Expediente técnico PUENTE TECHIN – CRUCE CHIRIMOYO, 2011	21
<i>Figura 10:</i> Coordenadas geográficas en el Google Eart	25
<i>Figura 11:</i> Configuración de Perfil Longitudinal, por AUTODESK, 2017.	26
<i>Figura 12:</i> Intercambio de datos de AutoCAD Civil 3D y Autodesk Infracore, por AUTODESK, 2017.....	27
<i>Figura 13:</i> Cuadro de Configuración de la zona del trazo, por Alcántara Portal, 2016	28
<i>Figura 14:</i> Importación de trazo de Autodesk Infracore al Civil 3D (AUTODESK, 2017)	29
<i>Figura 15:</i> Creación de la superficie, por Alcántara Portal, 2016	30
<i>Figura 16:</i> Lineamiento Horizontal, por Alcántara Portal, 2016.....	31
<i>Figura 17:</i> Alineamiento Longitudinal, por, Alcántara Portal, 2016.....	32
<i>Figura 18:</i> Sobre Anchos y Limites de la carretera., por Alcántara Portal, 2016.....	33
<i>Figura 19:</i> Cortes Transversales. Por Alcántara Portal, 2016.....	33
<i>Figura 20:</i> Flujo de trabajo para composición tridimensional de obra vial, por Acuña Correa, 2016	34

<i>Figura 21:</i> Ensamble compuesto por carriles, cunetas, y condiciones de corte y relleno, por Acuña Correa, 2016.....	35
<i>Figura 22:</i> Flujo de trabajo para extracción de información del modelo BIM, por Acuña Correa, 2016	36
<i>Figura 23:</i> Flujo de trabajo para creación de planos de AutoCAD Civil 3D., por Acuña Correa, 2016	37
<i>Figura 24:</i> Presentación de plano planta-perfil en formato de cafetín parametrizado, por Acuña Correa, 2016.....	38
<i>Figura 25:</i> Presentación de modelo a escala de Autodesk Navisworks (AUTODESK, 2017).....	39
<i>Figura 26:</i> Modelo Autodesk Navisworks para la planificación y control de proyectos, por Acuña Correa, 2016.....	40
<i>Figura 27:</i> Simulación cronológica de ejecución de estructuras en proyecto vial, por Acuña Correa, 2016.....	41
<i>Figura 28:</i> Planificación del proyecto en Navisworks.....	42
<i>Figura 29:</i> Planificación del proyecto en Microsoft Project.....	42
<i>Figura 30:</i> Colocación de puntos geodésicos	45
<i>Figura 31:</i> Punto Inicial y Final en el Google Earth ubicados por las coordenadas y que son exportadas al Autodesk Infraworks.	48
<i>Figura 32:</i> Trazo ya importado del Google Earth al Autodesk Infraworks	48
<i>Figura 33:</i> Trazo de la ruta en Autodesk Infraworks 360.....	49
<i>Figura 34:</i> Comando para exportar datos con el sistema de coordenadas UTM	50
<i>Figura 35:</i> Curvas de nivel del tramo 0+000 KM – 15+000 KM.....	51
<i>Figura 36:</i> Recorrido del tramo 0+000 KM – 15+000 KM	51
<i>Figura 37:</i> Modelación de la superficie en 3D.....	52
<i>Figura 38:</i> Importación de datos topográficos, por AutoCAD Civil 3D	53
<i>Figura 39:</i> Tramo importado visto horizontalmente, por AutoCAD Civil 3D	53
<i>Figura 40:</i> Creación de Alineación, por AutoCAD Civil 3D	58

<i>Figura 41:</i> Longitud de Tangente mínima y máxima, por AutoCAD Civil 3D.....	58
<i>Figura 42:</i> Radio Mínimo, por AutoCAD Civil 3D.....	59
<i>Figura 43:</i> Creación del alineamiento con las advertencias que se creó, por AutoCAD Civil	60
<i>Figura 44:</i> vista de rejilla de alineación, por AutoCAD Civil 3D	60
<i>Figura 45:</i> Vista en planta de todo el alineamiento, por AutoCAD civil 3D.	61
<i>Figura 46:</i> KM 5+000 del alineamiento, por AutoCAD civil 3D.	61
<i>Figura 47:</i> KM 11+100 del alineamiento, por AutoCAD civil 3D.	61
<i>Figura 48:</i> Perfil Longitudinal completo del trazo, por AutoCAD civil 3D.....	62
<i>Figura 49:</i> Perfil longitudinal del KM 14+000, por AutoCAD civil 3D.	62
<i>Figura 50:</i> Perfil longitudinal del KM 0+000, por AutoCAD civil 3D.	62
<i>Figura 51:</i> Plano de planta del KM 0+000, por AutoCAD Civil 3D.....	63
<i>Figura 52:</i> Plano de perfil longitudinal del KM 0+000, por AutoCAD Civil	64
<i>Figura 53:</i> Corredor de la carretera, por AutoCAD Civil 3D.	66
<i>Figura 54:</i> Selección del rango de estación, por AutoCAD Civil 3D.....	66
<i>Figura 55:</i> Información de las diferentes capas con su respectivo color, por AutoCAD Civil 3D.	67
<i>Figura 56:</i> Propiedades del corredor a exportar, por AutoCAD Civil 3D.....	67
<i>Figura 57:</i> Configuración de actualización del sólido, por AutoCAD Civil 3D.	68
<i>Figura 58:</i> Detección de las interferencias, por AutoCAD Civil 3D.....	68
<i>Figura 59:</i> Configuración para detectar el número de interferencias, por Autodesk Navisworks (2019).	69
<i>Figura 60:</i> Reporte de la interferencia número 2 con su respectivo diagrama, por Autodesk Navisworks (2019).	70
<i>Figura 61:</i> Reporte de los tipos de sólido, por Autodesk Navisworks (2019).....	70
<i>Figura 62:</i> Conflicto de interferencia de Talud de un tramo con la carpeta asfáltica de otro tramo, por Naviswork (2019).	72

<i>Figura 63:</i> Línea de muestreo transversal del corredor vial, por Autodesk Civil 3D.....	73
<i>Figura 64:</i> Sección Transversal de la línea de muestreo, por AutoCAD Civil 3D (2018)	74
<i>Figura 65:</i> Zoom de la sección transversal la línea de muestreo, identificando las secciones en conflicto, por AutoCAD Civil 3D (2018).....	74
<i>Figura 66:</i> Diseño de muro de contención. (Ver Anexo 04)	77
<i>Figura 67:</i> La programación de las actividades para el corredor Final de la carretera, por Autodesk Navisworks.....	85
<i>Figura 68:</i> Simulación de la capa Sub Base del corredor, por Autodesk Naviswork (2018).	86
<i>Figura 69:</i> Ciclo de la simulación de las actividades para realización de cada capa del tramo, por Autodesk Naviswork (2018).	87

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en el Perú el sector de construcciones viales debe de realizarse cambios positivos para dejar de lado formas de trabajos tradicionales, y que se pueda mejorar los diferentes procesos del proyecto. La competitividad entre empresas dedicadas a este rubro siempre lleva a innovar y mejorar sus metodologías de trabajo para un resultado final de calidad.

En este trabajo se implementó la metodología de Gestión BIM (Building Information Modelling) en el diseño y análisis en la etapa de planeamiento. Entiéndase que estos tipos de proyectos es importante para el crecimiento del país, pues estas vías de comunicación cumplen un rol importante en la sociedad, por estas se movilizan mercaderías y bienes, así como también la comunicación entre personas. Es por eso que el proceso de este tipo de infraestructura debe de realizarse de la mejor manera posible, con el objetivo de entregar un producto de buena calidad para el provecho de todos los involucrados.

En el presente trabajo de grado se ejecutó el proyecto de " MEJORAMIENTO CAMINO VECINAL PUENTE TECHIN – CRUCE CHIRIMOYO, DISTRITO DE QUEROCOTILLO- PROVINCIA CUTERVO-CAJAMARCA", con el desarrollo de la metodología BIM, que consta de un debido proceso para la realización del diseño, planificación y gestión de la carretera con sus respectivos reportes técnicos. Al finalizar se compara resultados, pues el presente proyecto ya fue ejecutado.

1.1 Antecedentes

El aporte de esta investigación es el empleo del sistema de Gestión BIM en los proyectos de carreteras en la etapa de planificación del proyecto. En el país hay poca evidencia de estudios que comprueben la mejora en las construcciones debido a este método (BIM), por el contrario, en países como Estados Unidos, Corea, Canadá, Reino Unido, donde este proceso ha tenido mayor profundidad, se puede distinguir los cambios en la Figura 1 (McGraw Hill Construction, 2013)

Figura 1: Beneficios citados por contratistas que han implementado procesos BIM, por McGraw Hill Construction, 2013

De acuerdo con la ilustración se concluye que los contratistas redujeron el porcentaje de errores, omisiones, costos, retrabajos y tiempo lo cual generó una mejor organización en obra. Con estos antecedentes los países como: El Reino Unido, a partir del año 2016 exigen que todo proyecto público debe de ser realizado mediante metodología BIM (Cabinet Office and Infrastructure and Projects Authority, 2016). Así mismo Estados Unidos, Austria y algunos países europeos han impuesto que las empresas hagan el uso del BIM de manera normada, provocando claramente la reducción de pérdida de tiempo y recursos económicos.

También, según los resultados de los estudios de la coordinadora del Grupo Procesos GT3 es. BIM (Puente Sanchez, 2016), las principales ventajas en el uso de BIM en fase de proyectos viales en España fueron las siguientes. En la Figura 2 se observa la relación tiempo - esfuerzo.

Figura 2: Ventajas en el uso de BIM en fase de Proyecto, por Puente Sánchez, 2016

- Mayor calidad de producto final.
- Reducción de costes.
- Mayor industrialización
- Mejor posicionamiento de las empresas españolas en el mercado exterior

En la Ilustración se puede deducir que en este sistema pone mayor énfasis y esfuerzo en la etapa de anteproyecto y planificación de la obra, lo cual redujo las modificaciones en el diseño, debido a los retrabajos por las interferencias encontradas con anterioridad con el uso de las herramientas BIM, en comparación con el sistema de diseño tradicional en 2D. Por otro lado, la autora señala que este sistema genera reportes técnicos, organizados y garantizados, la cual posee una mayor coherencia con la construcción y una mejor comprensión de parte de todas las especialidades en conjunto.

1.2 Realidad Problemática

Las vías de comunicación forman parte indispensable del desarrollo de una región y la necesidad de mejorar su proceso constructivo sería una contribución positiva para la población. Esta mejora depende mucho del trabajo en la etapa del planeamiento, pues se tiene que ser capaz de prever los inconvenientes durante la etapa de construcción. Estos

traen mucha pérdida financiera al contratista, pues pueden existir gastos mucho mayores a lo presupuestado y una ampliación de tiempo en diferentes actividades de la obra.

En el Perú existen muchos antecedentes de proyectos mal gestionados por falta de capacidad de anticipar las posibles variaciones e interferencias que se puede encontrar en la etapa de ejecución, concluyendo con un presupuesto elevado y un cronograma fuera de fechas, necesitando en muchas ocasiones ampliaciones de plazo contractual. Un claro ejemplo es el Informe de Seguimiento Del Plan Operativo Institucional 2016 del MTC las cual presenta presupuestos distorsionados entre el PIA (Presupuesto Institucional y Apertura) y PIM (Presupuesto Institucional Modificado), como se puede notar en la Tabla 1.

Tabla 1: Informe de Seguimiento del Plan Operativo Institucional, por MTC M.d (2016-2017)

PROYECTO VIAL	Presupuesto S/.	
	PIA	PIM
REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA TINGO MARIA - AGUAYTIA- PUCALLPA	S/. 20,138,678.00	S/. 50,813,405.00
REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA QUINUA - SAN FRANCISCO	S/. 44,251,660.00	S/. 82,820,294.00
CONSTRUCCION DEL TUNEL YANANGO Y ACCESOS	S/. 27,395,951.00	S/. 42,413,569.00
CONSTRUCCION DE LA VIA EVITAMIENTO DE LA CIUDAD DE JULIACA	S/. 428,000.00	S/. 974,021.00
CONSTRUCCION DE VIA EVITAMIENTO TUMBES	S/. 448,000.00	S/. 591,755.00

También existen datos del informe del primer trimestre 2016 del MTC (Informe de seguimiento 2016), Índice de ejecución de estudios definidos, este periodo obtiene un calificativo bajo. En la Tabla 2 se detalla los estudios que no alcanzaron el avance programado.

Tabla 2: Informe de Seguimiento POI-2016, por MTC (2016-2017)

Datos de informe del primer trimestre 2016 del MTC (Informe de seguimiento 2016)
0112709 Estudio Definitivo Santiago de Chuco- Mollepata, longitud del estudio 76.36 avance programado 20 % que falta para terminar el estudio
0112704 Estudio Definitivo Carretera Huallanca -Caraz, longitud del estudio 37 KM vance programado 25%-0110960 Carratera Dv. Cerro de Pasco- Tingo Maria,
0146963 Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Pallasca - Mollepata - Mollebamba -Santiago de Chuci Emplalme Ruta N° 10 Tramo Molllepata - Pallasca,
Ayacucho, ongitud del estudio 285 KM avance programado 25%
0184879 Construcción del Puente Huallaga y Accesos Región San Martin, longitud del estudio 300km avance programado 25%

Respecto a los Números de metrados ejecutados, avance 76% del MTC (Informe de Seguimiento POI – 2017) Obtiene un calificativo bajo. La Tabla 3 explica porque las siguientes obras no alcanzaron el avance programado.

Tabla 3: Informe de Seguimiento POI-2017, por MTC M.d (2016-2017)

Números de metrados ejecutados, avance 76% del MTC (Informe de Seguimiento POI – 2017)
0063480 Construcción del Puente Chacanto y Accesos – Avance físico 82%
0052658 Puente Malcas – Sin avance
0063488 Construcción del Puente Abejal y Accesos- Avance físico 26.35%
0053045 Tunel Yanango y Accesos – Avance físico 66.91%
0112050 Construcción del Puente Palca y Accesos – Avance físico 68.38%
0112042 Construcción del Puente Allcomachay – Sin avance
0141867 Reemplazo de 12 Puentes en los Corredores Viales Nacionales Sullana Aguas Verdes Km. 221+000 Km. 273+800 y Sullana El Amor Km. 0+000 Km. 52+900 – Sin avance
Por otro lado tenemos las siguientes obras que se ejecutaron con avances extraordinarios, incrementando los resultados del indicador
0063490 Construcción del Puente Heroes del Cenepa y Accesos- Avance físico 331.13%
0056477 Construcción del Puente Santa Maria de Nieva- Avance físico 131.49%

Estos retrasos y adicionales son generados por distintos aspectos dentro del proyecto en la etapa de su construcción. En el país no existe mucha evidencia de investigación respecto a las pérdidas que se genera en la construcción debido a sus diferentes causas, países como Brasil (Picchi, 1993) y Chile (Alarcon & Mardones, 1998) investigaron con más detalle. En la Figura 1 y Figura 2 se puede notar que una de las causas más importantes es la no optimización de los proyectos por la incompatibilidad entre especialidades. Enfáticamente la desvinculación de área para el desarrollo del proyecto vial es la que más problemáticas genera. El poco entusiasmo y la poca capacidad de integrar todas las especialidades evita ubicar todos los posibles errores, ocasiona retrabajos e incrementa excesivamente el presupuesto inicial.

Actualmente se utilizan herramientas de trazos abiertos y no controlados, que por lo general excluyen etapas importantes de un proyecto y sobre todo su metodología no va de acuerdo con su plan de gestión, generando muchas pérdidas financieras en el contratista. Estos proyectos son desarrollados en formatos 2D en los cuales no se puede prever los errores. En las grandes compañías privadas no se hace el uso de esta herramienta (BIM) debido al poco o nada de interés de generar innovaciones y el alto costo que genera implementar este sistema, si es el caso de que una pequeña compañía quiera implementarla.

N°	DEFECTOS DE DISEÑO	%
1	Escaso detalle de los elementos estructurales	13.97%
2	Falta de planos detallados de arquitectura	12.78%
3	Incompatibilidad entre las diferentes especialidades	11.59%
4	Cruce de información incorrecto con estructuras	8.17%
5	Falta de definición de elementos de arquitectura	6.54%
6	Modificaciones en los planos de estructuras	6.39%
7	Falta de dimensiones de arquitectura	6.24%
8	Falta de indentf. Y ubicación de elementos de arquitectura	5.65%
9	Materiales de acabados que requieren muestras	4.75%
10	Problemas con los ejes	4.46%
11	Defectos de diseño en el desagüe	4.16%
12	Cruce de información de incorrecto con arquitectura	3.12%
13	Cambios de diseño de propietario	3.12%
14	Defectos de diseño eléctrico	2.97%
15	Se entregan tarde los planos de arquitectura	1.93%
16	Defectos en los diseños A.C	1.49%
17	Problemas con los equipos eléctricos	0.89%
18	Estructuras de los equipos	0.59%
19	Problemas con los materiales en el mercado	0.45%
20	Convención de símbolos	0.45%
21	Defecto en los diseños de gas	0.30%
TOTAL		100%

Figura 3: Estimación de desperdicios en obras de edificación, por Picchi, 1993.

ESTIMADO DE DESPERDICIOS EN OBRAS DE EDIFICACIONES		
(% del costo total de la obra)		
ITEM	DESCRIPCIÓN	%
Restos del material	Restos de mortero	5.0%
	Restos de ladrillos	
	Restos de madera	
	Limpieza	
	Retirada de material	
Espesores adicionales de mortero	Tarrajeo de techos	5.0%
	Tarrajeo de paredes internas	
	tarrajeo de paredes externas	
	Contrapisos	
Dosificación no optimizada	Concreto	2.0%
	Mortero de tarrajeo de techos	
	Mortero de tarrajeo de paredes	
	Mortero de contrapisos	
	Mortero de revestimiento	
Reparaciones y retrabajos no computados en el	Repintado	2.0%
	Retoque	
	Correcciones de otros servicios	
Proyectos no optimizados	Arquitectura	6.0%
	Estructura	
	Instalaciones sanitarias	
	Instalaciones eléctricas	
Perdidas de productividad debidas a problemas de	Parada de operaciones adicionales por falta de calidad por falta de calidad de los materiales y servicios anteriores	3.5%
costos debido a atrasos	Pérdidas financieras por atrasos de las obras y costos adicionales de administración equipos y multas	1.5%
Costo en obras entregadas	Reparo de patologías ocurridas después de la entrega de obra	5.0%
TOTAL		30.0%

Figura 4: Clasificación de defectos, por Alarcón & Mardones, 1998

1.3 Formulación de Problema

Debido a la necesidad de acelerar los procesos de diseño, es necesario mitigar los errores en la construcción, evitando cruces entre especialidades del proyecto e inconsistencias que generan el proceso constructivo, por ello se plantea la siguiente interrogante: ¿Qué tipo de sistema se puede implementar para mejorar el proceso de planeamiento en los proyectos viales en el Perú?

1.4 Hipótesis

En respuesta a nuestra formulación de problema, el sistema BIM se presenta como una propuesta interesante en la planificación de diseño de carretera, a través de un modelo que va a constar de programas que ayuden a enlazar las diferentes especialidades involucradas

en el proyecto, con el fin de optimizar tiempo y dinero, reduciendo los retrabajos mediante la localización de las interferencias. Es decir, 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 (Kymmell, 2008).

1.5 Objetivo General

- Exponer la metodología de la Gestión BIM en la etapa de planeamiento para la optimización del proyecto mediante la identificación de interferencias e incompatibilidades en movimiento de tierras que puedan existir, para prevenir posibles retrabajos, generando resultados positivos a nivel económico, plazos de entrega y supervisión mejorada.

1.6 Objetivos Específicos

- Identificar las interferencias en el diseño de carreteras con la herramienta Autodesk Naviswork, mediante reportes organizados y clasificados.
- Formular soluciones de las interferencias encontradas con el Autodesk Naviswork, con la integración de todas las especialidades, en consecuencia, se logrará un producto de calidad.
- Definir las actividades y organizarlas para la elaboración del cronograma de obra

2 MARCO TEÓRICO

En la época de los 70 el estadounidense Phillip Bernstein da a conocer el primer concepto de BIM (Building Information Modeling) en maquetas virtuales para el modelado de información para edificaciones. En esta misma época se sintetiza el término de BIM a nivel de construcción por el profesor, Charles M. Eastman profesor de Georgia Tech Institute of Technology.

En la actualidad muchas empresas de software usan el concepto de BIM, pero no de manera correcta, ya que las herramientas que presenta este modelo deben ser usados de manera que permita el desarrollo de la ingeniería de manera consistente y coordinada.

Para el National Building Information Modelling, el BIM representa las características físicas y funcionales de una instalación, ya que 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,).

El modelo BIM se puede aplicar para soluciones de documentaciones en campos como: Ingeniería, Arquitectura u otros. En donde la idea sea comunicar la información de las propiedades geométricas espaciales, objeto o proceso, en donde se podrá apreciar los dibujos en modelo tridimensional con propiedades informativas y parametrizables, las cuales servirán para tener una mejor visión del dibujo, además de permitir la extracción de información tabulada de los parámetros como: Área, volumen, propiedades mecánicas, etc (CORREA, 2016).

2.1 Campos del BIM

Tecnología: Empresas que generan software, equipos y herramientas para el diseño de construcciones y diseño de instalaciones

Procesos: Involucra a un grupo de personas (propietarios, arquitectos, ingenieros, contratistas, etc.) que se encargan de la procura, diseño, construcción, manufactura, uso, gerenciamiento y mantenimiento de infraestructuras.

Políticas: Personas que cumplen roles contractuales, regulatorios y preparatorios en los procesos de diseño, construcción y operaciones.

Estos campos (Figura 5) interactúan mediante transferencia de información y relaciones contractuales; asimismo, se traslapan debido a que comparten involucrados y entregables.

Figura 5: Campos de BIM en fase de proyecto, por Acuña Correa, 2016.

2.2 Características del uso de BIM en la fase de proyectos viales

2.2.1 Reportes y documentaciones

- Mejora la comunicación
- Se debe homogenizar
- Contiene la información estructurada
- Permite la deslocalización de los equipos de trabajo
- Establece un entorno de colaboración

2.2.2 Modelos digitales

- Visualización
- Mejor comprensión y comunicación
- Integración
- Detección de colisiones, incongruencias
- Validación de soluciones

2.2.3 Ventajas y desventajas

Ventajas

- Uniformidad en la información
- Reducción de costos
- Mayor calidad de producto final
- Coherencia de información
- Versatilidad en la gestión
- Mayor comprensión

Desventajas

- Inversión inicial
- Curva de aprendizaje con una menor productividad inicial
- Necesidad de adaptación de procesos
- Inercia al cambio
- Falta de modelos estándares
- Software no suficientemente evolucionado

2.3 Herramientas del BIM

Las herramientas o utilitario BIM son programas o soluciones informáticas que mantienen durante sus flujos de trabajo la información y parámetros de los objetos modelados. Una herramienta BIM se complementa según su disciplina o campo de acción con otras aplicaciones que permitan al proyecto cumplir todas sus fases o etapas de tal manera que el contenido de información pueda ser aprovechado y así evitar los reprocesos o trabajos duplicados (CORREA, 2016).

Existen varias empresas fabricantes y desarrolladores de software BIM entre las cuales se destacan: Autodesk, Archibus, Bentley Systems, Data Design System, Tekla, VectorWorks, Nemetschek, GRAITEC entre otras empresas con desarrollo local sin fines comerciales.

2.3.1 Project Wise V8i

Integra personas, datos y procesos para mejorar el rendimiento de su proyecto. Posee versiones verticales para diferentes ramas de la geoingeniería, pero marca una mayor importancia en proyectos de ingeniería civil, Arquitectura y transporte. Bentley une tanto información e integración de equipos. Recientemente lanzo una extensión que sirve para el manejo histórico de las infraestructuras. Actualmente estas herramientas son pocos conocidos en el mercado latinoamericano. Pero en otros países como España ha sido usado desde varios años como una solución para la gestión de información en flujos de trabajos en ingeniería.

2.3.2 Aconex

Usado para facilitar distribución, revisión y comunicación de documentos, hace que no se pierda tiempo en información, ya que todo se almacena de forma segura y cuando se envía se puede descargar de manera rápida. Esta herramienta se usa de manera virtual y en línea, cuenta con cuatro paneles de controles importantes: tareas, correos, documentos y directorio que ayudan a gestionar de manera adecuada y ordena los proyectos. Con Aconex, todos los participantes usan el mismo sistema, y mantienen comunicaciones y procesos consistentes y conectados. Esto genera total visibilidad y control sobre pendientes y responsabilidades del equipo, con pistas de auditoría de cada acción y decisión (ACONEX WEB).

2.3.3 Oracle

Es una herramienta que se usa para la gestión de datos, este producto es vendido a nivel mundial, además el precio es muy elevado y por eso mayormente lo usan empresas multinacionales sus principales herramientas Access, MySQL, SQL Server, etc. Se basa en la tecnología servidor cliente, pues utiliza herramientas de servidor (Oracle 8i) que ataca la base de datos. Designer es una herramienta de Oracle que crea formularios en la base de datos de manera que se puede conectar con el mundo de manera virtual y eficaz además que no hay problema al momento de cambiar de versión y por las actualizaciones.

2.3.4 Autodesk

Compañía dedicada a la fabricación de software de diseño 2D Y 3D para múltiples industrias como construcción, carreteras, tránsitos, etc. Esta empresa fue creada en el año 1982 y hasta la actualidad está presente en casi todos los países latinos, estas

herramientas van evolucionan con el pasar del tiempo ya que se adecuan a las necesidades y a los cambios que se vienen dando de manera continua, por diversos factores ya sea climáticos o nuevas normas establecidas para cada país. Entre las principales herramientas que brinda este software están:

- Autodesk Revit
- Autodesk 3ds Max
- Autodesk Maya
- Autodesk Mudbox
- Autodesk Inventor
- Autodesk Alias
- Autodesk SketchBook
- AutoCAD Civil 3D, entre otros
- Naviswork
- Infraworks

Autodesk está centrada categoría de acuerdo con cada industria. Las más importantes son las soluciones en la parte de manufactura, arquitectura ingeniería y construcción civil, plataformas e incluso en las soluciones geoespaciales y servicios de basados en la localización.

Autodesk esta comprometida con temas académicos y de investigación, facilitando licencias por un tiempo bastante prudente, que ayuda al desarrollo de los proyectos. Entre las diversas herramientas de Autodesk, las siguientes sirven para el desarrollo de un proyecto vial.

- InfraWorks

Brinda un pre-diseño para los proyectos mediante un modelo 3D, además de permite unir información y archivos para tener un mejor análisis y resultados respecto a la visualización del proyecto y así lograr la mejora en la toma de decisiones (AUTODESK, 2017).

Funciones:

- Modelo: usa datos para generar un modelo existente del proyecto

- Diseño: su uso se da mayormente en puentes, drenajes, carreteras, etc.
- Analizar: Mejora la toma de decisiones al momento de visualizar la simulación las distancias y el análisis de datos.
- Colaborar: comparte información y archivos que se encuentran en la nube

▪ AutoCAD Civil 3D

Herramienta de Autodesk que se ayuda al diseño y construcción. Con lo cual se logra mejorar la documentación en la construcción de obras. Admite un sistema de modelación para distintas opciones de trabajos (AUTODESK, 2017)

Características:

- Para el diseño civil mejora las interacciones y a su vez las ejecuta de manera más rápida ya que simplifica tareas que se realizan en mayor tiempo
- Genera un vínculo entre el diseño y la documentación, con lo cual se logra aumentar la productividad y mejorar la calidad del proyecto.
- Utiliza herramientas de visualización, simulación integrando el agua como un proceso de diseño con lo que se mejora la entrega del proyecto.
- Supera y colabora a mejorar el flujo de trabajo dentro de los trabajos de infraestructura civil.

▪ Navisworks

Las herramientas Navisworks permiten una mayor coordinación, simulación de construcción y análisis de todo el proyecto para la revisión integrada del proyecto.

En definitiva, Navisworks representa una de las mejores herramientas del nuevo grupo de visualización en 3D. Puede abrir todos los formatos de archivo de diseño 3D más populares e incluye capacidades para la navegación interactiva, la generación de animaciones, representaciones fotorrealistas, la publicación de los archivos comprimidos, simulación de construcción 4D, vinculación de campos de información, etc. (AUTODESK, 2017).

Funciones:

- Detectar conflictos y comprobar la interferencia
- Archivo de modelos de integración de datos
- Animar e interactuar con objetos para una mejor simulación de modelos.

2.4 Requisitos para el uso de la metodología BIM en proyectos

Para realizar este método se tiene que tomar en cuenta el éxito de un proyecto sustentado en metodología BIM dependiendo de la información que se tenga y además de cumplir con los siguientes requisitos.

2.4.1 Definición del alcance del proyecto

Se debe determinar las actividades o trabajos que serán necesarios para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos que serán medidos y cuantificados. El alcance de cada proyecto se medirá a partir de la necesidad de cada proyecto contratado en la cual especifique los productos a entregarse dentro del trabajo, analizando sus riesgos, eventos y restricciones que involucren el incumplimiento del contrato. (CORREA, 2016).

Se debe considerar las restricciones y limitantes de proyecto, de acuerdo con las particularidades del proyecto, sin embargo, para proyectos de ingeniería vial los mayores elementos restrictivos son los costos y el tiempo que pueden comprometer el éxito del proyecto. (CORREA, 2016)

2.4.2 Programación de fases de proyecto

El método BIM está regido por etapas (Figura 6) que no estrictamente están reglamentadas para proyectos de ingeniería, sin embargo y de acuerdo con la particularidad de cada proyecto se puede aplicar las etapas sugeridas por los fabricantes de las herramientas BIM o implementar parcialmente varias de ellas, dependiendo también del alcance propuesto.

En la siguiente ilustración se encuentran las distintas etapas de un flujo de trabajo BIM. Para determinar el alcance de las distintas fases o etapas en las que se llevó a cabo el proyecto se deberán cumplirse cada una de estas. (CORREA, 2016)

Figura 6: Programación de fase de Proyecto, por Acuña Correa, 2016

2.4.3 Equipo de trabajo

En la metodología BIM se debe definir los roles de los profesionales participantes (personal calificado en la disciplina del proyecto, ingeniería civil – diseño vial y disciplinas involucradas) estos deben comprender la metodología BIM para un proyecto, además deben tener una jerarquía y responsabilidades, para que la distribución de trabajo sea de acuerdo con la especialidad y su función a desempeñar dentro de la gestión del proyecto tenga consecuencias lógicas. En la Figura 7, se describe la estructura básica para un proyecto donde se aplique BIM (CORREA, 2016).

Figura 7: Estructura jerárquica BIM en fase de Proyecto, por Acuña Correa, 2016.

2.4.4 Escala de tiempos para la ejecución

El tiempo o plazo mediante la aplicación de metodóloga BIM es considerado como el factor que más se beneficia de esta práctica. La mayor ventaja de la aplicación de BIM a la ingeniería es la optimización de ajustes y eliminar el trabajo redundante que pueda existir mediante el cambio de parámetros, es decir que los posibles ajustes a un diseño podrían significar solamente la actualización de uno de los parámetros del modelo y mediante su cómputo dinámico se pueda obtener resultados actuales en tan solo segundos. A comparación de la metodología tradicional que un ajuste de diseño puede significar retrabajos (CORREA, 2016).

2.5 BIM en el diseño vial de un proyecto

La metodología BIM concentra en el diseño de detalle el punto más importante dentro de todo su ciclo, tomando en cuenta la metodología de todas sus etapas. El diseño de detalle es el punto del proyecto donde se definen los parámetros técnicos

propios de la viabilidad producto del análisis del diseño conceptual, y a partir de este se replantean las demás etapas del proyecto (CORREA, 2016). En la aplicación de AutoCAD Civil 3D en la etapa de diseño de detalle intervienen los diferentes factores como se puede apreciar en la Figura 8.

Figura 8: Flujo de trabajo para el diseño conceptual aplicando metodología BIM, por Acuña Xavier, 2016.

2.5.1 Inicio del Proyecto Vial

Para cualquier proyecto de ingeniería se tiene un punto de partida basado en la ubicación del proyecto y las características geométricas del espacio del lugar. La topografía, en proyectos de infraestructura vial es el punto de partida para entender los puntos o lugares a conectar con el proyecto vial y es el análisis de esta

información la que permite determinar de manera detallada el diseño propuesto que en términos técnicos y económicos represente un mayor beneficio (CORREA, 2016).

2.5.2 Conformación de superficie

Es una red irregular de triángulos conformados por aristas que representan la distancia más corta entre puntos. TIN es usada para representar superficies de manera precisa y se caracteriza por ser producto de una interpolación polinómica de la coordenada Z de los puntos que la definen. Además, los elementos modelados en base a una TIN son sujeto a análisis de elevación, pendiente, cálculos volumétricos y obtención de perfiles transversales (CORREA, 2016).

2.5.3 Diseño vial – Planimetría y Rasante

La ingeniería de diseño consiste en la aplicación de criterios técnicos basados en parámetros de seguridad y funcionalidad con el fin de establecer la geometría de la vialidad que cumpla con el objetivo para el cual ha sido proyectada. El diseño geométrico está restringido por factores orográficos, sociales y económicos. La metodología BIM permite a los profesionales obtener información clara de manera inmediata y confiable que permita ajustar la geometría para obtener el diseño que represente de mayor beneficio para usuarios, constructores, operadores, etc. (CORREA, 2016).

2.5.4 Identificación de Interferencia y Planificación de actividades.

La complejidad de los proyectos genera diferentes interferencias inconvenientes en el proyecto, entre estos las incompatibilidades entre especialidades que pueden ocurrir. Esta etapa del proyecto esta especificada para encontrar dichas incompatibilidades, analizarlas y otorgar soluciones para la realización óptima del proyecto, que en la etapa de ejecución no debe de tener un porcentaje alto de modificaciones, pues de acuerdo con las soluciones planteadas por el staff de profesionales BIM se realiza un plan de gestión eficiente, con un cronograma de actividades optimizado y adecuado para cada proyecto vial.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Planeamiento del alcance

En el estudio del proyecto de “Rehabilitación y Mejoramiento”, de la carretera PUENTE TECHIN – CRUCE CHIRIMOYO se ha tomado en cuenta los alcances del estudio de topografía, el trazo de la carretera y el diseño de la vía, de acuerdo con el “Manual de Diseño Geométrico de Carreteras “DG 2014.

3.1.1 Características Técnicas y Requisitos

El presente estudio está definido en el trazo del Camino Vecinal Puente Techin-Chirimoyo empalma con la carretera que une Cutervo con el Distrito Querocotillo. Permite conectar con la carretera de Querocoto y el Centro Minero La Granja, así como con el distrito de Huambos, y Cochabamba pertenecientes a Chota

Este tramo comprende dos provincias, en el siguiente Tabla 4 se detalla con más precisión.

Tabla 4: Ubicación del trazo según departamento, provincia y distrito. (MEJORAMIENTO CAMINO VECINAL PUENTE TECHIN – CRUCE CHIRIMOYO, DISTRITO DE QUEROCOTILLO- PROVINCIA CUTERVO-CAJAMARCA)

UBICACIÓN DEL PROYECTO				
DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	DESCRIPCIÓN	PROGRESIVA
CAJAMARCA	CUTERVO	QUEROCOTILLO	Puente Techin –Huancas	Km 0+000 – Km 4+500
			Huancas-Moshoqueque	(Km 4+500 – Km 8+000)
			Moshoqueque- Molino	(Km 8+000 – Km 13+7850)
			Molino-El Tomate	(Km 13+708.50 – Km 20+200)
			Tomate-El Limon	(Km 20+200 – Km 25+000)
			El Limon –Sillangate	(Km 25+000 – Km 38+200)
			Sillangate –Succha	(km 38+200-km 45+170)
			Succha –Cruce Chirmimoyo	(km 45+170 –km 57+955.33)

El inicio del proyecto, esto es el km 0+ 000 se ubica en el caserío Puente Techin, sus coordenadas son NORTE 9330165.57 ESTE 715274.66 y en la zona donde concluye el proyecto en el sector Chirimoyo se tiene como coordenadas NORTE 931721.485 ESTE 736079.833

Tabla 5: Coordenadas Geográficas de Punto Inicial y Final (Estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera MEJORAMIENTO CAMINO VECINAL PUENTE TECHIN – CRUCE CHIRIMOYO, DISTRITO DE QUEROCOTILLO-PROVINCIA CUTERVO-CAJAMARCA)

PUNTOS	COORDENADAS UTM		
	COTA m.s.n.m.	NORTE	ESTE
Inicio	848.7	9 330165.57	715274.66
Final	1614.8	9 31721.485	736079.833

Figura 9: Esquema de Ubicación del Proyecto, Tramo I, Expediente técnico PUENTE TECHIN – CRUCE CHIRIMOYO, 2011

3.1.2 Recopilación de datos

Para el diseño de la vía es esencial la demanda de los distintos vehículos que transitan y transitarán en este tramo.

De acuerdo con los análisis de la información existente proporcionados por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones a través de la unidad Gerencial de Estudios de Provias

Nacional, se pudo apreciar en la tabla 6 el resumen de las características específicas del tramo a realizarse.

Tabla 6: Parámetro de Diseño (Estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera PUENTE TECHIN – CRUCE CHIRIMOYO)

FICHA TÉCNICA RESUMEN	
Inicio del Tramo	Caserío Puente Techin KM 0+000
Fin del Tramo	Chirimoyo
Longitud	Km 57+955.33
Clasificación	Trocha Carrozable
Número de vías	01
Velocidad Directriz	30-30 Km./h
Radio Mínimo	10.00 m
Pendiente Máxima	12%
Pendiente Mínima	0.50 %
Superficie de Rodadura	4.50 m
Bombeo	2%
Plazoleta de cruce	Minimo 15x 30 a 30x3 m
Peralte	6% máximo
Sobre ancho	De acuerdo a normas
Talud de corte	Según tipo de terreno
Material Suelto	1 : 1
Roca Fija	10 : 1
Roca Suelta	4 : 1
Talud de relleno	Según tipo de terreno
Suelo diversos compactados	1 : 1.5
Cunetas	0.75 x 0.30 m

3.2 Análisis geográfico y Trazado de rutas

El proyecto cuenta con un trazo ya establecido con el que la vía se desarrolló de acuerdo con este trazo.

3.2.1 Diseño Conceptual de Autodesk Infracore 360

Es un programa 3D que se caracteriza de realizar una visualización preliminar o final, pero sin mayores detalles.

Este programa permite anticiparse a posibles colisiones, incompatibilidades, problemas logísticos, problemas ambientales, etc. Por lo cual otorga una decisión más certera al escoger el trazo y ruta de la vía.

3.2.2 Introducción en Autodesk Infraworks 360

El Autodesk Infraworks 360 es una herramienta que permite colocar información y formatos de distintas fuentes para tener un múltiple escenario de para la elaboración de un proyecto posterior. Esta herramienta ha ido evolucionando continuamente debido a que su interacción con el servidor GIS (Geographic information Systems) para el uso de información cartográfica disponible, además de navegar en 3D los proyectos de infraestructura vial. Es por esto que tiene una serie de procesos para la integración de una herramienta BIM (CORREA, APLICACIÓN DE MODELO BIM PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL, 2016):

- Crear un escenario base

Colocación de datos que permitan conocer la parte inicial del proyecto. Este escenario también es llamado Master, ya que la información que se obtiene es para la creación de nuevos escenario o alternativas. Para esto se debe tener fuentes confiables y reales del proyecto.

Configuración del área de trabajo (colocar la información disponible) en donde se debe colocar los parámetros técnicos para importar y tener una mejor consistencia y compatibilidad.

- Creación de escenarios o alternativas

Luego de crear las condiciones bases se procede a crear condiciones alternativas, que permita modificar el diseño conceptual sin alterar las condiciones iniciales.

- Creación de geometría para la propuesta

Los diseños de las herramientas BIM permiten al profesional diseñar geometrías de manera libre en cualquier rama de ingeniería, esto es limitado en algunos casos ya que por lo general cada rama tiene sus normativas que limitan los componentes que se desea modelar, lo que lleva a ajustar el proyecto de acuerdo a las normas que regulan el diseño. El Infraworks 360 permite hacer un bosquejo de trayectorias horizontales como verticales de manera paramétrica y con visualización a tiempo real

- BIM ya tiene un modelo de sistemas de referencias para las unidades

Para proyectos viales se tiene que tener georreferencia y escala del prototipo en relación 1:1 (las dimensiones del modelo virtual son las mismas a las reales planteadas).

Una vez configurado toda la información de la georreferencia se procede a importar fuentes de información compatible. Para la integración de este espacio de trabajo se tiene que tomar en cuenta los siguientes conceptos (CORREA, APLICACIÓN DE MODELO BIM PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL, 2016).

- Terrenos o superficies digitales
- Imágenes satelitales
- Geometría CAD 3D (Edificaciones, mobiliario urbano, etc.)
- Geometría GIS (cartografía digital)
- Nubes de puntos
- Conexión con base de datos GIS

3.2.3 Integración de información en Autodesk Infraworks 360

De acuerdo a los pasos del Ítem anterior, el primer paso es el trazado de las posibles rutas, pero en el proyecto se trata de una rehabilitación de carreteras, por ende, este trazo ya está definido.

Entonces, en principio se debe importar los datos topográficos y geográficos de la zona a trabajar. Esta zona será ubicada de acuerdo con las coordenadas (figura 4) proporcionadas por el expediente técnico de la ruta PUENTE TECHIN – CRUCE CHIRIMOYO del MTC.

Sera necesario filtrar datos de zonificación mediante un software SIG en este caso se usó herramienta de Google Earth, que se ubica la zona y delimita, como se observa en la Figura 10, para luego importar la superficie al Infraworks.

Figura 10: Coordenadas geográficas en el Google Eart

En el desarrollo del programa se puede configurar preliminarmente el perfil longitudinal de la carretera mediante el cuadro de pendiente que se encuentran en el **Anexo 1**. En la Figura 11 se puede apreciar en su parte inferior el detalle del perfil con sus respectivos valores de pendientes por tramos, de acuerdo a un intervalo de progresivas, la cual este se puede editar de acuerdo a los valores del cuadro de pendientes.

Figura 11: Configuración de Perfil Longitudinal, por AUTODESK, 2017.

Como lo menciona Autodesk:

“Los usuarios de Autodesk AutoCAD Civil 3D que tienen una instalación local de Infraworks también pueden abrir un modelo de Infraworks directamente en Civil 3D. Un usuario de AutoCAD Civil 3D también puede incorporar datos del modelo de Infraworks Civil 3D haciendo referencia a un archivo IMX que se haya exportado del modelo de Infraworks. Después”.

En este caso se procederá a realizar dicha actividad para facilitar y agilizar el diseño geométrico de la ruta. En este proceso el AutoCAD civil 3D efectuara conversiones de las propiedades de Infraworks. En la Figura 12 se detalla que factores entrada y salida este proceso de conversión.

Objeto del modelo de InfraWorks	se convierte en... Objeto de dibujo de AutoCAD Civil 3D
Terreno	Superficies TIN
Utilidades de planificación	Redes de tuberías (sin definir)
Carreteras de planificación	Alineaciones
Carreteras de diseño o carreteras compuestas	Alineaciones, perfiles del terreno
Intersecciones	Intersecciones con alineaciones de empalme de intersección
Glorietas	Glorietas con alineaciones y perfiles de terreno. Consulte Para incorporar glorietas de InfraWorks en AutoCAD Civil 3D para obtener más información.
Puentes	Sólidos 3D (los componentes individuales de los puentes son elementos independientes)
Redes de drenaje	Redes de tuberías (desagüe)
Áreas de cobertura	Polilíneas 3D
Zonas húmedas	Polilíneas 3D

Figura 12: Intercambio de datos de AutoCAD Civil 3D y Autodesk Infracore , por AUTODESK, 2017.

3.3 Diseño Geométrico Vial

Esta etapa es la más importante del proyecto, porque se diseñará el modelo de la vía a detalle. El diseño geométrico se trabajará mediante la herramienta Autodesk Civil 3D, pues pertenece a la metodología BIM de la cual ya se conoce sus ventajas, además de tener una peculiaridad de acelerar el proceso de diseño. Los parámetros con los que se trabajará serán de acuerdo al Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG -2014. Al finalizar este proceso se obtendrá planos de las diferentes especialidades que comprende esta carretera.

3.3.1 Diseño Conceptual e Integración de Autodesk Civil 3D

Este proceso consta de 7 temas de acuerdo con el manual AutoCAD CIVIL 3D – 2016 (Alcántara Portal, 2016) en la etapa de diseño conceptual. Se optó por adicionar 2 temas en la etapa de integración de esta herramienta con el proyecto.

Tema 01

Entorno, Configuración y Objetivos de AutoCAD Civil 3D

La configuración de la herramienta comienza con la creación de las curvas de niveles del entorno mediante la Plantilla Civil 3D en formato Drawing Template (*.dwt). La configuración de esta de acuerdo a la zona que se trabajara, Categorías UTM, WGS84 Datum y en Available coordinate systems UTM-WGS 1984 datum, Zone 18 South, Meter; Cent. Meridian 75d W. Seguidamente se configura las unidades que se usaron en el proyecto, las cuales serán tendrán unidades de escala en metros. La Figura 13 muestra la tabla de configuración de la zona del trazo.

Figura 13: Cuadro de Configuración de la zona del trazo, por Alcántara Portal, 2016

Tema 02

Gestión de puntos

En este caso la generación de puntos y el trazado de la ruta será mediante la importación de datos desde la herramienta de software Autodesk Infraworks. Como se pudo observar en la Figura 10, la conversión otorga superficie TIN, alineamientos, polilíneas en 3D,

intersecciones y perfiles de terrenos. La siguiente Figura 16 muestra la importación del trazo de Infracworks y Civil 3D.

Figura 14: Importación de trazo de Autodesk Infracworks al Civil 3D (AUTODESK, 2017)

Tema 03

Gestión y manejo de superficies

La edición y estilos de superficies será de tipo Superficie TIN (Triangular Irregular Network), las cuales son por medio de una malla de triangulación Irregular (Alcántara Portal, 2016), la creación de esta superficie será a partir de las curvas de niveles previamente importadas de Infracworks.

La etiqueta de datos será para las curvas de niveles y superficie que facilitaran la altitud de todo el trazo. La siguiente Figura 15 muestra la creación de superficie para el proyecto.

Figura 15: Creación de la superficie, por Alcántara Portal, 2016

Tema 04

Alineamientos Horizontales

La configuración de la carretera estará de acuerdo al uso de norma en este caso el Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG -2014.

El trazo ya estará definido por la importación de Infraworks, el alineamiento importado con sus respectivas singularidades. En el civil se realizará configuraciones más a detalle ayudado de parámetro de la norma. En este proceso se comprobará factores de diseño como el radio mínimo de giro, la velocidad de diseño, entre otros, para poder obtener un alineamiento como se muestra en la Figura 16.

Figura 16: Lineamiento Horizontal, por Alcántara Portal, 2016.

Tema 05

Perfil Longitudinal

La configuración del perfil longitudinal también estará basada según el Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG-2014.

La creación de perfil longitudinal será a partir de la superficie creada, en las que se muestra el perfil del trazo según las progresivas y elevaciones correspondientes. El trazo de la subrasante, ayudara a obtener el terreno de fundación, los volúmenes de corte y sus costos. Para la realización será necesario las variables de topografía, distancias de visibilidad, entre otros factores. La Figura 17 muestra el alineamiento longitudinal del proyecto.

Figura 17: Alineamiento Longitudinal, por, Alcántara Portal, 2016

Tema 06

Obras Lineales

La configuración de obras lineales también estará basada según el Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG-2014.

Estas obras son modelos tridimensionales que se crean a partir de los alineamientos anteriormente vistos (horizontales y verticales). Para este caso los requisitos previos será el ancho de calzada, bombeo y peraltes de las carreteras. Estos arrojarán reportes y resultados que serán exportados al programa Microsoft Excel. La Figura 18 muestra todos los sobre anchos y límites de la carretera.

Figura 18: Sobre Anchos y Limites de la carretera., por Alcántara Portal, 2016

Tema 07

Secciones Transversales y Cálculos de Volúmenes.

Este punto del proceso es necesario para saber el metrado y detalles de todo el trazado mediante el uso de secciones transversales.

Las secciones transversales se detalla el cálculo de áreas y volúmenes de corte y relleno, para la realización de una logística óptima de acarreo y eliminación de materiales. La Figura 19 muestra los cortes transversales.

Figura 19: Cortes Transversales. Por Alcántara Portal, 2016.

Tema 08

Composición del Modelo Tridimensional.

Este aspecto resume todos los temas anteriores, pues es la integración de todo el diseño. El modelado el 3D debe de estar en formato MDT, la cual ayuda a comprobar posibles fallas o variabilidades del trazo, la integración óptima de todas especialidades.

En resumen, este proceso se puede sintetizar en la Figura 20.

Figura 20: Flujo de trabajo para composición tridimensional de obra vial, por Acuña Correa, 2016

También, existe la posibilidad de exportar el modelado a Infraworks para poder observar de mejor manera en tiempo real, pues esta herramienta tiene una mejor calidad de imagen y video.

El diseño de la carpeta asfáltica será de acuerdo a la norma AASHTO, este dependerá de factores como ensayos de CBR para determinar el espesor de la carpeta. Este proceso se puede realizar en AutoCAD Civil 3D o en Infraworks. Estas dos herramientas cuentan con catalogo que son parametrizables para poder adaptarlo a la superficie en el cual se está preparando. En la Figura 21 se puede apreciar el producto final de en 3D que del modelado.

Figura 21: Ensamble compuesto por carriles, cunetas, y condiciones de corte y relleno, por
Acuña Correa, 2016

Tema 09

Extracción de Datos y Generación de Reportes.

En la etapa de ejecución del proyecto la documentación es importante para el control y seguimiento al detalle de cada progresiva con todos sus detalles. Según (CORREA, 2016) la documentación más relevante son las siguientes:

- Planos de trazado en planta y perfil.
- Secciones transversales a lo largo de la vialidad.
- Secciones transversales a lo largo de la vialidad.
- Reportes o cuadro de elementos geométricos viales.
- Reportes o cuadros de movimientos de terreno.
- Reporte para replanteo de geometría horizontal.
- Reporte o cuadro de materiales de estructura asfáltica.
- Diagrama de masas.
- Visualización en tres dimensiones y recorrido de trayectoria.
- El proceso de extracción de datos está dado según lo explica la Figura 22.

Figura 22: Flujo de trabajo para extracción de información del modelo BIM, por Acuña Correa, 2016

La generación de reportes (tablas y cuadros) son el resumen de varias características como las de geometría, calculo o la información de la normativa expresados de manera gráfica. (CORREA, 2016).

En un modelamiento BIM cuando existen modificaciones en la geometría horizontal o vertical, las tablas y cuadros se actualizarán de acuerdo a las modificaciones, la cual no generará reprocesos, no habrá pérdida económica y gastos de tiempo.

Entre los reportes más relevantes según (CORREA, 2016) esta:

- Construcción geométrica horizontal.
- Construcción geométrica vertical.
- Volúmenes y cantidades de obra.

El resultado de estas cuadros y tablas sirven para el análisis y debate sobre los materiales a usarse, procesos a realizar y establecer las dependencias de las actividades para el proyecto, en general realizar un plan de gestión para todo el proceso de la construcción de la carretera. Como ejemplo la Tabla 7 muestra un resumen de volúmenes de carpeta asfáltica.

Tabla 7: Volúmenes de carpeta asfáltica en progresiva. (Acuña Correa, 2016)

CANTIDADES CARPETA ASFALTICA			
Abscisa	Area	Volumen	Volumen Acumulado
0+000.00	0.16	0.00	0.00
0+020.00	0.16	3.20	3.20
0+040.00	0.16	3.20	6.40
0+060.00	0.16	3.20	9.60
0+080.00	0.16	3.20	12.80
0+100.00	0.16	3.20	16.00
0+120.00	0.16	3.20	19.20
0+140.00	0.16	3.20	22.40
0+160.00	0.16	3.20	25.60
0+180.00	0.16	3.20	28.80
0+200.00	0.16	3.20	32.00
0+220.00	0.16	3.20	35.20
0+240.00	0.16	3.20	38.40
0+260.00	0.16	3.20	41.60
0+280.00	0.16	3.20	44.80
0+300.00	0.16	3.20	48.00
0+320.00	0.16	3.20	51.20
0+340.00	0.16	3.20	54.40
0+360.00	0.16	3.20	57.60
0+380.00	0.16	3.20	60.80

Por último, la generación de planos es la etapa final del modelamiento geométrico, este permitirá control óptimo por parte de los profesionales de todas las especialidades involucradas y la comprobación de la integración de estas mismas para el buen desarrollo de la obra. Para obtención de estos planos Ingeniero Francisco Acuña Correa (2016) recomienda el siguiente flujo de trabajo como se puede apreciar en la Figura 23:

Figura 23: Flujo de trabajo para creación de planos de AutoCAD Civil 3D., por Acuña Correa, 2016

[illegible]

38

3.4 Gestión del proyecto

Las herramientas BIM pueden ser usados para las diferentes etapas de un proyecto de ingeniería, en muchos casos los proyectos no buscan un desarrollo integral de la infraestructura de toda la obra, por eso son separadas de la aplicación de las herramientas BIM.

Para para la etapa posterío al diseño geométrico de la vía, en donde se requiere un análisis para cuantificar los tiempos y recursos por medio de la planificación y de la gestión. Las herramientas BIM permiten integrar los modelos con las diferentes actividades que sean compatibles con la gestión de proyecto.

3.4.1 Diseño Conceptual de Autodesk Navisworks

3.4.1.1 Autodesk Navisworks

Navisworks es una herramienta que permite gestionar y reducir los problemas e interferencias que se puedan realizar en la etapa de construcción, lo cual genera una reducción en los costos y la relaboración del trabajo. Además, permite tener un amplio repertorio de herramientas de navegación y revisión del rendimiento en grandes proyectos, tiene la capacidad de combinar múltiples modelos en un solo archivo para tener una mejor simulación de modelos y una buena salida de calidad fotográfica.

El modelo a escala se podrá apreciar en la Figura 25

Figura 25: Presentación de modelo a escala de Autodesk Navisworks (AUTODESK, 2017)

3.4.1.2 Integración de Autodesk Navisworks al proyecto

Para la gestión y planificación del proyecto se usó la herramienta BIM Navisworks de Autodesk que permite integrar de manera simultánea y de acuerdo con el cronograma las diferentes actividades y partidas planificadas y llevadas a cabo en el Civil 3D. Estas herramientas permiten integrar la parte geométrica con la planificación de obra, para esto los elementos que fueron modelados en la geometría del proyecto con el Civil 3D, serán vinculados de acuerdo a sus dimensiones de tiempo y costo.

El Modelo Autodesk Navisworks para la planificación y control de proyectos se podrá apreciar en la Figura 26.

Figura 26: Modelo Autodesk Navisworks para la planificación y control de proyectos, por Acuña Correa, 2016

Cuando las actividades ya fueron vinculadas para cada elemento del proyecto se puede realizar un diseño de simulación de avance de obra, en la que se puede apreciar la parte constructiva de la planificación de la obra. En la Figura 27 se aprecia la simulación cronológica de ejecución de estructura en proyecto vial

Figura 27: Simulación cronológica de ejecución de estructuras en proyecto vial, por Acuña Correa, 2016

Este modelo permite conocer todas las características mecánicas, geométricas e información del proyecto a lo largo de todo el ciclo de diseño, lo cual permite que se puedan realizar modificaciones continuas en las cantidades de rendimientos y en los tiempos en las diferentes actividades del proyecto. Lo cual llevara a detectar las secuencias posibles para la optimización de recursos en la parte constructivas del avance de obra.

3.4.2 Integración de Autodesk Navisworks y Microsoft Project

En todas las obras existen diferentes tipos de variabilidades, que generan riesgos en la obra que pueden afectar directamente la ejecución y al presupuesto de la obra. Es por esto que para este proyecto se llevara a cabo una comparación entre las herramientas de BIM y el Microsoft Project, para dar a conocer el presupuesto programado y las variaciones de los precios entre un modelo BIM y uno convencional. Se analizará el presupuesto real de la obra con el presupuesto generado por las herramientas del modelo, para conocer las variabilidades y soluciones que se puedan dar en el transcurso de la obra.

Figura 28

Figura 28: Planificación del proyecto en Navisworks

Comparación
continua de la

Figura 29

Figura 29: Planificación del proyecto en Microsoft Project

4 RESULTADOS: DISEÑO DE DETALLE BIM EN EL PROYECTO VIAL “LIMA – PUENTE TECHIN – CRUCE CHIRIMOYO KM 0+000 -15+000”

En este capítulo se diseña el modelo de la carretera con el uso de las herramientas del sistema BIM. Las herramientas a usar serán los softwares Autodesk Infracore 360, Autodesk Civil 3D, Autodesk Navisworks. La novedad en este proyecto vial tiene como objetivo presentar reportes técnicos en imágenes 3D al detalle y comprobar el mejoramiento de la planificación en este tipo de proyectos con este sistema. También, se detalla el proceso para el modelamiento del trazo escogido, PUENTE TECHIN – CRUCE CHIRIMOYO, la progresiva que fue escogida para este texto académico consta de 15 KM, siendo su punto de inicio la progresiva KM 0+000 hasta el KM 15+000 como punto final. Este tramo fue escogido porque consta de curvas complejas y además de diversas dificultades de compatibilidades como son las obras de arte (puentes, canaletas, gaviones, etc.) y los conflictos en zonas urbanas.

4.1 Inserción y Procesamiento de Topografía

En todo proyecto se debe comenzar con la ubicación del proyecto para conocer todas sus características técnicas como es el caso de la topografía. El conocimiento topográfico es fundamental para realizar el trazado de la ruta.

Uno de los condicionantes más importantes en la construcción de una carretera es el tema del costo, convirtiéndose el relieve en un punto importante en que se debe enfocar todo el proyecto, tratando siempre que los volúmenes de sus movimientos de tierras sean lo más prudentes posibles.

En este presente estudio se explicará la conformación de puntos topográficos y el proceso del levantamiento topográfico, así como las herramientas utilizar en este proceso.

4.1.1 Características generales de Levantamiento Topográfico.

En el proyecto vial es importante conocer las características físicas, geográficas y geológicas. El levantamiento topográfico permite conocer estos factores para prever distintas dificultades a la hora de realizar el trazo definitivo de la ruta.

La característica del terreno se clasifica de acuerdo a la inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía. Estos se pueden clasificar en Topografía Plana o Llana (inclinación menor a 10%), Topografía Ondulada (inclinación entre 10% y 50%), Topografía Accidentada o Montañosa (inclinación entre 50% y 100 %) y Topografía Muy Accidentada (inclinación mayor al 100 %).

En este estudio las características principales antes de realizar el levantamiento, según los datos recogidos del estudio realizado por el ministerio de transportes y comunicaciones, en el tramo KM +0.00 hasta el KM +15.00 es un terreno predominantemente de tipo accidentada a muy accidentada. En la siguiente Tabla 8 se observa el cuadro resumen del tipo de carretera ofrecido por el MTC.

Tabla 8: Cuadro Resumen de la Topografía de Área de Estudio. MTC

DESCRIPCIÓN	PROGRESIVA
Puente Techin –Huancas	Km 0+000 – Km 4+500
Huancas-Moshoqueque	(Km 4+500 – Km 8+000)
Moshoqueque- Molino	(Km 8+000 – Km 13+7850)
Molino-El Tomate	(Km 13+708.50 – Km 20+200)
Tomate-El Limon	(Km 20+200 – Km 25+000)
El Limon –Sillangate	(Km 25+000 – Km 38+200)
Sillangate –Succha	(km 38+200-km 45+170)
Succha –Cruce Chirmimoyo	(km 45+170 –km 57+955.33)

4.1.2 Importación y procesamientos de datos topográficos

El proceso topográfico se realiza de acuerdo con una georreferenciación de una poligonal básica que se ha documentado con 26 puntos geodésicos (puntos de control) medidos

mediante el instrumento del GPS referenciados a lo largo del tramo, aproximadamente 2 puntos cada 5 km. Las coordenadas utilizadas fueron las de UTM (Universal Transverse mercador) que serán obtenida por la conversión de coordenadas geográficas al Sistema de Coordenadas WGS84.

La metodología fue estática que consiste en la utilización de un receptor base “Máster” sobre un punto con coordenadas conocidas de la Red Geodesica Nacional, y otro receptor llamado “Rover”, estando estos dos en posición estática.

El método del uso de geodesia es la manera más precisa de obtener coordenadas por GPS ESTATICO, este depende del tiempo de medición y sobre todo del tipo de receptor empleado, el tiempo mínimo empleado en campo es de tres horas por receptor. En la figura 30 se puede apreciar la colocación del primer punto geodésico del proyecto.

Figura 30: Colocación de puntos geodésicos

El proceso empezó con la obtención de datos en el campo, en el punto geodésico programado como fue BASE – SMP, punto integrante de la Red Geodésica Nacional, establecida por el Instituto Geográfico Nacional – IGN. Las coordenadas del punto base está dada en la Tabla 9, proporcionado por IGN.

Tabla 9: Coordenadas Geográficas proporcionadas por IGN

ID	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Ubicación en el proyecto	Factor de escala de proyección	Factor de escala de altura	Factor de escala combinada
AM03	773482.6994	9376172.204	437.03	Bagua	1.000525874	0.999929426	1.000455263
PG01	715144.5894	9330455.671	844.3315	Km 0+020 - MD	1.00017295	0.99986508	1.000038006
PG02	715093.7621	9330249.124	852.0217	Km 0+140 - MI	1.000172679	0.999863875	1.00003653
PG03	712194.9648	9327651.649	863.7355	Km 4+640 - MI	1.000157345	0.999862026	1.000019349
PG04	712093.0807	9327334.349	870.4231	Km 4+980 - MI	1.00015681	0.999860977	1.000017765
PG05	712705.3977	9323366.477	932.7271	Km 9+920 - MI	1.000160029	0.999851202	1.000011207
PG06	713019.1061	9323382.857	949.899	Km 10+260 - MI	1.000161682	0.999848513	1.00001017
PG07	716057.7076	9322170.582	1081.9535	Km 15+120 - MI	1.000177822	0.999827822	1.000005613
PG08	716617.7044	9322089.692	1065.4392	Km 15+700 - MI	1.000180822	0.999830411	1.000011202
07/02/2019 13:19:01 m.		E:\14. PUNTOS GEODESICOS TECHIN \PUNTOS TECHIN DIA 01-02-18.vce			Trimble Business Center		

El equipo utilizado para la medición geodésica se realizó receptores Trimble NET R8 cuyas especificaciones se indican en la Tabla 10

Tabla 10: Especificaciones Técnicas de GPS y Topcon Hiper.

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
CENTRO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO

5. INFORMACIÓN SOBRE EL EQUIPO GNSS

5.1. RECEPTOR

Tipo	Trimble NET R8
N° de serie	4906834443
Versión del firmware	2.41
Fecha de instalación	Octubre de 2015

5.2. ANTENA

Tipo	Asenna Zephyr Geodetic 2
N° de serie	1440016007
Cubierta protectora	Con disco (1200)
Altura (m)	0.0750
Medición de la antena	Base de soporte de la antena (Punto de referencia de la estación - AEP)
Fecha de instalación	Octubre de 2015

ESQUEMA DE LA ANTENA

5.1. ESQUEMA DE ALTURA DE LA ANTENA

$a = 8.54 \text{ cm}$ Distancia de compensación del centro de fase (Phase Centre Offset)
 $b = 7.50 \text{ cm}$ Distancia entre la base de soporte de la antena y el límite superior del bloque metálico insertado en el monumento.

La información satelital obtenida en el campo se transfiere una computadora para realizar el post proceso con el software Topcon Tools versión 6.11.01, obteniendo las coordenadas Geográficas y UTM en el sistema WGS84, el proceso de la altura ortométrica con el software EGM96, corresponde a la zona 18.

4.2 Inicio de Autodesk Infraworks 360

En proyectos viales la ubicación geográfica de la carretera es el punto de partida para la realización de la carretera. Esta ubicación permite conocer las principales particularidades del trazo, como pueden ser las diferentes vías a conectar, conflictos sociales.

La ubicación también ayuda a realizar la conformación de la superficie, como son las superficies TIN y las curvas de nivel, en la que se va a trabajar para poder conocer las características técnicas del trazo.

Para la realización de estos dos puntos existen diferentes métodos, en nuestro caso el objetivo principal de esta tesis es el ahorro de tiempo y costos, es por eso que se elige las herramientas más simples y eficientes, como es la utilización softwares del sistema BIM, Infraworks y Civil 3D) con la asistencia de Google Earth.

Se ubica los datos en el Google Earth para tener una mejor visualización de los puntos que se exportará a software Autodesk Infraworks 360, para la ubicación y creación de la superficie a trabajar de todo el proyecto. Para se toma los puntos con coordenadas UTM WGS84 que se pueden apreciar en la siguiente tabla 11.

Tabla 11: Coordenadas importadas después de procesar los datos de los levantamientos Topográfico.

PUNTOS	COORDENADAS UTM		
	COTA m.s.n.m.	NORTE	ESTE
Inicio	848.7	9 330165.57	715274.66
Final	1614.8	9 31721.485	736079.833

4.2.1 Configuración de datos al Infraworks

4.2.1.1 Importación de datos topográficos al Infraworks

Se crea un nuevo proyecto en el programa con la zona ya establecida. Se procede a crear nuestra superficie en el Infra Works 360 con el nombre de Tramo KM 0+00 - KM 15+00 . (Figura 31). Este tendrá las características al detalle de la zona y el terreno, como es la superficie TIN y las curvas de nivel, con este proceso se podrá exportar al software Autodesk Civil 3D y comenzar a modelar la geometría total de la carretera.

Figura 31: Punto Inicial y Final en el Google Earth ubicados por las coordenadas y que son exportadas al Autodesk Infraworks.

Figura 32: Trazo ya importado del Google Earth al Autodesk Infraworks

El tramo de la carretera cuenta con 15+000 KM de longitud. El tramo elegido cuenta con un puente cerca del KM 0+000, además de una excelente ruta para llevar a cabo este proyecto.

4.2.1.2 Trazo de ruta en Infracworks 360

Una vez creada la superficie de la modelo basada en el contexto del mundo real (Google Earth), permite tener una mejor visualización del modelo en el modelo 3D. Se exporta el modelo de Infracworks a un formato IMX que permite ser leído por el AutoCAD Civil 3D

Figura 33: Trazo de la ruta en Autodesk Infracworks 360

El Infracworks permite trazar una ruta predeterminada de la carretera estableciendo un ancho y longitud predeterminada de la carretera, además de los detalles que se encuentran en el tramo a ejecutar.

Seguidamente se procede a la importación de curvas de nivel que generó el Infracworks al programa Civil 3D. Para realizar esta configuración se tiene que guardar y exportar el proyecto con el formato de IMX, este formato permite generar superficies con las capas especificadas.

Se coloca el sistema de coordenadas que serán usados en el proyecto, en este caso será UTM84-18S que pertenece a la zona donde está ubicado el proyecto, en el siguiente cuadro se observar las coordenadas y el sistema que se va a emplear en el proyecto.

Figura 34: Comando para exportar datos con el sistema de coordenadas UTM

Se exporta las curvas de nivel generadas por el Infracworks al Civil 3D para tener una mejor visualización de las curvas de nivel del todo el tramo de la carretera.

4.2.2 Entregables y reportes

Se observar el trazo de las curvas de nivel importados del Infracworks marcadas del KM-0+000 al KM-15+000 que servirán para el diseño de la carretera, y para la colocación de las dimensiones de la carretera que se va a diseñar.

En la Figura 35 se observar los puntos indicados en el mapa de Civil 3D

Figura 35: Curvas de nivel del tramo 0+000 KM – 15+000 KM

En la figura 36 se aprecia el recorrido de la carretera desde el tramo KM 0+000 a 15+000 KM con el diseño extraído del Infracworks

Figura 36: Recorrido del tramo 0+000 KM – 15+000 KM

Figura 37: Modelación de la superficie en 3D

4.3 Inicio de AutoCAD Civil 3D

El software AutoCAD Civil 3D es una herramienta del sistema BIM cuyo propósito es determinar diseños al detalle de la carretera que se quiere modelar. Este medio se usa en su mayoría para los detalles de horizontales, como es el caso de modelamiento de los alineamientos de la vía. Así también, como el detalle vertical para comprobar pendientes máximos y el cálculo de movimientos de tierra.

El diseño de la carretera será realizado mediante esta herramienta junto a la aplicación de la Norma Peruana para carreteras, como es el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2014.

4.3.1 Configuración de AutoCAD Civil 3D

Para la configuración de esta herramienta en un principio se tiene que determinar los detalles técnicos de acuerdo al Manual de Diseño de Carreteras.

Para la configuración se necesita de dos parámetros, la configuración antes del diseño con la modelación de la zona y cálculos de parámetros básicos, y con el modelamiento en sí de la carretera, comprobando pendientes y calculando los movimientos de tierra.

4.3.1.1 Vinculación del software Infracore y AutoCAD Civil 3D.

Este ítem es la vinculación esencialmente de la importación de los puntos topográficos de la zona y de las curvas de nivel del tramo. Este es el punto de partida del proyecto, cuando

este ya este configurado, mostrando el espacio de trabajo se procederá a diseñar a detalle el tramo.

En la Figura 38 Se aprecia la importación de la zona en 3D, con ella los detalles de su superficie y los triángulos TIN que los conforman. Con este proceso se ahorra tiempo en comparación si se realiza la conformación de la superficie mediante importaciones de puntos topográficos.

Figura 38: Importación de datos topográficos, por AutoCAD Civil 3D

En la Figura 39 Se muestra la importación de la zona a trabajar de forma horizontal, notándose un lineamiento color rojo, el cual es un trazo guía para la determinación de la vía.

Figura 39: Tramo importado visto horizontalmente, por AutoCAD Civil 3D

4.3.1.2 Configuración al detalle del trazo.

En el anterior punto se explicó la forma con la que se debe crear un espacio de trabajo para el trazo elegido, en esta parte se procederá a delimitar los cálculos para que el alineamiento conste con los parámetros adecuados, la cual será basado mediante el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC.

Uno de los cálculos importantes es la determinación del tipo de Carretera, la cual depende de la demanda vehicular futura y del ancho de carril mínimo. Este tramo corresponde a una Carretera de Tercera Clase de acuerdo con los datos técnicos recogido del estudio hecho por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

- **DISEÑO Y ELECCIÓN DEL TIPO DE VÍA.**

- A) - Por su Transitabilidad. -**

Corresponde al tipo de carretera afirmada o revestida; cuando sobre la subrasante se ha colocado una o varias capas de material granular y es transitable en todo tiempo. Por dicho camino transitarán vehículos comerciales de carga liviana.

- B). - Por su Jurisdicción. –**

Pertenecen al sistema vecinal o rural conformadas por aquellas carreteras de carácter local y que unen aldeas y pequeños pueblos entre sí.

- C). - Por su Servicio. –**

De acuerdo con las NORMAS TECNICAS PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS VECINALES, para $IMD < 30$ vehículos/día corresponde a una trocha carrozable.

Según estimación, por la carretera materia del presente estudio se debe de tener un promedio de 20 vehículos/día.

Por tal razón la “Construcción de la Carretera” corresponde al de un Camino Vecinal.

- **SELECCIÓN DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO.**

Los parámetros de diseño son aquellas normas que gobernarán las características a lo largo de toda la vía en el estudio de mejoramiento, en la ejecución del proyecto así también la funcionalidad y el de este, sin embargo, hay algunas excepciones cuando se trate de topografías accidentadas.

A). - SELECCIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO.

La selección de la velocidad directriz se realizará teniendo en cuenta los costos y beneficios, así como la topografía del terreno (según la Normas técnicas Para el Diseño de Caminos Vecinales) para una Trocha Carrozable, le corresponde una velocidad de 20 Km/hora.

Por otro lado, de acuerdo con la topografía del tramo del KM 0+000 hasta el KM 15+000 presenta una topografía accidentada resultando ser la velocidad de diseño 30-50 Km./hora, tal como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12: Velocidad de Diseño Manual de Carretera: Diseño Geométrico DG – 2014.

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	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											

Entonces, la velocidad de diseño óptima para este proyecto 30 Km/hora, clasificado de acuerdo con la orografía.

Por otro lado, la determinación de la longitud en tramos de tangente servirá para la configuración inicial del software. Este cálculo está determinado según a la velocidad de diseño hallada (30 km/h). En la siguiente Tabla 13 se obtiene los valores de longitud mínima en curvas tipo “s”, longitud mínima en curvas tipo “o” y longitud máxima para tramos rectos, expresado en metros y en función de la velocidad de diseño.

Tabla 13: Longitud de tramos en tangente, por Manual de Carretera: Diseño Geométrico DG – 2014

V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Así también, el cálculo de los radios mínimos las cual es el valor mínimo que debe recorrer en esa parte del tramo con la velocidad de diseño y una tasa máxima de peralte. El radio mínimo se puede calcular con la siguiente formula:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(P_{\max} + f_{\max})}$$

Siendo:

Rmín: Radio Mínimo.

V : Velocidad de Diseño.

Pmáx: Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).

F_{máx}: Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

En la Tabla 14 Resume todo el cálculo de acuerdo con la velocidad de diseño y la ubicación de la vía.

Tabla 14: Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras, por Manual de Carretera: Diseño Geométrico DG – 2014.

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área rural (plano u ondulada)	30	8.00	0.17	28.3	30
	40	8.00	0.17	50.4	50
	50	8.00	0.16	82.0	85
	60	8.00	0.15	123.2	125
	70	8.00	0.14	175.4	175
	80	8.00	0.14	229.1	230
	90	8.00	0.13	303.7	305
	100	8.00	0.12	393.7	395
	110	8.00	0.11	501.5	500
	120	8.00	0.09	667.0	670
Área rural (accidentada o escarpada)	130	8.00	0.08	831.7	835
	30	12.00	0.17	24.4	25
	40	12.00	0.17	43.4	45
	50	12.00	0.16	70.3	70
	60	12.00	0.15	105.0	105
	70	12.00	0.14	148.4	150
	80	12.00	0.14	193.8	195
	90	12.00	0.13	255.1	255
	100	12.00	0.12	328.1	330
	110	12.00	0.11	414.2	415
	120	12.00	0.09	539.9	540
	130	12.00	0.08	665.4	665

Para la configuración del civil se comenzará con la edición de la “Herramientas de creación de alienaciones”. Es en esta donde se detalla todos los cálculos hechos según al Manual de Carreteras: Diseño de Geometría DG – 2014.

Es así como en la Figura 40 se puede apreciar el nombre del proyecto junto a la velocidad de diseño hallada

Figura 40: Creación de Alineación, por AutoCAD Civil 3D

En esta misma pestaña se creará los criterios básicos para el diseño de la carretera como son las Longitudes Mínimas y Máximas de Tangentes (Figura 40) y los Radios Mínimos (Figura 41) de acuerdo a lo hallado según el Manual de Diseño de Carreteras.

Figura 41: Longitud de Tangente mínima y máxima, por AutoCAD Civil 3D

Figura 42: Radio Mínimo, por AutoCAD Civil 3D

A continuación, se creará el alineamiento de acuerdo a los parámetros creados la cual llamara nuestra atención si no se está cumpliendo la norma propuesta, como son las longitudes de tangentes mínimas y máximas, y los radios mínimos.

En la siguiente Imagen Figura 43 Muestra un ejemplo del procedimiento que se debe de seguir, también; se puede apreciar que el trazo efectuado por el usuario es idéntico al trazo guía, generado por la importación, ayudando de gran forma a realizar un alineamiento correcto.

Figura 43: Creación del alineamiento con las advertencias que se creó, por AutoCAD Civil

Con las advertencias establecidas se procede a editarlas, esta parte se hace en la pestaña de editor de geometría, luego en la vista de rejilla de alineación como se muestra en la Figura 44, es desde ese cuadro donde se puede editar las advertencias de las longitudes de tangentes y los radios de curvas.

Figura 44: vista de rejilla de alineación, por AutoCAD Civil 3D

Después de la edición final, se procede a configuración final para una presentación entendible, estas por ejemplo son la progresiva inicial y final, el valor de los espacios entre progresiva y progresiva. Resultando un alineamiento final en la siguientes Figuras 43-44

Figura 45

Figura 46

Figura 47

Figura 45: Vista en planta de todo el alineamiento, por AutoCAD civil 3D.

Figura 46: KM 5+000 del alineamiento, por AutoCAD civil 3D.

Figura 47: KM 11+100 del alineamiento, por AutoCAD civil 3D.

Seguido de la configuración del perfil longitudinal, para la obtención de los valores de las pendientes y comprobación de los peraltes máximos. En la siguiente Figura 48 Se observa el perfil completo de todo el trazo desde el Km 0+000 hasta el km 15+000.

Figura 48

Figura 49

Figura 50

Figura 48: Perfil Longitudinal completo del trazo, por AutoCAD civil 3D.

Figura 49: Perfil longitudinal del KM 14+000, por AutoCAD civil 3D.

Figura 50: Perfil longitudinal del KM 0+000, por AutoCAD civil 3D.

4.3.2 Entregables y Reportes

Los entregables y reportes de la carretera servirá para realizar entregar los detalles de cada progresiva existente, pues se necesita de un análisis y discernimiento de un profesional para que este estudie en las condiciones que se encuentra el tramo a la hora de empezar a ejecutar la obra.

Los principales entregables son los planos de planta y perfil al detalle de un pedazo del tramo, esto servirá por ejemplo para los cálculos de materiales como es los movimientos de tierra, material de estructura, etc.

En este ítem se dará a conocer el plano de planta del KM 0+000 (Figura 51) y el plano de perfil longitudinal de KM 0+000 (Figura 49)

Figura 51: Plano de planta del KM 0+000, por AutoCAD Civil 3D.

4.4 Inicio de Autodesk Navisworks

Este software ayuda en la etapa de diseño y ejecución. En la primera etapa permitir definir el diseño y elegir el más conveniente, además de conocer los posibles errores y planificar adecuadamente la obra. En la etapa de ejecución permite la comunicación entre las diferentes especialidades involucradas. En síntesis, ayuda a tener un mejor control sobre el proyecto constructivo.

El Navisworks posee tres grandes herramientas la primera se refiere a la dimensión en 3D, la cual corresponde a una ayuda geométrica, en la que se detectan las interferencias, Así también, existe la alineación 4D correspondiente al tiempo que se realiza en la obra. En esta parte se realiza la simulación a tiempo real de la obra, comparando distintos escenarios con la finalidad de ahorrar tiempo y dinero. También, existe la 5 dimensión la cual se refiere a la herramienta que realiza la medición de la obra para su cuantificación o presupuesto. Aparte de estas 3 grandes herramientas las de RENDER, revisión del modelo (anotaciones, medidas y comentarios) colaboración en la nube y animaciones.

En esta oportunidad, el presente estudio se enfoca en el desarrollo de la carretera en 3D, con el objetivo de encontrar interferencias para su análisis y levantamiento de observaciones. Luego, se realizó una simulación en 4D con los conflictos solucionados.

4.4.1 Configuración de Autodesk Navisworks

En esta etapa se refiere principalmente en la configuración y preparación del trazo de la carretera en el programa Autodesk civil 3D para poder ser exportado a la herramienta BIM Navisworks, una vez ya creado los perfiles longitudinales y secciones transversales típicas.

4.4.1.1 Vinculación con los datos del software de AutoCAD Civil 3D y Navisworks

La vinculación comienza entre estos dos softwares comienza a partir de la configuración del corredor del trazo. El corredor se muestra en la siguiente figura 53.

Figura 53: Corredor de la carretera, por AutoCAD Civil 3D.

Luego en la siguiente opción “extracción del solido del corredor”, se tendrá dos opciones de selección como un rango de estación o un polígono de estación. En este caso se escoge todo el rango de selección, pues se requiere todo el recorrido de la carretera (figura 54)

Figura 54: Selección del rango de estación, por AutoCAD Civil 3D

Este paso permite exportar toda la información existente de sus diferentes capas, los cuales se diferencian por diferentes colores, para así configurarlos a la nuestra preferencia.

Figura 55: Información de las diferentes capas con du respectivo color, por AutoCAD Civil 3D.

También existe información de las propiedades del proyecto respecto al flujo del trabajo BIM, porque se tiene que saber la información asociada en la los sólidos.

En esta parte se detalla las propiedades que serán exportadas, como son los volúmenes, secciones, assembly, etc.

Figura 56: Propiedades del corredor a exportar, por AutoCAD Civil 3D.

En seguida se realizará la configuración para que los sólidos se actualicen dinámicamente con la opción AutoCAD 3D sólidos /Add to a new drawing (figura 57). Todo esto para que cuando se actualice el corredor, también se actualicen los sólidos desde el corredor.

Figura 57: Configuración de actualización del sólido, por AutoCAD Civil 3D.

Finalmente, en el Navisworks con la opción apped se importa el modelo en el cual se podrá detectar las interferencias y analizar los posibles errores (figura 58)

Figura 58: Detección de las interferencias, por AutoCAD Civil 3D.

4.4.1.2 Configuración del software Navisworks

En esta parte se trabajará en el Navisworks donde se encontró las interferencias y se comienza con la planificación de tiempo y costo del proyecto para su gestión.

Para la detección de interferencias va a la opción “Clash detective” en el cual te dan opciones de comparar entre un elemento y otro elemento del mismo corredor. En nuestra vía se comparó todo el recorrido. (figura 59).

Figura 59: Configuración para detectar el número de interferencias, por Autodesk Navisworks (2019).

Por ejemplo, en la figura 60 se puede apreciar el reporte de la interferencia número 2, la cual el talud de un tramo coincide con el talud de otro tramo generando una interferencia

Figura 60: Reporte de la interferencia número 2 con su respectivo diagrama, por Autodesk Navisworks (2019).

4.4.2 3.4.2 Entregables y reportes

La característica de este software es generar reporte de interferencias para su análisis, este documento detalla los elementos involucrados en cada conflicto. Por ejemplo, en la figura 61, el entregable explica que el corte que se tiene que realizar en ese tramo de la carretera, ilustrado de color rojo, colisiona con el trazo del corredor, ilustrado de color verde, generando una alerta de interferencia entre esos dos elementos. Para este proyecto el software detecto en total 17 interferencias (Ver Anexo 02).

Figura 61: Reporte de los tipos de sólido, por Autodesk Navisworks (2019).

5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS: INTERPRETACIÓN DE ENTREGABLES DEL Y PLANIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES.

En este capítulo se refleja los resultados de todo el análisis del proceso previo. Lo diseñado anteriormente fue una etapa de recopilación de información y cálculos para la realización de la carretera. Los parámetros de diseño se realizaron según el estudio realizado por el MTC. En el capítulo 4 se analiza los reportes generados en el software Navisworks (última etapa del diseño). En este fragmento de la tesis es necesario la asociación de todas especialidades para realizar la respectiva argumentación de los resultados y juntos darles una solución viable para el desarrollo idóneo del proyecto. También, se elaborará el cronograma dinámico para la planificación del trazo.

5.1 OBJETIVO 1º: Identificar e interpretar las interferencias de los reportes del Navisworks.

En todo proyecto requiere plasmar todo lo diseñado y simulado para que pueda ser analizado. El proyecto “as built”, permite tener información bien elaborado y formulado mediante documentaciones.

En estos proyectos BIM, las informaciones de los reportes están contenidas en las herramientas. La interpretación y solución se debe de realizar en los mismos programas, pues este es una de las facilidades de la metodología BIM.

Una de las cualidades del uso de herramientas BIM es la localización de las interferencias en todo el tramo. Por ello, este texto académico se enfoca en la detención y la solución de estas colisiones.

La enumeración y localización de las interferencias se realizó en el Software Autodesk Navisworks. Este programa es especializado en este ámbito, la cual detalla estos conflictos en figuras animadas para su fácil entendimiento y una interpretación más adecuada para pronta solución.

Los conflictos hallados en el tramo fueron 17, en las cuales están siendo detallados en el Anexo 2

La interpretación de las detenciones de los conflictos otorga información gráfica. Por ejemplo, en la figura 62 se detalla el conflicto entre la interferencia entre el talud de un tramo con la carpeta asfáltica de un tramo distinto.

Figura 62: Conflicto de interferencia de Talud de un tramo con la carpeta asfáltica de otro tramo, por Naviswork (2019).

De acuerdo a la figura anterior, se puede observar que el color rojo representa el talud en conflicto, mientras el color verde representa el base del otro elemento en conflicto. De acuerdo a este reporte se procederá a análisis externos sobre las causas y sus respectivas soluciones para modificar lo que sea necesario.

En general se procederá a extraer toda la información de los 17 conflictos, para su análisis en general y darle el mismo sentido de proyecto, enfocándose en el objetivo principal.

5.2 OBJETIVO 2º: Evaluación y formulación de soluciones para las interferencias encontradas en el Navisworks

En el ítem anterior se interpretó y analizó los conflictos entregados por el software Navisworks. Este programa solo ayuda a la enumeración y clasificación de las interferencias encontradas, así como también, el análisis de sus causas y consecuencias de este. Para realizar un análisis más profundo y detallado, se realizó con el uso de la herramienta del Autodesk Civil 3D, pues en este es dónde se detalló todo el sistema geométrico y a detalle del trazo.

En primer lugar, se creó una línea base, este será capaz de analizar transversalmente cualquier punto del tramo, esta herramienta del Civil se llama “línea de muestreo”. Esta

línea tiene que ser creada en la herramienta, en la figura 63 se puede apreciar esta línea de muestra en el tramo.

Figura 63: Línea de muestreo transversal del corredor vial, por Autodesk Civil 3D

Esta línea de muestreo está ubicada en el tramo, como se puede apreciar en la figura anterior, esta línea abarca dos tramos, como resultado paralelo a su ubicación en el trazo, arroja un diagrama transversal donde detalla los taludes. En la figura 64 esta graficado el reporte de la línea de muestreo explicado.

Figura 64: Sección Transversal de la línea de muestreo, por AutoCAD Civil 3D (2018)

La figura muestra la sección transversal, la cual es la representación de la línea de muestreo creada. La parte parabólica de color rojo resaltada en la figura resalta el conflicto de que existe entre estos dos taludes. En la figura 65, se hará un zoom para su mejor apreciación de este fenómeno.

Figura 65: Zoom de la sección transversal la línea de muestreo, identificando las secciones en conflicto, por AutoCAD Civil 3D (2018).

En la figura se aprecia que el talud del tramo superior y la sección del pavimento del tramo inferior colisionan entre sí.

Luego de analizar las 17 interferencias, se concluye que la solución más viable es aumentar el talud de los cortes, pero estas dependen del tipo de suelo correspondiente a cada progresiva del recorrido.

En la tabla 15 se clasifica los conflictos encontrados de acuerdo a su progresiva, se detalla la solución empleada para cada conflicto, el cual depende del resultado del estudio de suelos. (Ver Anexo 03).

Tabla 15: Taludes de Corte, proyecto PUENTE TECHIN-CHIRIMOYO.

PROGRESIVA	%RE	%RS	%MS	TALUD (H:V)	CONFLICTOS	EMS (VER ESTUDIO DE SUELOS ANEXO 03)	SOLUCIÓN
0+000 a 1+250	-	-	100	1:2		GC	
1+250 a 1+750	-	-	100	1:2	CONFLICTO 1: VER REPORTE DE CONFLICTOS DE NAVISWORKS - ANEXO 02 (CONFLICTO 1)	CL	ANALIZANDO LA INTERFERENCIA Y EL ESTUDIO DE SUELO REALIZADOS, ES FACTIBLE REALIZAR UN MURO DE CONTENCIÓN PARA ESTE TRAMO.
1+750 a 2+000	-	100	-	1:2		GC	
2+000 a 2+400	-	100		1:10		GC	
2+400 a 2+600	-	100	-	1:10		GC	
2+600 a 2+900	-	30	70	1:10	CONFLICTO 2: ESTE TRAMO PRESENTA UN TALUD TALTO MUY ALTO PARA SU TIPO DE SUELO.	CL,SC	ANALIZANDO EL TALUD DE DISEÑO PARA ESTE TRAMO Y EL ESTUDIO DE SUELOS, SE CONCLUYE QUE EL TALUD NO ES EL ADECUADO PARA EL TIPO DE SUELO ENCONTRADO (MATERIAL SUELTO Y MALO), POR ELLO, ES FACTIBLE LA DISMINUCIÓN DE TALUD DE 1:10 A 1:4
2+900 a 3+600	-	20	80	1:2		CL,SC	
3+600 a 4+100	20	80	-	1:2	CONFLICTO 3: VER REPORTE DE CONFLICTOS DE NAVISWORKS - ANEXO 02 (CONFLICTO 2)	SM,GC	ANALIZANDO LA INTERFERENCIA Y EL ESTUDIO DE SUELO REALIZADOS, ES FACTIBLE EL AUMENTO DE TALUD DE 1:2 A 1:4.
4+100 a 4+900	20	80	-	1:2		SM,GC	
4+900 a 5+250	-	100	-	1:2	CONFLICTO 4: VER REPORTE DE CONFLICTOS DE NAVISWORKS - ANEXO 02 (CONFLICTO 3)	SM,GC	ANALIZANDO LA INTERFERENCIA Y EL ESTUDIO DE SUELO REALIZADOS, ES FACTIBLE EL AUMENTO DE TALUD DE 1:2 A 1:4.
5+250 a 5+800	-	80	20	1:2		SC,GC	

5+800 a 6+200	-	80	20	1:2	CONFLICTO 5: VER REPORTE DE CONFLICTOS DE NAVISWORKS - ANEXO 02 (CONFLICTO 4)	SC,GC	ANALIZANDO LA INTERFERENCIA Y EL ESTUDIO DE SUELO REALIZADOS, ES FACTIBLE EL AUMENTO DE TALUD DE 1:2 A 1:4.
6+200 a 6+400	-	80	20	1:2		SC,GC	
6+400 a 6+700	-	80	20	1:2	CONFLICTO 6: VER REPORTE DE CONFLICTOS DE NAVISWORKS - ANEXO 02 (CONFLICTO 5)	SC,GC	ANALIZANDO LA INTERFERENCIA Y EL ESTUDIO DE SUELO REALIZADOS, ES FACTIBLE EL AUMENTO DE TALUD DE 1:2 A 1:4.
6+700 a 7+200	-	80	20	1:2		SC,GC	
7+200 a 7+600	-	80	20	1:2	CONFLICTO 7: VER REPORTE DE CONFLICTOS DE NAVISWORKS - ANEXO 02 (CONFLICTO 6)	SC,GC	ANALIZANDO LA INTERFERENCIA Y EL ESTUDIO DE SUELO REALIZADOS, ES FACTIBLE EL AUMENTO DE TALUD DE 1:2 A 1:4.
7+600 a 8+000	-	80	20	1:2		SC,GC	
8+000 a 8+400	-	90	10	1:2		SC,GC	
8+400 a 8+600	-	90	10	1:2	CONFLICTO 8: VER REPORTE DE CONFLICTOS DE NAVISWORKS - ANEXO 02 (CONFLICTO 7)	SC,GC	ANALIZANDO LA INTERFERENCIA Y EL ESTUDIO DE SUELO REALIZADOS, ES FACTIBLE EL AUMENTO DE TALUD DE 1:2 A 1:4.
8+600 a 8+750	-	90	10	1:2		SC,GC	
8+750 a 9+600	-	100	-	1:2	CONFLICTO 9: VER REPORTE DE CONFLICTOS DE NAVISWORKS - ANEXO 02 (CONFLICTO 8)	GW-GM,GC	ANALIZANDO LA INTERFERENCIA Y EL ESTUDIO DE SUELO REALIZADOS, ES FACTIBLE EL AUMENTO DE TALUD DE 1:2 A 1:4.
9+600 a 10+300	-	-	100	1:2		CH	
10+300 a 10+600	-	-	100	1:2	CONFLICTO 10: VER REPORTE DE CONFLICTOS DE NAVISWORKS - ANEXO 02 (CONFLICTO 9)	CH	ANALIZANDO LA INTERFERENCIA Y EL ESTUDIO DE SUELO REALIZADOS, ES FACTIBLE REALIZAR UN MURO DE CONTENCIÓN PARA ESTE TRAMO.
10+600 a 10+900	80	20	-	1:2		GC	
10+900 a 11+100	80	20	-	1:2	CONFLICTO 11: VER REPORTE DE CONFLICTOS DE NAVISWORKS - ANEXO 02 (CONFLICTO 10)	GC	ANALIZANDO LA INTERFERENCIA Y EL ESTUDIO DE SUELO REALIZADOS, ES FACTIBLE EL AUMENTO DE TALUD DE 1:2 A 1:10.
11+100 a 11+400	80	20	-	1:2		GC	
11+400 a 11+550	80	20	-	1:2	CONFLICTO 12: VER REPORTE DE CONFLICTOS DE NAVISWORKS - ANEXO 02 (CONFLICTO 11)	GC	ANALIZANDO LA INTERFERENCIA Y EL ESTUDIO DE SUELO REALIZADOS, ES FACTIBLE EL AUMENTO DE TALUD DE 1:2 A 1:10.
11+550 a 11+950	80	20		1:2		GC	
11+950 a 12+100	80	20		1:2	CONFLICTO 13: VER REPORTE DE CONFLICTOS DE NAVISWORKS - ANEXO 02 (CONFLICTO 12)	GC	ANALIZANDO LA INTERFERENCIA Y EL ESTUDIO DE SUELO REALIZADOS, ES FACTIBLE EL AUMENTO DE TALUD DE 1:2 A 1:4.
12+100 a 12+600	80	20		1:2		GC	
12+700 a 12+850			100	1:2	CONFLICTO 14: VER REPORTE DE CONFLICTOS DE NAVISWORKS - ANEXO 02 (CONFLICTO 13)	CL	ANALIZANDO LA INTERFERENCIA Y EL ESTUDIO DE SUELO REALIZADOS, ES FACTIBLE REALIZAR UN MURO DE CONTENCIÓN PARA ESTE TRAMO.
12+850 a 13+050			100	1:2		CL	
13+050 a 13+200			100	1:2	CONFLICTO 15: VER REPORTE DE CONFLICTOS DE NAVISWORKS - ANEXO 02 (CONFLICTO 14)	CL	ANALIZANDO LA INTERFERENCIA Y EL ESTUDIO DE SUELO REALIZADOS, ES FACTIBLE REALIZAR UN MURO DE CONTENCIÓN PARA ESTE TRAMO.
13+200 a 13+900	-	100	-	1:2		GC	
13+900 a 14+100		100		1:2	CONFLICTO 16: VER REPORTE DE CONFLICTOS DE NAVISWORKS - ANEXO 02 (CONFLICTO 15)	GC	ANALIZANDO LA INTERFERENCIA Y EL ESTUDIO DE SUELO REALIZADOS, ES FACTIBLE EL AUMENTO DE TALUD DE 1:2 A 1:4, PERO EN LA INSPECCION AL TERRENO SE OBSERVA QUE AL REALIZAR EL CORTE SE ENCUENTRA EN DRENAJE PLUVIAL SUBTERRANEO, POR LO CUAL SE DEBE DE PLANTEAR UN DISEÑO DE CONTENCIÓN ESPECIAL PARA ESTA PROGRESIVA.
14+100 a 14+300		100		1:2		GC	
14+300 a 14+550		100		1:2	CONFLICTO 17: VER REPORTE DE CONFLICTOS DE NAVISWORKS - ANEXO 02 (CONFLICTO 16)	GC	ANALIZANDO LA INTERFERENCIA Y EL ESTUDIO DE SUELO REALIZADOS, ES FACTIBLE EL AUMENTO DE TALUD DE 1:2 A 1:4.
14+550 a 14+800		100		1:2		GC	
14+800 a 15+000	-	100	-	1:2	CONFLICTO 18: VER REPORTE DE CONFLICTOS DE NAVISWORKS - ANEXO 02 (CONFLICTO 17)	GC	ANALIZANDO LA INTERFERENCIA Y EL ESTUDIO DE SUELO REALIZADOS, ES FACTIBLE EL AUMENTO DE TALUD DE 1:2 A 1:4.

De la tabla anterior, se observa que 13 conflictos pudieron ser resueltas aumentando el talud con la seguridad de presentar un suelo óptimo para esta práctica. Pero, existen cuatro conflictos que no fue suficiente el aumento de talud, ya que presenta un suelo malo, optando por la construcción de muros de contención en estos cuatro tramos. Así también, en la visita a campo que se realizó para el reconocimiento de las interferencias, se determinó que en el conflicto 16, progresiva KM 13+900 a KM 14+100, cuando se realice el aumento de talud propuesta como solución viable, quedara expuesto un drenaje pluvial subterráneo, por consecuencia se propone la construcción de un diseño de muro de contención especial (ver figura 66).

Figura 66: Diseño de muro de contención. (Ver Anexo 04)

Por otro lado, realizando el análisis de las interferencias se encontró un conflicto en particular, se trata de la progresiva KM 2+600 a KM 2+900, este no fue reportado, pues no se trata de una interferencia. En este tramo se plantea un talud de 1:10, pero de acuerdo al estudio de suelos, presenta un terreno muy suelto, el cual no es factible para el talud propuesto, como solución se planteó disminuir el talud a 1:4.

A continuación, en la Tabla 16, se realiza la comparación entre el trazo inicial y el final, luego de levantar las observaciones.

Tabla 16: Trazo Inicial y final, proyecto PUENTE TECHIN-CHIRIMOYO

PROGRESIVA	ORIGINAL	SOLUCIÓN
1+250 a 1+750	<p>1+380</p> <p>Ac: 13.44m² Ar: 0.00m²</p> <p>TALUD: (1:2)</p> <p>CT: 856.536 SR: 855.076</p>	<p>1+380</p> <p>Ac: 13.44m² Ar: 0.00m²</p> <p>TUBO PVC 4"</p> <p>TALUD: (1:2)</p> <p>CT: 856.536 SR: 855.076</p>
2+600 a 2+900	<p>2+560</p> <p>Ac: 17.17m² Ar: 0.00m²</p> <p>TALUD: (1:10)</p> <p>CT: 891.596 SR: 890.349</p>	<p>2+560</p> <p>Ac: 17.17m² Ar: 0.00m²</p> <p>TALUD: (1:4)</p> <p>CT: 891.596 SR: 890.349</p>
3+600 a 4+100	<p>4+060</p> <p>Ac: 11.10m² Ar: 0.00m²</p> <p>TALUD: (1:2)</p> <p>CT: 869.427 SR: 868.529</p>	<p>4+060</p> <p>Ac: 10.50m² Ar: 0.00m²</p> <p>TALUD: (1:4)</p> <p>CT: 869.427 SR: 868.529</p>

4+900 a 5+250	<p>4+970</p> <p>Ac: 7.76m² Ar: 0.00m²</p> <p>TALUD: (1: 2)</p> <p>CT: 866.208 SR: 865.901</p>	<p>4+970</p> <p>Ac: 7.15m² Ar: 0.00m²</p> <p>TALUD: (1: 4)</p> <p>CT: 866.208 SR: 865.901</p>
5+800 a 6+200	<p>5+970</p> <p>Ac: 12.24m² Ar: 0.12m²</p> <p>TALUD: (1: 2)</p> <p>CT: 874.315 SR: 874.172</p>	<p>5+970</p> <p>Ac: 11.58m² Ar: 0.12m²</p> <p>TALUD: (1: 4)</p> <p>CT: 874.315 SR: 874.172</p>
6+400 a 6+700	<p>6+500</p> <p>Ac: 11.45m² Ar: 0.00m²</p> <p>TALUD: (1: 2)</p> <p>CT: 891.238 SR: 890.798</p>	<p>6+500</p> <p>Ac: 10.95m² Ar: 0.00m²</p> <p>TALUD: (1: 4)</p> <p>CT: 891.238 SR: 890.798</p>
7+200 a 7+600	<p>7+250</p> <p>Ac: 10.59m² Ar: 0.00m²</p> <p>TALUD: (1: 2)</p> <p>CT: 883.904 SR: 882.761</p>	<p>7+250</p> <p>Ac: 9.85m² Ar: 0.00m²</p> <p>TALUD: (1: 4)</p> <p>CT: 883.904 SR: 882.761</p>
8+400 a 8+600	<p>8+570</p> <p>Ac: 4.58m² Ar: 0.01m²</p> <p>TALUD: (1: 2)</p> <p>CT: 936.843 SR: 936.673</p>	<p>8+570</p> <p>Ac: 4.23m² Ar: 0.01m²</p> <p>TALUD: (1: 4)</p> <p>CT: 936.843 SR: 936.673</p>

8+750 a 9+600	<p>8+960</p> <p>TALUD: (1:2)</p> <p>Ac: 8.23m² Ar: 0.14m²</p> <p>CT: 950.957 SR: 950.834</p>	<p>8+960</p> <p>TALUD: (1:4)</p> <p>Ac: 7.03m² Ar: 0.14m²</p> <p>CT: 950.957 SR: 950.834</p>
10+300 a 10+600	<p>10+340</p> <p>TALUD: (1:2)</p> <p>Ac: 4.96m² Ar: 0.02m²</p> <p>CT: 952.157 SR: 952.072</p>	<p>10+340</p> <p>TUBO PVC 4"</p> <p>TALUD: (1:2)</p> <p>Ac: 4.96m² Ar: 0.02m²</p> <p>CT: 952.157 SR: 952.072</p>
10+900 a 11+100	<p>10+950</p> <p>TALUD: (1:2)</p> <p>Ac: 10.55m² Ar: 0.88m²</p> <p>CT: 944.330 SR: 944.070</p>	<p>10+950</p> <p>TALUD: (1:10)</p> <p>Ac: 9.05m² Ar: 0.88m²</p> <p>CT: 944.330 SR: 944.070</p>
11+400 a 11+550	<p>11+510</p> <p>TALUD: (1:2)</p> <p>Ac: 11.38m² Ar: 1.58m²</p> <p>CT: 917.430 SR: 917.729</p>	<p>11+510</p> <p>TALUD: (1:10)</p> <p>Ac: 7.34m² Ar: 1.58m²</p> <p>CT: 917.430 SR: 917.729</p>
11+950 a 12+100	<p>12+040</p> <p>TALUD: (1:2)</p> <p>Ac: 6.86m² Ar: 0.22m²</p> <p>CT: 933.213 SR: 933.089</p>	<p>12+040</p> <p>TALUD: (1:4)</p> <p>Ac: 6.61m² Ar: 0.22m²</p> <p>CT: 933.213 SR: 933.089</p>

Así mismo en la tabla 17 se tiene especificado en metrado de cantidad de movimientos, de acuerdo a sus sub-partidas (terraplenes, roca fija, roca suelta, explanaciones en material antes de la solución de interferencias.

Tabla 17: Taludes de Relleno, proyecto PUENTE TECHIN-CHIRIMOYO

Progresiva	TIPO DE SUELO	Distancia	VOLUMEN DE CORTE (M3)			TOTAL	TOTAL	DE E.N.	DE E.C.	ELIMI
			MATERIAL	ROCA	ROCA	VOLUMEN	VOLUMEN	A.E.S.	A.E.S.	NACION
			SUELTO	SUELTA	FIJA	CORTE (M3)	RELLENO			
0+000 a 1+250	GC	1+250 KM	3,328.25	0.00	0.00	3,328.25	176.18	4160.31	244.89	3,915.42
1+250 a 1+750	CL	0+500 KM	2,177.75	0.00	0.00	2,177.75	36.20	2722.19	50.32	2,671.87
1+750 a 2+000	GC	0+250 KM	0.00	1,222.35	0.00	1,222.35	37.45	1833.53	52.06	1,781.47
2+000 a 2+400	GC	0+400 KM	0.00	3,947.75	0.00	3,947.75	64.85	5921.63	90.14	5,831.48
2+400 a 2+600	GC	0+200 KM	0.00	1,652.90	0.00	1,652.90	15.45	2479.35	21.48	2,457.87
2+600 a 2+900	CL,SC	0+300 KM	1,064.28	456.12	0.00	1,520.40	15.70	2014.53	21.82	1,992.71
2+900 a 3+600	CL,SC	0+700 KM	2,505.36	626.34	0.00	3,131.70	118.13	4071.21	164.20	3,907.01
3+600 a 4+100	SM,GC	0+500 KM	0.00	2,738.08	684.52	3,422.60	28.21	5202.35	39.21	5,163.14
4+100 a 4+900	SM,GC	0+800 KM	0.00	1,196.30	299.08	1,495.38	48.13	2272.98	66.90	2,206.08
4+900 a 5+250	SM,GC	0+350 KM	0.00	1,300.90	0.00	1,300.90	7.23	1951.35	10.05	1,941.30
5+250 a 5+800	SC,GC	0+550 KM	412.29	1,649.16	0.00	2,061.45	103.35	2989.10	143.66	2,845.45
5+800 a 6+200	SC,GC	0+400 KM	329.66	1,318.64	0.00	1,648.30	85.41	2390.04	118.72	2,271.32
6+200 a 6+400	SC,GC	0+200 KM	319.00	1,276.00	0.00	1,595.00	124.70	2312.75	173.33	2,139.42
6+400 a 6+700	SC,GC	0+300 KM	425.92	1,703.66	0.00	2,129.58	140.70	3087.89	195.57	2,892.32
6+700 a 7+200	SC,GC	0+500 KM	266.51	1,066.04	0.00	1,332.55	30.20	1932.20	41.98	1,890.22
7+200 a 7+600	SC,GC	0+400 KM	595.51	2,382.04	0.00	2,977.55	9.95	4317.45	13.83	4,303.62
7+600 a 8+000	SC,GC	0+400 KM	146.63	586.52	0.00	733.15	100.78	1063.07	140.08	922.98
8+000 a 8+400	SC,GC	0+400 KM	3,336.57	370.73	0.00	3,707.30	3.40	4726.81	4.73	4,722.08
8+400 a 8+600	SC,GC	0+200 KM	942.39	104.71	0.00	1,047.10	64.08	1335.05	89.07	1,245.98
8+600 a 8+750	SC,GC	0+150 KM	362.12	40.24	0.00	402.35	1.38	513.00	1.92	511.08
8+750 a 9+600	GW-GM,GC	0+850 KM	8,438.55	0.00	0.00	8,438.55	180.30	10548.19	250.62	10,297.57
9+600 a 10+300	CH	0+700 KM	1,852.53	0.00	0.00	1,852.53	240.55	2315.66	334.36	1,981.30
10+300 a 10+600	CH	0+300 KM	626.30	0.00	0.00	626.30	446.58	782.88	620.75	162.13
10+600 a 10+900	GC	0+300 KM	0.00	79.76	319.04	398.80	201.95	630.10	280.71	349.39
10+900 a 11+100	GC	0+200 KM	0.00	226.12	904.48	1,130.60	95.73	1786.35	133.06	1,653.28
11+100 a 11+400	GC	0+300 KM	0.00	501.24	2,004.96	2,506.20	170.70	3959.80	237.27	3,722.52
11+400 a 11+550	GC	0+150 KM	0.00	313.11	1,252.44	1,565.55	85.05	2473.57	118.22	2,355.35
11+550 a 11+950	GC	0+400 KM	0.00	172.66	690.62	863.28	112.30	1363.98	156.10	1,207.89
11+950 a 12+100	GC	0+150 KM	0.00	68.72	274.88	343.60	52.58	542.89	73.09	469.80
12+100 a 12+600	GC	0+500 KM	0.00	407.76	1,631.04	2,038.80	243.85	3221.30	338.95	2,882.35
12+600 a 12+850	CL	0+250 KM	1,863.93	0.00	0.00	1,863.93	468.85	2329.91	651.70	1,678.21
12+850 a 13+050	CL	0+200 KM	360.00	0.00	0.00	360.00	137.55	450.00	191.19	258.81
13+050 a 13+200	CL	0+150 KM	349.53	0.00	0.00	349.53	1.28	436.91	1.78	435.13
13+200 a 13+900	GC	0+700 KM	0.00	3,249.15	0.00	3,249.15	59.93	4873.73	83.30	4,790.42
13+900 a 14+100	GC	0+200 KM	0.00	6,898.80	0.00	6,898.80	0.00	10348.20	0.00	10,348.20
14+100 a 14+300	GC	0+200 KM	0.00	1,290.55	0.00	1,290.55	241.58	1935.83	335.80	1,600.03
14+300 a 14+550	GC	0+250 KM	0.00	8,369.80	0.00	8,369.80	30.20	12554.70	41.98	12,512.72
14+550 a 14+800	GC	0+250 KM	0.00	1,504.90	0.00	1,504.90	121.00	2257.35	168.19	2,089.16
14+800 a 15+000	GC	0+200 KM	0.00	662.10	0.00	662.10	83.68	993.15	116.32	876.83
			29,703.07	47,383.15	8,061.06	85,147.28	4,185.14	121,101.26	5,817.34	115,283.91

Es así, que se procederá a revisar y corregir todos los aspectos de las interferencias encontradas, para obtener un modelamiento optimizado, evitando los retrabajos en campo.

Luego, en la tabla 18 se tiene las mismas condiciones que en la tabla 17 pero con las interferencias ya solucionadas por las herramientas BIM (Autodesk Navisworks).

Tabla 18: Metrado de movimiento de tierras totales con la solución de interferencias, Autodesk Navisworks.

Progresiva	TIPO DE SUELO	Distancia	VOLUMEN DE CORTE (M3)			TOTAL	TOTAL	DE E.N.	DE E.C.	ELIMI
			MATERIAL	ROCA	ROCA	VOLUMEN	VOLUMEN	A E.S.	A E.S.	NACION
			SUELTO	SUELTA	FIJA	CORTE (M3)	RELLENO			
0+000 a 1+250	GC	1+250 KM	2,895.58	0.00	0.00	2,899.46	19.38	3,661.08	215.50	3,445.57
1+250 a 1+750	CL	0+500 KM	1,894.64	0.00	0.00	1,897.18	3.98	2,395.53	44.28	2,351.25
1+750 a 2+000	GC	0+250 KM	0.00	1,075.67	0.00	1,064.87	4.12	1,613.50	45.81	1,567.69
2+000 a 2+400	GC	0+400 KM	0.00	3,474.02	0.00	3,439.15	7.13	5,211.03	79.32	5,131.71
2+400 a 2+600	GC	0+200 KM	0.00	1,454.55	0.00	1,439.95	1.70	2,181.83	18.90	2,162.93
2+600 a 2+900	CL,SC	0+300 KM	925.92	401.39	0.00	1,324.52	1.73	1,772.79	19.20	1,753.58
2+900 a 3+600	CL,SC	0+700 KM	2,179.66	551.18	0.00	2,728.23	12.99	3,582.66	144.50	3,438.17
3+600 a 4+100	SM,GC	0+500 KM	0.00	2,409.51	609.22	2,981.66	3.10	4,578.07	34.51	4,543.56
4+100 a 4+900	SM,GC	0+800 KM	0.00	1,052.75	266.18	1,302.73	5.29	2,000.22	58.87	1,941.35
4+900 a 5+250	SM,GC	0+350 KM	0.00	1,144.79	0.00	1,133.30	0.80	1,717.19	8.84	1,708.34
5+250 a 5+800	SC,GC	0+550 KM	358.69	1,451.26	0.00	1,795.87	11.37	2,630.41	126.42	2,503.99
5+800 a 6+200	SC,GC	0+400 KM	286.80	1,160.40	0.00	1,435.95	9.40	2,103.23	104.47	1,998.76
6+200 a 6+400	SC,GC	0+200 KM	277.53	1,122.88	0.00	1,389.51	13.72	2,035.22	152.53	1,882.69
6+400 a 6+700	SC,GC	0+300 KM	370.55	1,499.22	0.00	1,855.22	15.48	2,717.34	172.10	2,545.24
6+700 a 7+200	SC,GC	0+500 KM	231.86	938.12	0.00	1,160.87	3.32	1,700.33	36.94	1,663.39
7+200 a 7+600	SC,GC	0+400 KM	518.09	2,096.20	0.00	2,593.94	1.09	3,799.35	12.17	3,787.18
7+600 a 8+000	SC,GC	0+400 KM	127.57	516.14	0.00	638.70	11.09	935.50	123.27	812.23
8+000 a 8+400	SC,GC	0+400 KM	2,902.82	326.24	0.00	3,229.68	0.37	4,159.59	4.16	4,155.43
8+400 a 8+600	SC,GC	0+200 KM	819.88	92.14	0.00	912.20	7.05	1,174.85	78.38	1,096.46
8+600 a 8+750	SC,GC	0+150 KM	315.04	35.41	0.00	350.51	0.15	451.44	1.69	449.75
8+750 a 9+600	GW-GM,GC	0+850 KM	7,341.54	0.00	0.00	7,351.39	19.83	9,282.41	220.54	9,061.86
9+600 a 10+300	CH	0+700 KM	1,611.70	0.00	0.00	1,613.86	26.46	2,037.78	294.24	1,743.54
10+300 a 10+600	CH	0+300 KM	544.88	0.00	0.00	545.61	49.12	688.93	546.26	142.67
10+600 a 10+900	GC	0+300 KM	0.00	70.19	283.95	347.42	22.21	554.49	247.03	307.47
10+900 a 11+100	GC	0+200 KM	0.00	198.99	804.99	984.94	10.53	1,571.99	117.10	1,454.89
11+100 a 11+400	GC	0+300 KM	0.00	441.09	1,784.41	2,183.32	18.78	3,484.62	208.80	3,275.82
11+400 a 11+550	GC	0+150 KM	0.00	275.54	1,114.67	1,363.86	9.36	2,176.74	104.03	2,072.71
11+550 a 11+950	GC	0+400 KM	0.00	151.94	614.66	752.06	12.35	1,200.30	137.37	1,062.94
11+950 a 12+100	GC	0+150 KM	0.00	60.47	244.64	299.33	5.78	477.74	64.32	413.43
12+100 a 12+600	GC	0+500 KM	0.00	358.83	1,451.63	1,776.14	26.82	2,834.75	298.28	2,536.47
12+600 a 12+850	CL	0+250 KM	1,621.62	0.00	0.00	1,623.80	51.57	2,050.32	573.50	1,476.83
12+850 a 13+050	CL	0+200 KM	313.20	0.00	0.00	313.62	15.13	396.00	168.25	227.75
13+050 a 13+200	CL	0+150 KM	304.09	0.00	0.00	304.50	0.14	384.48	1.57	382.92
13+200 a 13+900	GC	0+700 KM	0.00	2,859.25	0.00	2,830.55	6.59	4,288.88	73.31	4,215.57
13+900 a 14+100	GC	0+200 KM	0.00	6,070.94	0.00	6,010.01	0.00	9,106.42	0.00	9,106.42
14+100 a 14+300	GC	0+200 KM	0.00	1,135.68	0.00	1,124.29	26.57	1,703.53	295.50	1,408.03
14+300 a 14+550	GC	0+250 KM	0.00	7,365.42	0.00	7,291.50	3.32	11,048.14	36.94	11,011.20
14+550 a 14+800	GC	0+250 KM	0.00	1,324.31	0.00	1,311.02	13.31	1,986.47	148.01	1,838.46
14+800 a 15+000	GC	0+200 KM	0.00	582.65	0.00	576.80	9.20	873.97	102.36	771.61
0+000-15+000			25,841.67	41,697.17	7,174.34	74,177.54	460.37	106,569.11	5,119.26	101,449.84

Se realiza la comparación entre la tabla 18 y tabla 17 para determinar el porcentaje de ahorro de material de acuerdo con cada partida de movimiento de tierra. La cual se podrá visualizar en la tabla 19.

Tabla 19: Comparación en porcentajes de ahorro total con el uso del Autodesk.

Progresiva	TIPO DE SUELO	Distancia	VOLUMEN DE CORTE (M3)			TOTAL	TOTAL	DE E.N.	DE E.C.	ELIMI
			MATERIAL	ROCA	ROCA	VOLUMEN	VOLUMEN	A E.S.	A E.S.	NACION
			SUELTO	SUELTA	FIJA	CORTE (M3)	RELLENO			
0+000-15+000	1	15 KM	29,703.07	47,383.15	8,061.06	85,147.28	4,185.14	121,101.26	5,817.34	115,283.91
0+000-15+000	1	15 KM	25,841.67	41,697.17	7,174.34	74,177.54	3,724.77	106,569.11	5,119.26	101,449.84
AHORRO			3,861.40	5,685.98	886.72	10,969.74	460.37	14,532.15	698.08	13,834.07
% DE AHORRO			13%	12%	11%	13%	11%	12%	12%	12%

Navisworks.

También, por las soluciones planteadas, el desarrollo de los muros de contención en las progresivas en conflicto, se calculó un total de 90 metro, en la tabla 20, se adjunta el detalle del presupuesto de los muros de contención, de acuerdo al diseño de muros planteado (Ver Anexo 04).

Tabla 20: Presupuesto detallado de 90 metros lineales de muros de contención

MUROS DE CONTENCIÓN	UND	METRADO	P.U	PARCIAL S/.
EXCAVACION ESTRUCTURAL, RENDIMIENTO 35 M3/DIA	m3	2661	36.09	96,035.49
RELLENO MATERIAL PROPIO	m3	129.06	33.63	4,340.29
CONCRETO CICLOPEO F'C= 140 KG7CM2 + 70 %PM	m3	266.09	239.67	63,773.79
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	760.32	52.44	39,871.18
JUNTA DE CONSTRUCCION CON TECNOPOR	m2	96.1	32.10	3,084.81
COSTO DIRECTO				207,105.56
GASTOS GENERAL			12%	24,852.67
UTILIDAD			7%	14,497.39
SUB TOTAL				246,455.62
IGV			18%	44,362.01
TOTAL				S/ 290,817.63

De acuerdo a la tabla anterior, el monto del total de los muros de contención para el sostenimiento de los taludes en conflicto es de *DOS CIENTOS NOVENTA MIL OCHOCIENTOS DICISIETE CON 00/63 SOLES*.

5.3 OBJETIVO 3º: Definición de actividades para la organización y elaboración del cronograma de obra

De acuerdo con (Hardin, 2015), si bien las herramientas BIM están siendo involucradas en todo el proceso de diseño y cálculos de la carretera. Hoy en día la implementación del concepto BIM en la etapa de operación y mantenimiento es poco a nula.

Cuando los proyectos están siendo involucrados con este tipo de metodología, la planificación y gestión se desarrolló con un mejor control, donde se cuantificará los tiempos y recursos.

Para el desarrollo de este proyecto la programación de las actividades de realizará mediante el uso del software Autodesk Navisworks, la cual se integrará el modelo digital con las tareas necesarias para la carretera. La planificación de la carretera será mediante la ejecución del solido creado en el Navisworks, para su gestión dinámica de este mismo al momento de la construcción de la carretera. El sólido está constituido por la Sub Base Granular, Base Granular, Pavimento 1, Pavimentos 2 e incluidos las cunetas que se encuentran en la periferia de la carretera. En la Figura 67 se observa la data de la programación en la parte inferior y en la parte superior el salido modelado.

Figura 67: La programación de las actividades para el corredor Final de la carretera, por Autodesk Navisworks.

La programación actividades puede ser importadas desde programas como el Ms Project, Primavera P6 y en Excel en formato CSV. Las labores deben de ser vinculadas con los elementos del solido modelado.

Cuando se tenga vinculada las actividades con el diseño del modelado se puede generar una simulación de acuerdo con el tiempo de trabajo previamente estudiado y analizado, en la cual tuvieron que tomarse en cuenta los costos y detalles de cada elemento de la carretera.

Figura 68: Simulación de la capa Sub Base del corredor, por Autodesk Naviswork (2018).

En la Figura 68, se puede observar la simulación de la capa Sub Base en la parte superior, en la cual también se puede apreciar en la parte superior izquierda la fecha, día y semana de la realización de esta capa.

En la Figura 69, se está representando el ciclo de la programación de acuerdo al cronograma de las capas (SubBase, Base, Pavimento1, Pavimento 2 y taludes).

Figura 69: Ciclo de la simulación de las actividades para realización de cada capa del tramo, por Autodesk Navisworks (2018).

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES OBJETIVO 1°

- Con el uso de la herramienta Autodesk Infravorks y RTK, se puede crear superficies mucho más rápido y exacto. (Superficie TIN, curvas de nivel), el cual este estos proporcionan datos precisos para el desarrollo de la geometría de la vía, a su vez, esta información desarrollada permite encontrar interferencias para posteriormente analizar y clasificar, de acuerdo a criterio de cada especialista.
- Se logra ubicar 17 conflictos a lo largo del tramo de la carretera PUENTE TECHIN - CRUCE CHIRIMOYO las cuales en su mayoría están dadas por la interferencia de taludes que se generan a lo largo de la carretera.
- Pueden existir más conflictos si se adiciona más especialidades que involucran una carretera, para este caso se realiza el conflicto entre el diseño geométrico con el terreno.
- Estas herramientas BIM pueden generar diversos reportes de interferencias, va a depender del alcance que requiera el usuario. Se tiene que clasificar y detallar los elementos que se pretende desarrollar, para obtener las colisiones entre estos.
- La gestión BIM tiene como principal característica la fácil visualización e interpretación de las interferencias para todos los especialistas involucrados en el desarrollo de la carretera.
- En el proceso de modelamiento el cadista BIM genera interrogantes y observaciones más claras y precisas a los especialistas, obteniendo respuestas más rápidas y entendible, generando ahorro de tiempo y mitigando el error de un mal modelado por mala comunicación.
- La comunicación entre especialistas en este tipo de gestión BIM es buena y fluida, generando un clima laboral óptimo, la cual se ve reflejado en la productividad de cada uno de ellos.
- En el proceso de revisar las interferencias encontradas, los especialistas se ven comprometidos en buscar una solución en conjunto, ya que cada uno ve reflejado su

especialidad en un solo modelado, esto quiere decir que el objetivo y compromiso es el mismo para todos.

6.2 CONCLUSIONES OBJETIVO 2°

- La gestión BIM da la posibilidad de armar un equipo dinámico, participativo y comprometido con una misma causa, para la solución de conflictos. Los coordinadores de cada especialidad tienen la oportunidad de debatir y proponer ideas, de acuerdo al modelado 3D, estos a su vez refleja a las especialidades en un mismo conjunto, facilitando a los especialistas la visión de la relación dependiente o independiente que tiene su especialidad con las otras, generando mejores ideas, ya que serán contributivas para el proyecto y no solo para su especialidad.
- El uso de Herramientas BIM para modelos 3D Y 4D permite evaluar los proyectos viales de manera meticulosa y ordenada, teniendo en cuenta parámetros, normas que permitan ser desarrolladas de manera eficaz. Con estas herramientas se tiene la capacidad de evaluar distintos enfoques que se plantean como solución, de la cual se elige, el más óptimo, de acuerdo a los intercambios de ideas de los coordinadores de cada especialidad.
- El movimiento Total de tierra antes de solucionar las interferencias es de 85,147.28 m³ de corte de terreno, después de solucionar las interferencias con las herramientas BIM, se tiene un resultado de 74,177.54 m³ de corte en total. En la tabla 19, se muestra el resumen de este comparativo, el cual hubiese significado un ahorro del 13% en volumen de corte.
- De punto anterior, con la misma lógica, se analiza el volumen de relleno, el cual se calcula 4,185.14 m³ antes de solucionar las interferencias, luego de la solución el volumen es de 3,724.77 m³, convirtiéndose en un 11% de ahorro de materiales.
- Del mismo modo, se analizó el volumen de eliminación, al inicio fue de 115,823.91 m³, después de la solución es de 101,449.84 m³, el cual refleja un 12% de optimización de materiales.
- De los tres puntos anteriores, se concluye que en general en el proceso se optimizó un total del 12% en materiales, el cual genera un ahorro no solo de material sino de

mano de obra, recursos, insumos, el cual se resumen en optimización de tiempo y dinero.

- En el expediente original no detalla las construcciones de los muros de contención para los cuatro conflictos que tienen la particularidad de tener suelo suelto. El presupuesto de la construcción de los muros de contención en las progresivas ya señaladas, es de s/. 290, 17.63 soles, por un total de 90 metros lineales, de acuerdo al diseño planteado, si estos no se hubiesen prevenido en la etapa de planificación, en la etapa operativa ocasionaría retrasos en el cronograma de obra, además de gastos directos e indirectos.
- De lo anterior, este se puede gestionar como un adicional al expediente, ya que no se detalla, pero esto genera un desgaste contractual entre el contratista y supervisor, por el contrario, esta relación debe de ser buena para cumplir con el objetivo mas importante, que es entregar el proyecto a tiempo y con el presupuesto planificado.
- Con las soluciones ya planteadas, el contratista puede usar estas herramientas para el mejor entendimiento de los sub contratistas y personal obrero. De esta forma, se realizó la construcción de los muros de sostenimientos, obteniendo como resultados, un diseño claro y dinámico, y desarrollo del elemento con rapidez y de calidad.
- Una clara ventaja de esta gestión es la claridad del expediente que se puede heredar a otro contratista o supervisor que deba de continuar el proyecto, por su facilidad de entendimiento el riesgo de pérdida de tiempo en comprender el alcance y la calidad, prácticamente se mitiga con este expediente.

6.3 CONCLUSIONES OBJETIVO 3°

- El seguimiento del diseño es dinámico, con detalles de fecha, hora y semana, de acuerdo con la programación de las actividades de la carretera.
- Con estas herramientas se tienen la facilidad de sectorizar las vías de acuerdo a los progresivas planteadas, para poder llevar un control de avance de obras dinámico y ordenado, el cual facilita en la comunicación entre contratista y supervisor.
- Con estas herramientas se puede verificar en tiempo real cada conflicto encontrado, ya que estos pertenecen a la ruta crítica del avance de obra.

- En la etapa del cronograma se realiza una comparación de fecha de culminación, entre el cronograma antes de la solución de interferencias y después de ello. Para la comparación se considera tres etapas, movimiento de tierra (66 días), base y sub base granular (48 días) y pavimientos asfálticos (46 días). De acuerdo al cronograma de avance de obra, se estima la fecha de culminación en la semana 32, miércoles 24 de abril del 2019. Luego en el software, con la identificación y solución de las interferencias, se ejecuta la corrida en la herramienta Navisworks, en comparación con la anterior y considerando los mismos factores, se concluye el proyecto en la semana 29, martes 2 de abril del 2019. En conclusión, en comparación cronológicas, se realizará el proyecto en 22 días menos, de acuerdo al comparativo entre lo planificado inicialmente (según el expediente técnico) y lo que hubiese sido planificado con las herramientas BIM.
- Esta herramienta genera muchas ventajas en tema de entendimiento de obra para los sub contratistas, ya que, al presentar un cronograma dinámico en una reunión de obra, estos tienen el alcance claro, lo cual no genera tiempos muertos de interrogantes en el transcurso de la ejecución.
- El cronograma dinámico, tienes la facultad de prevenir problemas logísticos, como, por ejemplo, la ubicación de materiales, ubicación de acarreo, ubicación de desmonte, etc. De acuerdo a este cronograma, es factible realizar un cronograma de adquisiciones, evitando aglomeración y falta de espacio en el trayecto.

6.4 RECOMENDACIONES

- Por lo expuesto en este proyecto, se puede apreciar que el estado peruano aún trabaja sus expedientes técnicos con herramientas 2D, sin la integración de las especialidades que involucra un proyecto vial, ocasionando un expediente con muchos vacíos y errores, ya comprobados en esta tesis. Por todo lo anterior, se recomienda la implementación de la gestión BIM en los proyectos viales del Perú.
- El uso de los softwares BIM pueden ser usados no solo en la etapa de planificación, sino también en la etapa operativa, para el buen seguimientos y acompañamiento del proyecto, ya que en toda existe cambios de entregables o alcance, de acuerdo a las coyunturas que se puedan presentar en el momento.

- En otras partes del mundo se vienen desarrollando proyectos con contratos colaborativos, en las cuales el uso de las herramientas BIM cumple un factor importante en el diseño, planificación y construcción del proyecto. Lo ideal es promover estos tipos de contratos colaborativos, implementando de forma gradual todos los niveles BIM en los proyectos viales.
- Lo más recomendable es la implementación que exista una normativa para el uso del BIM en estos tipos de proyectos, en consecuencia, estos ocasionarán que los profesionales tengan que capacitarse e innovar en su forma de trabajo, con el objetivo de mejorar la calidad de las obras viales.
- La implementación de un área BIM en el proyecto necesita de una capacitación técnica adecuada, no se debe de calificar como un gasto, por el contrario, como una inversión a la calidad del proyecto, luego de la implementación se reflejará las optimizaciones ya comprobadas en estas tesis.
- En el Perú la ejecución de obras viales no goza de buena reputación, ya que, en su mayoría, se sobre pasa el presupuesto inicial y no se llega al tiempo de entrega planificado al inicio. La gestión BIM es la planificación del proyecto, es una alternativa para esta problemática, cumpliendo los acuerdos planificados.
- La falta del conocimiento técnico de un personal no capacitado para leer un plano en 2D, hace que estos no se sientan involucrados en las posibles soluciones de los conflictos encontrados en las obras. Las herramientas BIM poseen imágenes 3D, el cual se hace más entendible, por consiguiente, el personal no profesional exprese sus ideas para dar soluciones u mejoras de un proceso en cada etapa de la carretera.
- En esta investigación se dio a conocer el uso de las herramientas BIM, para este caso se desarrolló el proyecto con software de la empresa Autodesk, pero las herramientas BIM hoy en día tienen una variedad alta de softwares, el cual dependerá de la característica del proyecto y de los usuarios que interactuarán con estos.

REFERENCIAS

- Acuña Correa, F. (2016). *APLICACIÓN DE MODELO BIM PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL*. Ecuador.
- Alarcon , L. F., & Mardones, D. A. (1998). *Clasificacion de defectos*. Santiago de Chile: Proceedings IGLC.
- Alcántara Portal, V. F. (2016). *AutoCaD CIVIL 3D - 2016 (Nivel Basico)*. Cajamarca-Peru.
- AUTODESK. (2017). *INFRAWORKS, CIVIL 3D, NAVISWORKS*. Recuperado el 10 de OCTUBRE de 2017, de <https://www.autodesk.com/products/autocad-civil-3d/overview#>
- Burcin Becerik-Gerber, A. (s.f.). *Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management*. Recuperado el 07 de Setiembre de 2017, de <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000433>
- Cabinet Office and Infrastructure and Projects Authority. (Marzo de 23 de 2016). *Government Construction*. Recuperado el 26 de Setiembre de 2017, de <https://www.gov.uk/government/publications/government-construction-strategy-2016-2020>
- Chong, H. Y., Lopez, R., Wang, J., Wang, X., & Zhao, a. Z. (2016). *Comparative Analysis on the Adoption and Use of BIM in Road Infrastructure Projects*. Recuperado el 07 de Setiembre de 2017
- CORREA, F. X. (2016). *APLICACIÓN DE MODELO BIM PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL*. Ecuador. Recuperado el 07 de Setiembre de 2017
- Hardin, B. (2015). *BIM and Constrctions Management (segunde d.)*. Indianapolis. Indiana, Estados Unidos: Sybex. Recuperado el 07 de Setiembre de 2017
- Hill, M. (2008). *Building Information Modeling*. Recuperado el 07 de Setiembre de 2017, de [Https://synchold.com/newsletters/Business%20Value%20Of%20BIM%20In%20Global%20Markets%202014.pdf](https://synchold.com/newsletters/Business%20Value%20Of%20BIM%20In%20Global%20Markets%202014.pdf)
- Jie Wang, G. L. (2014). Automatic high-fidelity 3D road network modeling based on 2D GIS data. *Advances in Engineering Software*, 12. Recuperado el 07 de Setiembre de 2017, de <http://www.elsevier.com/locate/advengsoft>

- Kymmell, w. (2008). *Building Information Modeling: Planing and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations*. . Mexico: McGraw Hill.
- Landicho, J. A. (2016). *A web-based geographical project monitoring and information system for the road and highways*. Elservier. Recuperado el 07 de Setiembre de 2017
- MacLeamy, P. (2004). *Code BIM*. Recuperado el 07 de Setiembre de 2017, de <http://codebim.com/wp-content/uploads/2013/06/CurtCollaboration.pdf>
- McGraw Hill Construction . (s.f.).
- McGraw Hill Construction. (2013). The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets. Recuperado el 26 de Setiembre de 2017, de <https://www.synchroltd.com/newsletters/Business%20Value%20Of%20BIM%20In%20Global>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC . (2014). *MANUAL DE CARRETERAS DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2014*. Perú.
- MTC, M. d. ((2016- 2017)). *Informe De Seguimiento POI*. MTC. Recuperado el 07 de Setiembre de 2017, de <http://www.proviasnac.gob.pe/frmPlanesyPresupuestos.aspx?idmenu=127>
- MTC, Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2016). *REGLAMENTO NACIONAL DE VEHICULOS*.
- MTC, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2011). *Estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera LIMA - CANTA - LA VIUDA- UNISH . TRAMO LIMA- CANTA*.
- NACIONAL, P. (2011). *Expediente tecnico LIMA- CANTA*. LIMA. Recuperado el 07 de Setiembre de 2017, de <http://www.proviasnac.gob.pe/>
- ORIHUELA, P., & Jorge, O. (s.f.). *“Aplicaciones de Lean Design a Proyectos Inmobiliarios*. Recuperado el 07 de Setiembre de 2017, de <http://www.motiva.com.pe/Articulos/Lean%20Design%20en%20Proyectos%20Inmobiliarios.pdf>
- Picchi, F. A. (1993). *Sistemas de qualidade: uso em empresas de construcao de edificios*. Sao paulo, Brazil.

- Puente Sanchez, E. (7 de Junio de 2016). BIM EN INFRAESTRUCTURAS LINEALES. *es.BIM*, 20.
- Sanchez, E. P. (2016). *IM en infraestructuras lineale*. España. Recuperado el 07 de Setiembre de 2017
- Solomon Olusola Babatunde, S. P. (2017). *Analysis of traffic revenue risk factors in BOT road projects in developing*. Elsevier. Recuperado el 07 de Setiembre de 2017
- Strategy, G. C. (2016, Marzo 23). *BIM (Cabinet Office and Infrastructure an Projects Authority*. . Recuperado el 07 de Setiembre de 2017, de <https://www.gov.uk/government/publications/government-construction-strategy-2016-2020>
- Suchocki, M. (2014). *BIM for Infrastruture Is Civil engineering facing an age of extinction?* Recuperado el 07 de Setiembre de 2017, de http://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/solutions/pdf/age_of_extinction.pdf
- Youcef J-T. Zidanea, B. A. (2016). *“Need for Speed”: framework for measuring construction project pace – case of road project*. Social and Behavioral Sciences. Recuperado el 12 de Setiembre de 2017, de <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

ANEXOS

ANEXO 1: MANUAL DE CARRETERAS DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2014

El tipo de vehículo de diseño considerado es el tipo de vehículo T3S2, sus características son la siguiente tabla 1

Tabla 1 Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras (Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC , 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

Tabla 2 Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por la demanda y orografía. (MANUAL DE CARRETERAS DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2014, 2014)

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75
70	105	110	116	124	100	97	93
80	130	136	144	154	123	118	114
90	160	164	174	187	148	141	136
100	185	194	207	223	174	167	160
110	220	227	243	262	203	194	186
120	250	283	293	304	234	223	214
130	287	310	338	375	267	252	238

Tabla 3: Distancia de visibilidad de parada (metros) (MANUAL DE CARRETERAS DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2014, 2014)

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	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											

El siguiente Tabla 3 muestra el cálculo de las Dp según a la velocidades y pendientes longitudinales.

Tabla 4: Longitud de tramos en tangente (MANUAL DE CARRETERAS DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2014, 2014)

V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Tabla 5: Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras en zona rural.

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área rural (plano u ondulada)	30	8,00	0,17	28,3	30
	40	8,00	0,17	50,4	55
	50	8,00	0,16	82,0	90
	60	8,00	0,15	123,2	135
	70	8,00	0,14	175,4	195
	80	8,00	0,14	239,1	255
	90	8,00	0,13	303,7	335
	100	8,00	0,12	393,7	440
	110	8,00	0,11	501,5	560
	120	8,00	0,09	667,0	755
	130	8,00	0,08	831,7	950

- Relación de peraltes, radios y velocidad específica de diseño

Tabla 6: Longitud mínima de curva de transición (MANUAL DE CARRETERAS
DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2014, 2014)

Velocidad Km/h	Radio mín. m	J m/s ³	Peralte máx. %	A mín. m	Longitud de transición (L)	
					Calculada m	Redondeada M
30	24	0,5	12	26	28	30
30	26	0,5	10	27	28	30
30	28	0,5	8	28	28	30
30	31	0,5	6	29	27	30
30	34	0,5	4	31	28	30
30	37	0,5	2	32	28	30
40	43	0,5	12	40	37	40
40	47	0,5	10	41	36	40
40	50	0,5	8	43	37	40
40	55	0,5	6	45	37	40
40	60	0,5	4	47	37	40
40	66	0,5	2	50	38	40
50	70	0,5	12	55	43	45
50	76	0,5	10	57	43	45
50	82	0,5	8	60	44	45
50	89	0,5	6	62	43	45
50	98	0,5	4	66	44	45
50	109	0,5	2	69	44	45
60	105	0,5	12	72	49	50
60	113	0,5	10	75	50	50
60	123	0,5	8	78	49	50
60	135	0,5	6	81	49	50
60	149	0,5	4	86	50	50
60	167	0,5	2	90	49	50
70	148	0,5	12	89	54	55

Tabla 7: Factor de reducción del sobreancho para anchos de calzada en tangente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC , 2014)

Radio (R) (m)	Factor de reducción	Radio (R) (m)	Factor de reducción
25	0.86	90	0.60
28	0.84	100	0.59
30	0.83	120	0.54
35	0.81	130	0.52
37	0.8	150	0.47
40	0.79	200	0.38
45	0.77	250	0.27
50	0.75	300	0.18
55	0.72	350	0.12
60	0.70	400	0.07
70	0.69	450	0.08
80	0.63	500	0.05

ANEXO 2: CONFLICTOS ENCONTRADOS POR EL AUTODESK NAVISWORKS EN EL TRAMO 0+000-15+000 KM

Nombre

Distancia

Descripción

Estado

Punto de conflicto

Fecha de creación

Conflicto1

-0.789m

Estático

Nuevo

321944.578m, 8732169.814m, 2584.305m

2018/5/1 05:40

Elemento 1

Identificador de entidad

Capa

Ruta

Elemento Nombre

Elemento Tipo

BB

SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum

Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum ->BODY

SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum

BODY

Elemento 2

Identificador de entidad

Capa

Ruta

Elemento Nombre

Elemento Tipo

CB

SOLIDS - CORREDOR FINAL - SubBase

Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - SubBase ->Sólido 3D

SOLIDS - CORREDOR FINAL - SubBase

Sólido 3D

Nombre	Conflicto2
Distancia	-0.589m
Descripción	Estático
Estado	Nuevo
Punto de conflicto	321945.173m, 8732169.623m, 2584.623m
Fecha de creación	2018/5/1 05:40

Elemento 1

Identificador de entidad	BB
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum
Ruta	Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum ->BODY
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum
Elemento Tipo	BODY

Elemento 2

Identificador de entidad	CA
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Base
Ruta	Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Base ->Sólido 3D
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Base
Elemento Tipo	Sólido 3D

Nombre	Conflicto3
	Distancia	-0.492m
	Descripción	Estático
	Estado	Nuevo
	Punto de conflicto	321938.192m, 8732162.970m, 2583.955m
	Fecha de creación	2018/5/1 05:40
Elemento 1		
Identificador de entidad	BB	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum	
Ruta	Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum ->BODY	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum	
Elemento Tipo	BODY	
Elemento 2		
Identificador de entidad	CF	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - SubBase	
Ruta	Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - SubBase ->Sólido 3D	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - SubBase	
Elemento Tipo	Sólido 3D

Nombre	Conflicto7
	Distancia	-0.327m
	Descripción	Estático
	Estado	Nuevo
	Punto de conflicto	321945.257m, 8732168.957m, 2584.903m
	Fecha de creación	2018/5/1 05:40
Elemento 1		
Identificador de entidad	BB	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum	
Ruta	Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum ->BODY	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum	
Elemento Tipo	BODY	
Elemento 2		
Identificador de entidad	C9	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Pave2	
Ruta	Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Pave2 ->Sólido 3D	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Pave2	
Elemento Tipo	Sólido 3D

Nombre

Distancia

Descripción

Estado

Punto de conflicto

Fecha de creación

Conflicto8

-0.284m

Estático

Nuevo

321945.147m, 8732168.824m, 2584.948m

2018/5/1 05:40

Elemento 1

Identificador de entidad

Capa

Ruta

Elemento Nombre

Elemento Tipo

BB

SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum

Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum ->BODY

SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum

BODY

Elemento 2

Identificador de entidad

Capa

Ruta

Elemento Nombre

Elemento Tipo

C8

SOLIDS - CORREDOR FINAL - Pave1

Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Pave1 ->Sólido 3D

SOLIDS - CORREDOR FINAL - Pave1

Sólido 3D

Nombre	Conflicto9
Distancia	-0.282m
Descripción	Estático
Estado	Nuevo
Punto de conflicto	321919.689m, 8732164.688m, 2574.896m
Fecha de creación	2018/5/1 05:40

Elemento 1

Identificador de entidad

Capa

Ruta

Elemento Nombre

Elemento Tipo

EF

SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum

Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum ->BODY

SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum

BODY

Elemento 2

Identificador de entidad

Capa

Ruta

Elemento Nombre

Elemento Tipo

BB

SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum

Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum ->BODY

SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum

BODY

Nombre	Conflicto10
	Distancia	-0.282m
	Descripción	Estático
	Estado	Nuevo
	Punto de conflicto	321934.161m, 8732156.967m, 2585.983m
	Fecha de creación	2018/5/1 05:40
Elemento 1		
Identificador de entidad	88	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum	
Ruta	Archivo ->3D SOLID UMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum ->BODY	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum	
Elemento Tipo	BODY	
Elemento 2		
Identificador de entidad	00	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Slope_Link	
Ruta	Archivo ->3D SOLID UMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Slope_Link ->BODY	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Slope_Link	
Elemento Tipo	BODY

Nombre	Conflicto11
	Distancia	-0.141m
	Descripción	Estático
	Estado	Nuevo
	Punto de conflicto	321946.978m, 8732170.259m, 2585.110m
	Fecha de creación	2018/5/1 05:40
Elemento 1		
Identificador de entidad	88	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum	
Ruta	Archivo ->3D SOLID UMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum ->BODY	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum	
Elemento Tipo	BODY	
Elemento 2		
Identificador de entidad	78	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Pave1	
Ruta	Archivo ->3D SOLID UMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Pave1 ->Sólido 3D	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Pave1	
Elemento Tipo	Sólido 3D

Nombre	Conflicto12
	Distancia	-0.094m
	Descripción	Estático
	Estado	Nuevo
	Punto de conflicto	321946.797m, 8732170.213m, 2585.056m
	Fecha de creación	2018/5/1 05:40
Elemento 1		
Identificador de entidad	88	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum	
Ruta	Archivo ->3D SOLID UMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum ->BODY	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum	
Elemento Tipo	BODY	
Elemento 2		
Identificador de entidad	78	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Pave2	
Ruta	Archivo ->3D SOLID UMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Pave2 ->Sólido 3D	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Pave2	
Elemento Tipo	Sólido 3D

Nombre	Conflicto13
	Distancia	-0.047m
	Descripción	Estático
	Estado	Nuevo
	Punto de conflicto	321946.620m, 8732170.168m, 2585.001m
	Fecha de creación	2018/5/1 05:40
Elemento 1		
Identificador de entidad	88	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum	
Ruta	Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum ->BODY	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Daylight_Daylight_Fill_Datum	
Elemento Tipo	BODY	
Elemento 2		
Identificador de entidad	7D	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Base	
Ruta	Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Base ->Sólido 3D	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Base	
Elemento Tipo	Sólido 3D

Nombre	Conflicto14
	Distancia	-0.009m
	Descripción	Estático
	Estado	Nuevo
	Punto de conflicto	322038.782m, 8732239.530m, 2599.934m
	Fecha de creación	2018/5/1 05:40
Elemento 1		
Identificador de entidad	84	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - SubBase	
Ruta	Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - SubBase ->Sólido 3D	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - SubBase	
Elemento Tipo	Sólido 3D	
Elemento 2		
Identificador de entidad	85	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Slope_Link	
Ruta	Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Slope_Link ->BODY	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Slope_Link	
Elemento Tipo	BODY

Nombre	Conflicto15
	Distancia	-0.002m
	Descripción	Estático
	Estado	Nuevo
	Punto de conflicto	322051.126m, 8732247.145m, 2601.543m
	Fecha de creación	2018/5/1 05:40
Elemento 1		
Identificador de entidad	CF	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - SubBase	
Ruta	Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - SubBase ->Sólido 3D	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - SubBase	
Elemento Tipo	Sólido 3D	
Elemento 2		
Identificador de entidad	00	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Slope_Link	
Ruta	Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Slope_Link ->BODY	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Slope_Link	
Elemento Tipo	BODY

Nombre	Conflicto16
	Distancia	-0.002m
	Descripción	Estático
	Estado	Nuevo
	Punto de conflicto	322046.313m, 8732237.817m, 2601.881m
	Fecha de creación	2018/5/1 05:40
Elemento 1		
Identificador de entidad	82	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Pave2	
Ruta	Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Pave2 ->Sólido 3D	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Pave2	
Elemento Tipo	Sólido 3D	
Elemento 2		
Identificador de entidad	85	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Slope_Link	
Ruta	Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Slope_Link ->BODY	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Slope_Link	
Elemento Tipo	BODY

Nombre	Conflicto17
	Distancia	-0.002m
	Descripción	Estático
	Estado	Nuevo
	Punto de conflicto	322049.833m, 8732235.975m, 2602.597m
	Fecha de creación	2018/5/1 05:40
Elemento 1		
Identificador de entidad	83	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Base	
Ruta	Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Base ->Sólido 3D	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Base	
Elemento Tipo	Sólido 3D	
Elemento 2		
Identificador de entidad	85	
Capa	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Slope_Link	
Ruta	Archivo ->3D SOLID LIMA - CANTA.dwg ->SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Slope_Link ->BODY	
Elemento Nombre	SOLIDS - CORREDOR FINAL - Top_Slope_Link	
Elemento Tipo	BODY	

ANEXO 3: ESTUDIO DE SUELOS DEL PROYECTO MEJORAMIENTO DEL
CAMINO VECINAL PUENTE TECHIN- CRUCE CHIRIMOYO.

WALTER MORALES UCHOFEN.
CIP N° 21675
Av. Jhon Kennedy N°665 – Urb. Fco. Bolognesi – J.L.O.
Celular 94 9 879316

INFORME TECNICO

SOLICITADO	: Ing. LENIN ALFONSO PEREZ GUEVARA.
PROYECTO	: <i>DISEÑO DE AFIRMADO PROYECTO MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL PUENTE TECHIN- CRUCE CHIRIMOYO.</i>
UBICACIÓN	: DISTRITO DE QUEROCOTILLO- PROVINCIA DE CUTERVO-R. CAJAMARCA.
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2018.

CHICLAYO - PERU

INFORME TECNICO

01.- GENERALIDADES.-

A solicitud de interesado, se ha procedido a la elaboración del presente Informe Técnico correspondiente al Cálculo de la capacidad portante en la zona donde se Realizará El Proyecto Mejoramiento del Camino Vecinal Puente Techin – Cruce Chirimoyo, Distrito de Querocotillo, Provincia de Cutervo – Región Cajamarca.

Para la realización del presente informe se ha contado con los resultados de los ensayos de mecánica de suelos, según informe de SEPESPEM, ver Informe, en Anexo.

02.- PROYECTO.-

Proyecto Mejoramiento del Camino Vecinal Puente Techin – Cruce Chirimoyo,
Distrito de Querocotillo, Provincia de Cutervo – Región Cajamarca.

04.- OBJETIVO.-

El objetivo principal que persigue el presente Informe , es el de determinar las características Físicas y de resistencia del material muestreado , en el ámbito que comprende El Caserio Puente Techin, Huancas, Moshoqueque, El molino, Tomate, Minas, Sillangate, Succha, Shilla, Chirimoyo, desde el Km 0+000 al Km 57+955.33, debiéndose realizar la clasificación de Suelos para uso vial - según la clasificación por su IMD como Sistema Vecinal- según las especificaciones de la AASHTO y presentar los espesores del afirmado a utilizar en zona de proyecto. Se cuenta con el Informe del Laboratorio de Mecánica de suelos, que se adjunta en Anexo.

05.- ENSAYOS REALIZADOS.-

- *Análisis granulométrico* *AASHTO T88-70.*
- *Límite Líquido* *ASTM -D423-66, AASHTOT-89-68*
- *-Límite Plástico* *ASTM -D424-59.*
- *CBR*..... *AASHTO T193-63.*
- *PROCTOR MODIFICADO*..... *AASHTO T-180 D*
- *ABRASION(Método desgaste los angeles)*
También se ha incluido el ensayo de contenido de humedad natural.

06.-CARACTERISTICA DE LA ESTRATIGRAFIA.-

En los 57 +955.33 Km., se ha realizado el muestreo de suelos en 117 Calicatas, en promedio 1 calicata cada $\frac{1}{2}$ Kilometro. El muestreo se ha realizado hasta una profundidad de 1.50 m. Tomado 120 muestras. En cuadro C-1, se indica el material predominante.

De igual manera se cuenta con resultados de ensayos a muestras de Canteras El Morero, a 3 Km. Del cruce Chirimoyo, De la cantera Capa Rosa en Progresiva Km 31+844 y de la cantera Sillangate en Progresiva Km 39+600.

C – 1 Resultado de Clasificación SUCS :Material predominante.

SUCS	N°MUESTRAS	%	RANGO : CBR
GC	43	35.8	10.56% - 25.80%
SC	23	19.2	5.40% - 12.70%
CL	21	17.5	3.85% - 6.40%
CH	16	13.3	3.70% - 4.70%
GW-GM	6	5.00	10.10% - 30.00%
MH	6	5.00	3.85% - 4.23%

Características de la Sub rasante (Clasificación SUCS y CBR):

Analizando la información de resultados del estudio geotécnico a las muestras tomadas insitu en diversos puntos identificados por su respectiva progresiva, se ha realizado una tabulación donde se aprecia el rango de variación del CBR (Cuadro C-2) entre las progresivas respectivas del proyecto en estudio y la longitud de influencia, con su respectivo valor a considerar de CBR para los tramos referidos.

C – 2 Rango de variación del CBR.

Progresiva	Rango CBR	Longitud Influencia, m	CBR de Diseño	sucs
Km 0+000-Km1+250	23.02% - 24.34%	1230(SR-MB)	23.02%	GC
Km1+250-Km 1+750	4.80%	500(SR-P)	4.80%	CL
Km1+750-Km2+600	23.20%	850(SR-MB)	23.20%	GC
Km2+600-Km3+600	4.28% - 5.40%	1000(SR-P)	4.28%	CL, SC
Km3+600-Km5+250	10.56% - 26.70%	1650(B-MB)	10.56%	SM, GC
Km5+250-Km8+750	3.70% - 16.50%	3500	3.70%	SC, GC
Km8+750-Km9+600	17.40% - 30.0%	850(B-MB)	17.40%	GW-GM, GC
Km9+600-Km10+600	3.85% - 3.90%	1000(SR-P)	3.85%	CH
Km10+600-Km12+600	11.70% - 21.40%	2000(B-MB)	11.70%	GC

WALTER MORALES UCHOFEN.
CIP N° 21675
Av. Jhon Kennedy N°665 – Urb. Fco. Bolognesi – J.L.O.
Celular 94 9 879316

Km12+600-Km13+200	4.48%	600(SR-P)	4.48%	CL
Km13+200-Km15+700	15.50% - 17.20%	2500(SR-B)	15.50%	GC
Km15+700-Km16+300	4.55%	600(SR-P)	4.55%	CL
Km16+300-Km17+700	17.30% - 18.50%	1400(SR-B)	17.30%	GC
Km17+700-Km19+300	3.87% - 19.00%	1600(SR-P-B)	3.87%	CL, GC
Km19+300-Km20+250	16.20% - 18.90%	950(SR-B)	16.20%	GC
Km20+250-Km22+700	3.85% - 28.10%	2450	3.85%	CL, SC, SM- SC, GC
Km22+700-Km23+700	19.00% - 20.75%	1000(SR-B)	19.00%	GC
Km23+700-Km24+750	3.93% - 4.10%	1050(SR-P)	3.93%	CL
Km24+750-Km27+100	12.60% - 22.25%	2350(B-MB)	12.60%	SC, GC, GM
Km27+100-Km27+800	4.14%	700(SR-P)	4.14%	CH
Km27+800-Km28+750	12.55% - 33.00%	950(B-MB)	12.55%	SC, GC
Km28+750-Km29+750	4.07% - 4.13%	1000(SR-P)	4.07%	CL
Km29+750-Km30+750	17.80% - 32.60%	1000(B-MB)	17.80%	GC

Progresiva	Rango CBR	Longitud Influencia. m	CBR de Diseño	suces
Km 30+750-Km31+250	3.9%	500(SR-P)	3.9%	CL
Km31+250-Km 32+900	11.80%-48.28%	1650(B-MB)	11.80%	SC, GC
Km32+900-Km35+600	3.85%- 9.05%	2700(P-R)	3.85%	CL, SC, MH, CH
Km35+600-Km35+840	13.90%	240(SR-B)	13.90%	SC, GC
Km35+840-Km36+800	3.85%-4.12%	960(SR-P)	3.85%	CL, CH
Km36+800-Km37+250	10.56%	450(SR-R)	10.56%	GC
Km37+250-Km39+250	3.96%-4.55%	2000(SR-P)	3.96%	CL, CH
Km39+250-Km41+250	7.60%-19.20%	2000(R-B)	7.60%	SC, GC, CH
Km41+250-Km41+750	18.50%	500(SR-B)	18.50%	GC
Km41+750-Km44+750	3.58%-13.40%	3000(P-B)	3.58%	CL, MH, SC, GC
Km44+750-Km45+250	24.80%	500(SR-MB)	24.80	GW-GM
Km45+250-Km46+250	4.13%-6.60%	1000(P-R)	4.13%	CH, MH, SC
Km46+250-Km55+750	9.98%-27.50%	9600(R-MB)	9.98%	GW-GM, SW- SM, SC, GP
Km55+750-Km57+923	3.70%-19.20%	2173(P-B)	3.70%	CL, CH, GC

Donde:

SR : Sub rasante.

P : Pobre.

R : Regular

B : Bueno

MB: Muy Bueno

En zona de estudio(cuadro C – 3) a nivel AASHTO predominan los siguientes suelos:

C – 3 PREDOMINIO DE MATERIAL EN TRAMO DE ESTUDIO

SUCS	AASHTO
CL	A-7-5, A-7-6, A-6
CH	A-7-5, A-7-6
MH	A-7-5, A-7-6
SM	A-1-b
SC	A-2-7, A-2-6, A-2-4,
SM-SC	A-2-4
SW-SM	A-2-6
GC	A-2-4, A-2-6, A-2-7
GM	A-1-b
GP	A-2-4
GW-GM	A-1-a, A-2-6, A-2-7

Los suelos presentan diversos índice de grupo.

CANTERAS :

La ubicación y características de las Canteras de afirmado encontradas en la zona de estudio luego de tomar muestras representativas y realizado el correspondiente estudio de Laboratorio se le ha realizado su respectiva clasificación a nivel de Clasificación SUCS y AASHTO, así como la determinación de su CBR, densidad y tipo de material para su utilización, se adjunta en cuadro C-4.

La presencia de sub rasante de materiales favorables hace ver que la vía cuenta con canteras de afirmado par la correspondiente obra.

En la trocha Carrozable en estudio se ha identificado 03 canteras para afirmado las cuales cuentan con las características para tener un afirmado de buena calidad.

La primera calicata que se encuentra en la progresiva Kñ 31+844.

La segunda cantera se encuentra en la progresiva Km 39+600 que tiene una clasificación SUCS de GP y GC.

La tercera cantera se ubica a 3 Km del cruce Chirimoyo.

C – 4 Características de las canteras.

PROGRESIVA	LL %	IP %	SUCS	AASHTO	TIPO	D _{max}	CBR %
Km 31+844	23.3	4.04	GP	a-1-2(0)	MB	2.16	25.6
Km39+600	34.7	11.5	GC	A-2-6(0)	B	2.00	17.4
EL MORERO	24.9	9.71	GC	A-2-4(0)	MB	2.18	27.5

B : Buena, MB : Muy Buena,

ABRASION

En cuadro C-5, se presenta los resultados referidos al % de desgaste al ensayo de Abrasión, realizado a las muestras de cantera lográndose los valores que se adjuntan en cuadro:

C-5 Porcentaje de Desgaste Ensayo abrasión.

ENSAYO	NORMAS		CANTERA		
	NORMA MTC	NTP	Km31+844	Km39+600	EL MORENO
DESGASTE LOS ANGELES	E207 - 1999	400.019	26.52	29.76	23.04

Todas las muestras presentan un desgaste Menor del 50%.(MTC E 207)

07.-ESPESOR DE AFIRMADO.-

Por función de la carretera, está comprendida dentro de la clasificación de la Red Vial Vecinal (Trocha carrozable). El espesor de afirmado se realizara teniendo en cuenta un IMD menor de 50 Vehículos día. Para un ancho de superficie de rodadura de 4.50 m.

Se considerara un Afirmado Tipo I, de material granular natural o grava seleccionada por zarandeo con un Índice de Plasticidad hasta 9.

Para el carril de diseño se puede considerar N° Repeticiones EE valores entre el rango $2.6 \times 10^4 - 7.8 \times 10^4$. El concepto de EE corresponde a la unidad normalizada por la AASHTO que representa el deterioro que causa en la capa de rodadura un eje simple cargado con 8,16 toneladas.

El espesor de la capa de afirmado no debe ser menor de 150 mm.

C-6 MUESTRAS CON CBR ENTRE : 3% a 5%

Progresiva	Rango CBR	Longitud Influencia, m	CBR de Diseño	SUCS
Km1+250-Km 1+750	4.80%	950(SR-MB)	4.80%	CL
Km2+600-Km3+600	4.28% - 5.40%	1650(B-MB)	4.28%	CL,SC
Km5+250-Km8+750	3.70% - 16.50%	950(B-MB)	3.70%	SC,GC
Km9+600-Km10+600	3.85% - 3.90%	2000(B-MB)	3.85%	CH
Km12+600-Km13+200	4.48%	2500(SR-B)	4.48%	CL
Km15+700-Km16+300	4.55%	1400(SR-B)	4.55%	CL
Km17+700-Km19+300	3.87% - 19.00%	950(SR-B)	3.87%	CL, GC
Km20+250-Km22+700	3.85% - 28.10%	1000(SR-B)	3.85%	CL,SC,SM- SC,GC
Km23+700-Km24+750	3.93% - 4.10%	2350(B-MB)	3.93%	CL
Km27+100-Km27+800	4.14%	950(B-MB)	4.14%	CH
Km28+750-Km29+750	4.07% - 4.13%	1000(B-MB)	4.07%	CL
Km 30+750-Km31+250	3.90%	1650(B-MB)	3.90%	CL
Km32+900-Km35+600	3.85%- 9.05%	240(SR-B)	3.85%	CL,SC,MH,CH
Km35+840-Km36+800	3.85%-4.12%	450(SR-R)	3.85%	CL,CH
Km37+250-Km39+250	3.96%-4.55%	1000(R-B)	3.96%	CL,CH
Km41+750-Km44+750	3.58%-13.40%	500(SR-MB)	3.58%	CL,MH,SC,GC
Km45+250-Km46+250	4.13%-6.60%	9500(R-MB)	4.13%	CH,MH,SC
Km55+750-Km57+923	3.70%-19.20%	2173(P - B)	3.70%	CL,CH,GC

C-7 MUESTRAS CON CBR ENTRE : 6% a 10%

Progresiva	Rango CBR	Longitud Influencia, m	CBR de Diseño	SUCS
Km46+250-Km55+750	9.98%-27.50%	9500(R-MB)	9.98%	GW- GM,SW- SM,SC,GP

C-8 MUESTRAS CON CBR ENTRE : 11% a 19%

Progresiva	Rango CBR	Longitud Influencia, m	CBR de Diseño	sucs
Km3+600-Km5+250	10.56% - 28.70%	1650(B-MB)	10.56%	SM,GC
Km8+750-Km9+600	17.40% - 30.0%	850(B-MB)	17.40%	GW-GM, GC
Km10+600-Km12+600	11.70% - 21.40%	2000(B-MB)	11.70%	GC
Km13+200-Km15+700	15.50% - 17.20%	2500(SR-B)	15.50%	GC
Km16+300-Km17+700	17.30% - 18.50%	1400(SR-B)	17.30%	GC
Km19+300-Km20+250	16.20% - 18.90%	950(SR-B)	16.20%	GC
Km22+700-Km23+700	19.00% - 20.75%	1000(SR-B)	19.00%	GC
Km24+750-Km27+100	12.60% - 22.25%	2350(B-MB)	12.60%	SC,GC,GM
Km27+800-Km28+750	12.55% - 33.00%	950(B-MB)	12.55%	SC,GC
Km29+750-Km30+750	17.80% - 32.60%	1000(B-MB)	17.80%	GC
Km31+250-Km 32+900	11.80%-46.28%	1650(B-MB)	11.80%	SC, GC
Km35+600-Km35+840	13.90%	240(SR-B)	13.90%	SC, GC
Km36+800-Km37+250	10.56%	450(SR-R)	10.56%	GC
Km41+250-Km41+750	18.50%	500(SR-B)	18.50%	GC

C-9 MUESTRAS CON CBR > 20

Progresiva	Rango CBR	Longitud Influencia, m	CBR de Diseño	sucs
Km 0+000-Km1+250	23.02% - 24.34%	1230(SR-MB)	23.02%	GC
Km1+750-Km2+600	23.20%	850(SR-MB)	23.20%	GC
Km44+750-Km45+250	24.80%	500(SR-MB)	24.80%	GW-GM

De la información disponible de campo y de acuerdo a la grafica para definir el espesor del afirmado, se sugiere uniformizar este en el valor de $e = 35$ cm. en todo el recorrido.

C – 10 Espesores de Afirmado

CBR	INCIDENCIA %	Espesor Afirmado: cm
3% - 5%	33%	35
6% - 10%	16%	25
11% - 19%	46%	17.5
>20%	4%	15 Mínimo.
Incidencia: de la longitud total.		

09.-CONCLUSION.-

De la sub rasante:

De cuadros C-6 a C-9, se concluye que la variación de valores del CBR no es uniforme en la continuidad de las progresivas, por lo que este debe ser uniformizado en la elección del espesor de afirmado, se sugiere considerar en la selección del espesor el menor valor de CBR comprendido entre 3% - 5%.

Del material de canteras:

De cuadros C-4 y C-5, se concluye que los materiales de las canteras reúnen condiciones para ser utilizados como capa de afirmado.

Del espesor de afirmado:

De la información considerada en cuadro C-10, y considerando que en la zona de estudio no existe una continuidad uniforme en las diversas progresivas por el valor del CBR, se sugiere que la capa de afirmado a tener en cuenta en este proyecto corresponda a un espesor total de 35 cm., uniforme en todo el desarrollo del proyecto.

10.-BIBLIOGRAFIA.-

- .Manual para el Diseño de Carreteras no pavimentadas de bajo volumen de Tránsito. MTC,2008.
- .Manual de especificaciones Técnicas Generales para construcción de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.MTC.2008.
- .Vías de Comunicaciones, Crespo Villalaz.
- .Propiedades Geofísicas de los Suelos , Joseph Bowles.

Ing. Civil Walter Morales Uchofen.
CIP N° 21675
MSc. Ingeniería Ambiental
Dr. Ciencias ambientales

WALTER MORALES UCHOFEN.
CIP N° 21675
Av. Jhon Kennedy N°665 – Urb. Fco. Bolognesi – J.L.O.
Celular 94 9 879316

ANEXO

01.-CATALOGO CAPAS DE REVESTIMIENTO

02.-FOTOS.

03.-INFORME LABORATORIO.

WALTER MORALES UCHOFEN.
CIP N° 21675
Av. Jhon Kennedy N°665 – Urb. Fco. Bolognesi – J.L.O.
Celular 94 9 879316

CATÁLOGO DE CAPAS DE REVESTIMIENTO GRANULAR
TRÁFICO T1

Porcentaje que Pasa del Tamiz	Tráfico T0 y T1 Tipo 1 IND-80 veh.	Tráfico T2 Tipo 2 95 - 100 veh.	Tráfico T3 Tipo 3 101 - 200 veh.
50 mm (2")	100	100	
37.5 mm (1 1/2")		95 - 100	100
25 mm (1")	90 - 100	75 - 95	90 - 100
19 mm (3/4")			65 - 100
12.5 mm (1/2")			
8.5 mm (3/8")		40 - 75	45 - 80
4.75 mm (Nº 4)	20 - 50	30 - 60	30 - 65
2.36 mm (Nº 8)			
2.00 mm (Nº 10)		20 - 45	22 - 52
4.25 mm (Nº 40)		15 - 30	15 - 35
75 um (Nº 200)	4 - 12	5 - 15	5 - 20
Índice de plasticidad	4 - 9	4 - 9	4 - 9

WALTER MORALES UCHOFEN.
CIP N° 21675
Av. Jhon Kennedy N°665 – Urb. Fco. Bolognesi – J.L.O.
Celular 94 9 879316

Tramo antes de cruce Quebrada Santa Mónica

Tramo margen Izquierda cruce Quebrada Santa Mónica

[illegible]

[illegible]

Av. Jhon Kenedy N°665 – Urb. Fco. Bolognesi – J.L.O.
Celular 94 9 879316

[illegible]124

 Facultad de Educación, Universidad del Pacífico
 Av. 28 de setiembre 100, Lima 17000, Perú
 Teléfono: 011 476 1000, Fax: 011 476 1001
 E-mail: educacion@up.edu.pe

ANEXO 4: ESTUDIO DE SUELOS DEL PROYECTO MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL PUENTE TECHIN- CRUCE CHIRIMOYO.

COORDENADAS ZAPATA DE MURO KM 14					
PUNTO	ESTE	NORTE	PUNTO	ESTE	NORTE
A	715573.171	9321922.490	A'	715573.878	9321923.048
B	715574.655	9321920.611	B'	715575.139	9321921.451
C	715574.590	9321920.498	C'	715575.215	9321921.580
D	715577.734	9321918.680	D'	715578.215	9321919.846
E	715577.698	9321918.590	E'	715578.365	9321920.208
F	715581.038	9321917.250	F'	715581.706	9321918.868
G	715584.386	9321915.907	G'	715585.038	9321917.531
H	715584.349	9321915.814	H'	715585.094	9321917.670
I	715587.696	9321914.471	I'	715588.435	9321916.330
J	715590.970	9321913.158	J'	715591.883	9321914.947
K	715590.926	9321913.071	K'	715591.944	9321915.066
L	715594.132	9321911.434	L'	715595.150	9321913.429
M	715597.338	9321909.797	M'	715598.357	9321911.792

PLANTA
ESCALA: 1/100

CONCRETO EN MUROS Y EMBOQUILLADO
CONCRETO CICLOPIO FC 140 KG/CM +70% PM

DETALLE DE MUROS

ESCALA: 1/75