



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y
AGRIMENSURA



**“COMPARACIÓN DE VOLÚMENES DE MOVIMIENTO DE TIERRAS
OBTENIDOS POR EL MÉTODO TRADICIONAL Y BIM EN EL
DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA HUAQUINA –
CHUCASUYO KM 5+000 AL KM 12+500 JULI, CHUCUITO, PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JAVIER ROLANDO MAQUERA CCALLE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

Se lo dedico a mi padre Emeterio Maquera Maquera y a mi madre Elsa Elena Ccalle Ticona, quienes me dieron la vida, también me supieron inculcar desde pequeño los valores de la vida y que incondicionalmente me apoyaron en toda mi etapa de Estudiante, a ellos con mucho amor por ser las personas que más amo.

A mi hermana Sonia Maribel y familiares en general por haberme brindado su apoyo moral en todo el tiempo de mi vida Universitaria. También a mis docentes y amigos por haberme brindado buenos pasajes de la vida, porque con cada uno de ustedes se ha forjado un ser de fe y esperanza.

Javier Rolando Maquera Ccalle



AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la Universidad Nacional del Altiplano, por haber creado la carrera de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, que con mucha dedicación y esmero pude estudiar y culminar la carrera universitaria.

También quiero agradecer a todos los docentes que conforman la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, quienes con sus experiencias y enseñanzas constituyeron el pilar fundamental de mi formación profesional.

Así mismo mi agradecimiento profundo al asesor de mi tesis Ing. Arturo Joels Ventura Mamani y a los miembros del jurado dictaminador, Ing. Valeriano Condori Apaza, Ing. Juan Esteban Araoz Barrios e Ing. Víctor Raúl Banegas Layme, por sus consejos y orientaciones me permitieron la culminación de la presente tesis.

Javier Rolando Maquera Ccalle



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN	16
ABSTRACT.....	18

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.2.1 Pregunta General	21
1.2.2 Preguntas específicas	21
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.3.1 Objetivo General.....	21
1.3.2 Objetivos Específicos	22
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	22

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES.....	23
2.1.1 Antecedentes Internacionales	23
2.1.2 Antecedentes Nacionales	24
2.1.3 Antecedentes locales.....	25



2.2 MARCO TEORICO	26
2.2.1 Carretera	26
2.2.2 Diseño Geometrico de Carreteras	27
2.2.3 Criterios básicos para el Diseño Geométrico.....	28
2.2.4 Movimiento de Tierras en Proyectos de Infraestructura Vial.....	29
2.2.5 Corte en Explanaciones	30
2.2.6 Conformación en Terraplenes (Relleno)	30
2.2.7 Volumen de Movimiento de Tierras.....	31
2.2.8 Métodos Tradicionales Cálculo de Volúmenes	31
2.2.9 Métodos Modernos de Cálculo de Volúmenes.....	35
2.2.10 Building Information Modeling (BIM)	36
2.2.11 Dimensiones Y Niveles De La Metodología BIM	38
2.2.12 Niveles de Detalle de la Metodología BIM	41
2.2.13 Interoperabilidad del BIM con IFC	43
2.2.14 BIM en Infraestructura Vial.....	45

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	47
3.1.1 Ubicación Política.....	47
3.1.2 Ubicación Ámbito de Estudio.....	48
3.1.3 Vías de Acceso	49
3.2 MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS UTILIZADOS	50
3.2.1 Materiales e Instrumentos.....	50
3.2.2 Equipos	51
3.2.3 Software.....	52



3.3 TIPO DE ESTUDIO	52
3.3.1 Nivel de Investigación	52
3.3.2 Diseño de Investigación.....	53
3.3.3 Variables	53
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO.....	53
3.4.1 Población	53
3.4.2 Muestra	53
3.4.3 Instrumento de Observación	54
3.5 PROCEDIMIENTOS	55
3.5.1 Flujograma de los trabajos en campo y gabinete.....	55
3.5.2 Etapa Inicial	57
3.5.3 Trabajo de campo	57
3.5.4 Trabajo de Gabinete.....	68
3.6 CALCULO DE VOLUMENES POR METODO TRADICIONAL.....	86
3.6.1 Cálculo de volumen de corte por método tradicional.....	87
3.6.2 Cálculo de volumen de relleno por método tradicional.....	87
3.7 CALCULO DE VOLUMENES POR METODOLOGIA BIM.....	88
3.7.1 Cálculo de volumen de corte por la metodología BIM.....	91
3.7.2 Cálculo de volumen de relleno por la metodología BIM.	92

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS	94
4.1.1 Volúmenes de corte relleno obtenidos por el método tradicional	94
4.1.2 Volúmenes de corte obtenidos por el método BIM	95
4.1.3 Comparación de volúmenes de método tradicional y BIM	97



4.2 DISCUSIÓN	130
V. CONCLUSIONES.....	134
VI. RECOMENDACIONES	136
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	137
ANEXOS.....	143

Área : Vías de Transporte

Línea : Diseño de Vías y Gerencia de Vías

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 27 de abril del 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Método de secciones (caso corte y relleno)	32
Figura 2. Método de secciones (caso corte y relleno en ladera).....	33
Figura 3. Método de volumen compuesto con Civil 3D.....	35
Figura 4. Modelo virtual de una carretera en formato IFC	36
Figura 5. Ciclo de vida de un modelo BIM	37
Figura 6. Dimensiones de la Metodología BIM	41
Figura 7. Niveles de detalle en Edificaciones.....	42
Figura 8. Niveles de Detalle en Infraestructura Vial	43
Figura 9. Uso del Industry Foundation Classes (IFC)	44
Figura 10. División de Disciplinas en Infraestructura Vial	45
Figura 11. Implementación del BIM en el MTC.	46
Figura 12. Ubicación Política regional del área de estudio.	47
Figura 13. Ubicación Política Provincial del área de estudio	48
Figura 14. Croquis del Proyecto	50
Figura 15. Flujograma de los trabajos a realizar en campo y gabinete.....	55
Figura 16. Placa de Bronce y Monumentación con la inscripción PCG-1183	58
Figura 17. Placa de Bronce y Monumentación con la inscripción PCG-1184	58
Figura 18. Placa de Bronce y Monumentación con la inscripción PCG-1185	59
Figura 19. Placa de Bronce y Monumentación con la inscripción PCG-1186	59
Figura 20. Georreferenciación del punto de control geodésico PCG-1183.....	60
Figura 21. Georreferenciación del punto de control geodésico PCG-1184.....	61
Figura 22. Georreferenciación del punto de control geodésico PCG-1185.....	61
Figura 23. Georreferenciación del punto de control geodésico PCG-1186.....	62
Figura 24. Plan de vuelo de acuerdo a la geometría de la Carretera.	65



Figura 25. Altura de vuelo y la velocidad de operación del drone.....	66
Figura 26. Configuración del tamaño de imagen y tipo de clima.....	66
Figura 27. Configuración de traslape y solape entre ortofotos	67
Figura 28. Configuración del ancho de franja de vía.....	67
Figura 29. Creación del proyecto en Agisoft Metashape Professional.....	68
Figura 30. Importamos imágenes en Agisoft Metashape Professional.....	69
Figura 31. Orientación de imágenes para su procesamiento	69
Figura 32. Visualización de la orientación de las cámaras e imágenes	70
Figura 33. Importación de puntos de control terrestre.....	70
Figura 34. Creación de nube de puntos densa	71
Figura 35. Visualización de nube de puntos densa.....	71
Figura 36. Exportación de nube de puntos en formato *.las	72
Figura 37. Creación de proyecto en MicroStation.....	73
Figura 38. Importación de nube de puntos en formato *.las	73
Figura 39. Visualización 01 de nube de puntos en MicroStation	74
Figura 40. Visualización 02 de nube de puntos en MicroStation	74
Figura 41. Clasificación de nube de puntos en MicroStation	75
Figura 42. Visualización de nube de puntos en Recap.	75
Figura 43. Sección típica en relleno	77
Figura 44. Sección típica en corte cerrado.....	78
Figura 45. Sección típica en media ladera	78
Figura 46. Creación del espacio de trabajo en Istram.....	79
Figura 47. Importación de superficie en formato *.LAS en Istram.....	79
Figura 48. Visualización de la superficie importada en Istram	80
Figura 49. Normatividad y parámetros en Istram.	80



Figura 50. Creación del alineamiento horizontal (eje) en Istram	81
Figura 51. Perfil longitudinal y alineamiento vertical (rasante) en Istram	81
Figura 52. Sobreeanchos en Istram	82
Figura 53. Peraltes y diagrama de peraltes en Istram	82
Figura 54. Sección típica en corte cerrado en Istram.....	83
Figura 55. Sección típica en terraplén en Istram	83
Figura 56. Sección típica en media ladera en Istram	84
Figura 57. Creación de corredor en Istram	84
Figura 58. Secciones transversales en Istram.	85
Figura 59. Cálculo de las áreas de corte y relleno en Istram.	85
Figura 60. Exportación del modelamiento en formato *.IFC en Istram.....	86
Figura 61. Volúmenes de corte y relleno por método tradicional en Excel.	88
Figura 62. Creamos un nuevo trabajo en el BIMvision.....	89
Figura 63. Importación del archivo *.IFC exportado del Istram	89
Figura 64. Verificación del *.IFC en ladera en BIMvision	90
Figura 65. Verificación del *.IFC en corte cerrado en BIMvision	90
Figura 66. Verificación del *.IFC en relleno en BIMvision.....	91
Figura 67. Visualización de volumen de corte en BIMvision a partir de *.IFC.....	92
Figura 68. Visualización de volumen de relleno en BIMvision a partir de *.IFC.....	93
Figura 69. Volúmenes de corte (m3), método tradicional y BIM en UM01	97
Figura 70. Volúmenes de corte (m3), método tradicional y BIM en UM02	98
Figura 71. Volúmenes de corte (m3), método tradicional y BIM en UM03	98
Figura 72. Volúmenes de corte (m3), método tradicional y BIM en UM004	99
Figura 73. Volúmenes de corte (m3), método tradicional y BIM en UM05	99
Figura 74. Volúmenes de corte (m3), método tradicional y BIM en UM06	100



Figura 75. Volúmenes de corte (m3), método tradicional y BIM en UM07	100
Figura 76. Volúmenes de corte (m3), método tradicional y BIM en UM08	101
Figura 77. Volúmenes de corte (m3), método tradicional y BIM en UM09	101
Figura 78. Volúmenes de corte (m3), método tradicional y BIM en UM10	102
Figura 79. Volúmenes de corte (m3), método tradicional y BIM en UM11	102
Figura 80. Volúmenes de corte (m3), método tradicional y BIM en UM12	103
Figura 81. Volúmenes de corte (m3), método tradicional y BIM en UM13	103
Figura 82. Volúmenes de corte (m3), método tradicional y BIM en UM14	104
Figura 83. Volúmenes de corte (m3), método tradicional y BIM en UM15	104
Figura 84. Volúmenes de relleno (m3), método tradicional y BIM en UM01	105
Figura 85. Volúmenes de relleno (m3), método tradicional y BIM en UM02	106
Figura 86. Volúmenes de relleno (m3), método tradicional y BIM en UM03	106
Figura 87. Volúmenes de relleno (m3), método tradicional y BIM en UM04	107
Figura 88. Volúmenes de relleno (m3), método tradicional y BIM en UM05	107
Figura 89. Volúmenes de relleno (m3), método tradicional y BIM en UM06	108
Figura 90. Volúmenes de relleno (m3), método tradicional y BIM en UM07	108
Figura 91. Volúmenes de relleno (m3), método tradicional y BIM en UM08	109
Figura 92. Volúmenes de relleno (m3), método tradicional y BIM en UM09	109
Figura 93. Volúmenes de relleno (m3), método tradicional y BIM en UM10	110
Figura 94. Volúmenes de relleno (m3), método tradicional y BIM en UM11	110
Figura 95. Volúmenes de relleno (m3), método tradicional y BIM en UM12	111
Figura 96. Volúmenes de relleno (m3), método tradicional y BIM en UM13	111
Figura 97. Volúmenes de relleno (m3), método tradicional y BIM en UM14	112
Figura 98. Volúmenes de relleno (m3), método tradicional y BIM en UM15	112
Figura 99. superficie de corte por el método tradicional en tramos de 10 m.	114



Figura 100. Superficie de corte por el método tradicional en tramos de 5 m.....	114
Figura 101. Superficie de corte por el método tradicional en tramos de 1 m.....	115
Figura 102. Superficie de corte por el método tradicional en tramos de 0.25 m.....	115
Figura 103. Superficie de corte por el método BIM mediante *.IFC	116
Figura 104. Superficie de relleno por el método tradicional en tramos de 10 m.....	117
Figura 105. Superficie de relleno por el método tradicional en tramos de 5 m.....	117
Figura 106. Superficie de relleno por el método tradicional en tramos de 1 m.....	118
Figura 107. Superficie de relleno por el método tradicional en tramos de 0.25 m.....	118
Figura 108. Superficie de relleno por el método BIM mediante *.IFC	119



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación UTM-WGS84 de la investigación.....	48
Tabla 2. Ubicación Geográfica de la investigación.....	49
Tabla 3. Vías de Acceso al lugar de estudio de la investigación.....	49
Tabla 4. Materiales e instrumentos utilizados en campo en la investigación.....	50
Tabla 5. Materiales utilizados en gabinete en la investigación.....	51
Tabla 6. Equipos utilizados en la investigación.....	51
Tabla 7. Softwares utilizados en la investigación.....	52
Tabla 8 Variables de la Investigación.....	53
Tabla 9. Unidades de muestreo de la investigación.....	54
Tabla 10. Coordenadas geográficas WGS-84 de los Puntos de Control Geodésico.....	62
Tabla 11. Coordenadas UTM- WGS-84 de los Puntos de Control Geodésico.....	63
Tabla 12. Coordenadas Topográficas de los Puntos de Control Geodésico.....	63
Tabla 13. Coordenadas de la Poligonal de Apoyo.....	63
Tabla 14. Parámetros de Diseño Geométrico.....	76
Tabla 15. Clasificación de Material.....	77
Tabla 16. Tramos de secciones para el cálculo por método tradicional.....	87
Tabla 17. Resumen de volúmenes de corte por método tradicional.....	94
Tabla 18. Resumen de volúmenes de relleno por método tradicional.....	95
Tabla 19. Resumen de volúmenes de corte por método BIM.....	95
Tabla 20. Resumen de volúmenes de relleno por método BIM.....	96
Tabla 21. Diferencia algebraica entre método tradicional 10m y BIM.....	120
Tabla 22. Diferencia algebraica entre método tradicional 5m y BIM.....	121
Tabla 23. Diferencia algebraica entre método tradicional 1m y BIM.....	121
Tabla 24. Diferencia algebraica entre método tradicional 0.5m y BIM.....	122



Tabla 25. Diferencia algebraica entre método tradicional 0.25m y BIM	123
Tabla 26. Resumen de diferencia algebraica método tradicional y BIM (corte).	123
Tabla 28. Diferencia algebraica entre método tradicional 10m y BIM (relleno).....	125
Tabla 29. Diferencia algebraica entre método tradicional 5m y BIM (relleno).....	126
Tabla 30. Diferencia algebraica entre método tradicional 1m y BIM (relleno).....	126
Tabla 31. Diferencia algebraica entre método tradicional 0.5m y BIM (relleno).....	127
Tabla 32. Diferencia algebraica entre método tradicional 0.25m y BIM (relleno).....	128
Tabla 33. Resumen de diferencia algebraica método tradicional y BIM (relleno).....	128
Tabla 35. Discusión entre Autores	130



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

BIM (Modelado de Información de Construcciones)

IFC (Clases Fundamentales de la Industria)

LOD (Nivel de detalle)

CAD (Dibujo Asistido por Computadora)

ISO (Organización Internacional de Normalización)

IMDA (Índice Medio Diario Anual)

MTC (Ministerio de transportes y Comunicaciones)

PVN (Provias Nacional)

DG (Diseño Geométrico)

CPM (Método del Cambio Crítico)

UTM (Universal Transversal Mercator)

WGS (Sistema Geodésico Mundial)

PYME (Pequeña y Mediana Empresa)

Pk. (Progresiva)

RF (Roca Fija)

RS (Roca Suelta)

MS (Material suelto)

UM (Unidad Muestral)



RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene por objetivo comparar la manera que influye el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras de corte y relleno con la aplicación de la metodología BIM versus la metodología tradicional en el diseño geométrico de la carretera Huaquina-Chucasuyo. Se tiene como objetivos específicos: determinar los volúmenes de corte y relleno por la metodología tradicional en tramos de distancias de 10m, 5m, 1m, 0.5m y 0.25m., y por la metodología BIM mediante un fichero *.IFC, luego comparar los volúmenes obtenidos por las metodologías anteriormente descritas. Para satisfacer a los objetivos se modeló una carretera de 7.5 kilómetros en el software istram, divididos por 15 unidades muestrales comprendidos en 500 metros cada una. Seguidamente se calculó los volúmenes de corte y relleno por ambos métodos mencionados, por la **metodología tradicional** en volúmenes de **corte** obtenidos en la suma total de todas las unidades muestrales en distancias de 10 metros se obtuvo 36,563.20 m³, en distancias de 5 metros se obtuvo 36,474.03 m³, en distancias de 1 metro se obtuvo 36,511.57 m³, en distancias de 0.5 metros se obtuvo 36,510.39 m³ y en distancias de 0.25 metros obtuvo 36,509.32 m³, y en volúmenes de **relleno** en la suma total de todas las unidades muestrales en distancias de 10 metros se obtuvo 18,364.60 m³, en distancias de 5 metros se obtuvo 18,229.69 m³, en distancias de 1 metro se obtuvo 18,300.35 m³, en distancias de 0.5 metros se obtuvo 18,300.69 m³ y en distancias de 0.25 metros se obtuvo 18,300.51 m³, por la **metodología BIM** mediante ficheros *.IFC en volúmenes de **corte** obtenidos en la suma total de todas las unidades muestrales se obtuvo 36,506.53 m³, y en volúmenes de **relleno** se obtuvo 18,293.79 m³. Para determinar si los volúmenes obtenidos por la metodología tradicional son similares se hizo un análisis mediante un gráfico de barras, donde se visualiza similitud en los volúmenes de corte y relleno obtenidos en tramos de 1m, 0.5m 0.25m estos volúmenes son similares a los volúmenes obtenidos por la metodología BIM mediante *.IFC, seguidamente se hizo un análisis visual creándose las superficies de cada volumen obtenido por ambos métodos, donde se afirma la lógica para la metodología tradicional,



a menor distancia sean las secciones de cálculo los volúmenes obtenidos se adaptan mejor a la superficie del terreno. Finalmente se analizó mediante cálculos matemáticos, en **volúmenes de corte** en distancias de 0.25 metros se obtuvo una variación de -0.81m^3 , lo cual representa un 0.57% de diferencia, en distancias de 0.5 metros se obtuvo una variación de 0.75m^3 , lo cual representa un 0.53% de diferencia, en distancias de 1 metros se obtuvo una variación de 0.79m^3 , lo cual representa un 0.56% de diferencia, en distancias de 5 metros se obtuvo una variación de 1.65m^3 , lo representa un 1.17% de diferencia, en de distancias de 10 metros se obtuvo 4.47m^3 de variación, lo cual representa un 3.25% de diferencia, en comparación con los volúmenes de corte obtenidos por la metodología BIM por *.IFC. así mismo en **volúmenes de relleno** en distancias de 0.25 metros se obtuvo 2.47m^3 de variación, lo cual representa un 0.75% de diferencia, en distancias de 0.5 metros se obtuvo 2.47m^3 de variación, lo cual representa un 0.75% de diferencia, en distancias de 1 metros se obtuvo 2.41m^3 de variación, lo cual representa un 0.73% de diferencia, en distancias de 5 metros se obtuvo 29.16m^3 de variación, lo cual representa un 3.22% de diferencia, en distancias de 10 metros se obtuvo 29.95m^3 de variación, lo cual representa un 4.64% de diferencia, en comparación con los volúmenes de relleno obtenidos por la metodología BIM por *.IFC. Lo cual se puede afirmar que las entidades público y privadas tiene un grado de error en sus cálculos de volúmenes de corte y relleno en sus proyectos de infraestructura vial. En base a los resultados obtenidos Para aminorar estos errores es posible el uso de la metodología BIM, mediante ficheros *.IFC para el cálculo de volúmenes de corte y relleno. concluyendo que la metodología BIM permite obtener con mayor precisión los volúmenes de movimiento de tierras.

Palabras Clave: diseño geométrico de carreteras, BIM, método tradicional, movimiento de tierras.



ABSTRACT

The objective of this research project is to compare the way in which the calculation of cut-and-fill earthwork volumes influences the application of the BIM methodology versus the traditional methodology in the geometric design of the Huaquina-Chucasuyo highway. The specific objectives are: to determine the volumes of cut and fill by the traditional methodology in sections of distances of 10m, 5m, 1m, 0.5m and 0.25m, and by the BIM methodology through a *.IFC file, then compare the volumes obtained by the methodologies described above. To meet the objectives, a 7.5-kilometre highway was modeled in the istram software, divided by 15 sample units of 500 meters each. Next, the cut and fill volumes were calculated by both methods mentioned, by the traditional methodology in cut volumes obtained in the total sum of all the sample units in distances of 10 meters, 36,563.20 m³ were obtained, in distances of 5 meters, 36,474.03 were obtained. m³, in distances of 1 meter 36,511.57 m³ were obtained, in distances of 0.5 meters 36,510.39 m³ were obtained and in distances of 0.25 meters 36,509.32 m³ were obtained, and in filling volumes in the total sum of all sample units in distances of 10 meters 18,364.60 m³ were obtained, in distances of 5 meters 18,229.69 m³ were obtained, in distances of 1 meter 18,300.35 m³ were obtained, in distances of 0.5 meters 18,300.69 m³ were obtained and in distances of 0.25 meters 18,300.51 m³ were obtained, by the BIM methodology using *.IFC files in cut volumes obtained in the total sum of all the sample units, 36,506.53 m³ were obtained, and in fill volumes, 18,293.79 m³ were obtained. To determine if the volumes obtained by the traditional methodology are similar, an analysis was made using a bar graph, where similarity is visualized in the volumes of cut and fill obtained in sections of 1m, 0.5m and 0.25m, these volumes are similar to the volumes obtained by the BIM methodology using *.IFC, Next, a visual analysis was made, creating the surfaces of each volume obtained by both methods, where



the logic for the traditional methodology is affirmed, the closer the calculation sections are, the volumes obtained are better adapted to the ground surface. Finally, it was analyzed through mathematical calculations, in cut volumes at distances of 0.25 meters a variation of -0.81m^3 was obtained, which represents a 0.57% difference, at distances of 0.5 meters a variation of 0.75m^3 was obtained, which represents a 0.53% difference, in distances of 1 meter a variation of 0.79m^3 was obtained, which represents a 0.56% difference, in distances of 5 meters a variation of 1.65m^3 was obtained, which represents a 1.17% difference, in of distances of 10 meters, 4.47m^3 of variation was obtained, which represents a 3.25% difference, compared to the cut volumes obtained by the BIM methodology by *.IFC. Likewise, in filling volumes at distances of 0.25 meters, 2.47m^3 of variation was obtained, which represents a 0.75% difference, at distances of 0.5 meters, 2.47m^3 of variation was obtained, which represents a 0.75% difference, in distances of 1 meters, 2.41m^3 of variation was obtained, which represents a 0.73% difference, in distances of 5 meters, 29.16m^3 of variation was obtained, which represents a 3.22% difference, in distances of 10 meters, 29.95m^3 of variation was obtained. variation, which represents a 4.64% difference, compared to the fill volumes obtained by the BIM methodology by *.IFC. Which can be said that public and private entities have a degree of error in their calculations of cut and fill volumes in their road infrastructure projects. Based on the results obtained To reduce these errors, it is possible to use the BIM methodology, by means of *.IFC files for the calculation of cut and fill volumes. concluding that the BIM methodology allows obtaining with greater precision the volumes of earthworks.

Keywords: geometric design of roads, BIM, traditional method, earthworks.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente durante la ejecución de un proyecto de infraestructura vial, presentan imperfecciones de documentos de diseño como también de ingeniería, estos ocasionan un déficit para el proceso constructivo lo cual contribuye negativamente en los costos y tiempos de ejecución (Ramos Mamani, 2019), para el **cálculo de cantidades** de obra y presupuestos por parte de empresas de constructoras y consultoras ha sido primordial la utilización de la metodología tradicional, que consiste en planos elaborados en CAD, en ese entender, los presupuestos y los **metrados de obra**, están sujetos a diversos errores.(Ramírez León, 2018).

Por otro lado, las imperfecciones más frecuentes de los expedientes técnicos se localizan en la Memoria Descriptiva, **Metrados**, Especificaciones Técnicas y Estudios Básicos (Zapana Zapata, 2021), estas imperfecciones se manifiestan en la etapa de ejecución por falta de un método organizado y planificado que permita una información actualizada (Ramos Mamani, 2019).

Así mismo La deficiencia en los documentos contractuales se origina por la situación del diseño tradicional (Farfán Tataje & Chavil Pisfil, 2016) lo cual, en obras de infraestructura vial para el cálculo de **volumen de movimiento de tierras**, utilizan el método “Prisma de Carreteras” que estima mediante el promedio del área de corte y relleno con el producto por su distancia entre dos secciones de progresivas continuas, el cual altera el volumen que puede haber entre la distancia de dos progresivas (Alca Arpasi & Gutierrez Yana, 2021).



1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De la problemática planteada se propone la siguiente pregunta de investigación:

1.2.1 Pregunta General

¿De qué manera influye la metodología BIM respecto a la metodología tradicional en el cálculo de movimiento de tierras de corte y relleno en el diseño geométrico de la carretera Huaquina - Chucasuyo?

1.2.2 Preguntas específicas

- ¿Los volúmenes obtenidos por el método tradicional por secciones en tramos de distancias de 10m, 5m, 1m, 0,5m, 0,25m serán los mismos?
- ¿Con la metodología BIM en el cálculo de **volúmenes de corte** obtendremos los mismos resultados que el método tradicional en el diseño geométrico de la carretera Huaquina – Chucasuyo?
- ¿Con la metodología BIM en el cálculo de **volúmenes de relleno** obtendremos los mismos resultados que el método tradicional en el diseño geométrico de la carretera Huaquina – Chucasuyo?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo General

Comparar la manera que influye el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras de corte y relleno con la aplicación de la metodología BIM versus la metodología tradicional en el diseño geométrico de la carretera Huaquina-Chucasuyo.



1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar los volúmenes de corte y relleno mediante la metodología tradicional en tramos de distancias de 10m, 5m, 1m, 0.5m y 0.25m.
- Determinar los volúmenes de corte y relleno a través de la metodología BIM mediante un fichero *.IFC.
- Comparar los volúmenes de corte y relleno obtenidos por la metodología tradicional y BIM

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La razón de esta investigación se enmarca a la situación actual que presenta el Perú y también la región de Puno, hay muchos proyectos civiles y de infraestructura vial que presentan la problemática de incompatibilidad de metrados en movimiento de tierras en el entorno real (en campo) comparado con el entorno del proyecto (expediente técnico). Se pretende realizar determinando volúmenes de corte y relleno mediante la metodología tradicional y BIM, seguidamente comparar los resultados de ambas metodologías en el diseño de la carretera Huaquina-Chucasuyo. Para saber cuánto de estimación real tienen la metodología tradicional y BIM una con la otra, así mismo para ver posibles variaciones, lo cual esto estaría afectando plenamente la problemática antes descrita de los proyectos viales. Con los resultados obtenidos se busca llenar vacíos a los proyectistas de manera que sepan el tipo de metodología a usar en los cálculos de volúmenes de movimiento de tierras en el diseño de carreteras. También se busca contribuir de forma académica a las futuras generaciones, oficinas de estudios definitivos, gobiernos regionales y locales, empresas consultoras que se dedican en la elaboración de expedientes técnicos de carreteras, entre otros.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Antecedentes Internacionales

En base a nuestro proyecto de investigación, se tiene la tesis del autor: Jorge Andrés Ramírez León, titulada “Comparación entre Metodologías Building Information Modeling (BIM) y Metodologías Tradicionales en el Cálculo de Cantidades de Obra y Elaboración de Presupuestos. Caso de Estudio: Edificación Educativa en Colombia” que tiene por objetivo, comparar los resultados obtenidos mediante la metodología Building Information Modeling (BIM) y la metodología tradicional (CAD) en una edificación educativa en el municipio de Yumbo en lo que corresponde a cantidades de obra. Teniendo como resultado, las excavaciones (volumen movimiento de tierra) a máquina presentan una diferencia de 13,83%, entre ambos métodos. Concluye que al usar la metodología BIM brinda un análisis más implacable en la planeación de infraestructura pública, pero su uso tiene grandes obstáculos, ya que existe el desconocimiento sobre las ventajas y beneficios que aporta, se suma a ello el vacío normativo que hay actualmente en el país y los costos asociados en los que se debe incurrir para su uso, lo que desanima su uso actualmente en el sector público (Ramírez León, 2018).

También se tiene la tesis, del autor: Roberto Pacheco Borja, titulada “Comparación del Sistema Tradicional vs la Implementación del BIM (Building Information Management) en la Etapa De Diseño y Seguimiento en Ejecución” que tiene por objetivo Comparar el sistema tradicional vs. la implementación del BIM (Building Information Models). A travez del análisis de una vivienda tipo, en las etapas de diseño y seguimiento en la etapa de construcción, usando los



métodos anteriormente mencionados llegando a un resultado de diferencia porcentual de 2.54% de presupuestos a partir de metrados obtenidos por cada método. Concluyendo que las cantidades tienen una diminuta diferencia, esto se debe a que el análisis se hizo para una sola vivienda unifamiliar, pero si se amplía el proyecto, la diferencia será más significativamente (Pacheco Borja, 2017).

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Como antecedente nacional se tiene la tesis del autor Jordi Rodríguez Cabellos, titulada “Aplicación de la Metodología VDC/BIM Para el Rediseño y Construcción en Proyecto de Infraestructura Vial” que tiene por objetivo Determinar la incidencia en los costos y plazo de ejecución al implementar la metodología VDC/BIM, en un proyecto de infraestructura vial. El procedimiento ha consistido en estudiar el Expediente Técnico hecho con metodología tradicional detectando incompatibilidades para luego corregir los errores mediante esta nueva metodología, elaborando una construcción virtual. Obteniendo resultados de 1.14% de diferencia en metrados de volúmenes de excavación entre ambos métodos. Concluyendo que el uso de nuevas tecnologías como el VDC/BIM en la infraestructura vial, logró una mayor precisión en el presupuesto y en el plazo de ejecución, aminorando el riesgo de fracaso (Rodríguez Cabellos, 2022).

También tenemos la tesis de la autora Adly Mayda Coaquira Quispe, titulada “Análisis comparativo con el diseño tradicional 2D y la implementación del Building Information Management” que tiene por objetivo comparar la implementación del método tradicional vs la implementación de la metodología BIM. Lo cual el procedimiento desarrollado fue en dos casos, caso 01 (Construcción de la unidad de gestión educativa local (UGEL) Bambamarca) y



caso 02 (Construcción e implementación del Hospital II-2 de Jaén). Obteniendo como resultado una diferencia de 17.75% en metrados de excavación y 0.28% en metrados de relleno entre la metodología tradicional y BIM. Concluye que la diferencia es porque al realizarla metodología BIM son trabajos colaborativos y con programas esto hace que sean más óptimo y preciso mientras con el diseño tradicional 2d es realizar individual. (Coaquira Quispe, 2020).

2.1.3 Antecedentes locales

Como antecedente local se tiene la tesis de los autores Gustavo Antonio Alca Arpasi y Diego Alfonso Gutierrez Yana, titulada “Análisis de movimiento de tierras en carreteras generado por el método de diferencia de superficies con drone en contraste al método de prisma de carretera” que tiene por objetivo Analizar el volumen de movimiento de tierras en carreteras calculadas por el método de sustracción de superficies aplicando la fotogrametría con drone, en semejanza al método de prisma de carretera basado en el método tradicional. El procedimiento desarrollado para el cálculo de volumen de movimiento de tierras, para lo cual, en un tramo de la vía Puno-Moquegua con la vía Puno-Desaguadero. Obteniendo unas diferencias de 5.33 % en volúmenes de corte y una diferencia de 2.76% en volúmenes de relleno. Concluyendo que El volumen de movimiento de tierras en carreteras calculado por el método de diferencia de superficies aplicando fotogrametría con drone representa el volumen real de movimiento de tierras con lo que garantiza mayor precisión que los resultados obtenidos con el método tradicional de prisma de carretera (Alca Arpasi & Gutierrez Yana, 2021).

Así, mismo se tiene la tesis de la autora: Lisbeth Nora Chino Quispe, titulada: “Adicionales de Obra en la Ejecución de Proyectos de Inversión Pública de Infraestructura Vial en el Gobierno Regional Puno, periodo 2008 – 2018” ,



tiene por objetivo Analizar los elementos determinantes que generan los adicionales de obra y sus efectos ocurridos en la ejecución de proyectos de inversión pública de infraestructura vial por administración directa y por contrata, en el Gobierno Regional Puno, periodo 2008 – 2018. El procedimiento desarrollado fue en el análisis de las causas de los adicionales de obras de 31 proyectos por administración directa y 09 proyectos en la modalidad de contrata. Como resultado Se ha identificado que los mayores metrados han sido la causa principal de adicionales de obra tanto en proyectos ejecutados por administración directa como por contrata, de un total de 54 adicionales de obra aprobados, 34 adicionales fueron aprobados por mayores metrados que significan el 62.96% (Chino Quispe, 2020).

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 Carretera

Es una infraestructura de transporte fundamentalmente adecuada dentro de una faja de terreno denominada derecho de vía, con la finalidad de permitir la circulación de vehículos de manera permanente en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad (Cárdenas Grisales, 2013).

Una carretera es una red de transporte que faculta la circulación de vehículos en el espacio y el tiempo y que requiere de cierto nivel de seguridad, rapidez y comodidad. Puede ser de una o varias calzadas, cada calzada puede estar constituida por uno o varios carriles y tener uno o ambos sentidos de circulación, de acuerdo a los volúmenes en la demanda del tránsito (Agudelo Ospina, 2002).

Se considera una vía transitable para vehículos automotrices de dominio público, construida principalmente para la circulación de los mismos. Ésta,



contiene aspectos generales como su clasificación, su estructura y sus especificaciones geométricas. Sus orígenes datan de Mesopotamia hace 5,000 años debido a la invención de la rueda que ocasionó la necesidad de construir superficies de rodamiento que permitieran la circulación del tránsito en esa época. Los primeros caminos construidos científicamente aparecieron en los comienzos del imperio Romano, con la famosa Vía Appia, la cual conectaba a Roma con Hidruntum (Montaño De León et al., 2015).

Las carreteras son vías de transporte públicas que están construidas principalmente para la circulación de vehículos ligeros y pesados. Estas pueden conectarse a propiedades colindantes a través de accesos y se deben diferenciar de las autopistas y autovías (Helloauto, 2021).

Según el Ministerio de transportes y Comunicaciones, 2018 en su manual de diseño geométrico de carreteras define que una carretera es un Camino para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normas técnicas vigentes.

2.2.2 Diseño Geométrico de Carreteras

El diseño geométrico es la parte más importante ya que a través de él se establece su configuración geométrica tridimensional, con el fin de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica, y compatible con el medio ambiente. Los factores externos están relacionados, entre otros aspectos, con la topografía del terreno natural, la conformación geológica y geotécnica del mismo,



el volumen y características del tránsito actual y futuro, los valores ambientales, la climatología e hidrología de la zona, los desarrollos urbanísticos existentes y previstos, los parámetros socioeconómicos del área y la estructura de las propiedades. Los factores internos complementan las velocidades a tener en cuenta para el mismo, y los efectos operacionales de la geotecnia, especialmente los vinculados con la seguridad exigida y los relacionados con la estética y armonía de la solución (Cárdenas Grisales, 2013).

La parte más importante del proyecto de una carretera lo constituye su diseño geométrico. Este proceso consiste en, a partir de una serie de condicionantes previos, definir la configuración geométrica definitiva que perseguirá satisfacer al máximo los siguientes objetivos fundamentales: funcionalidad, seguridad, comodidad, integración ambiental, armonía o estética, economía y elasticidad. La carretera es una realidad tridimensional, si bien no suele concebirse directamente como tal. El proceso de diseño tradicional consiste en centrarse iterativamente sobre cada una de sus partes o proyecciones (planta, alzado y sección transversal). A su vez, en cada uno de los pasos hay que tener en mente la realidad tridimensional del conjunto, analizando el cumplimiento de la normativa y el conjunto de criterios u objetivos. (García et al., 2013)

2.2.3 Criterios básicos para el Diseño Geométrico

Según el manual de diseño geométrico de carretas DG-2018 del Ministerio de transportes y comunicaciones dice lo siguiente. El patrón de una obra vial, que responde a un diseño en referencia a instrucciones y límites normativos establecidos en el presente, queda determinado por:



1. La Categoría que le corresponde (autopista de primera clase, autopista de segunda clase, carretera de primera clase, carretera de segunda clase y carretera de tercera clase).

2. La velocidad de diseño (V).

3. La sección transversal definida.

2.2.4 Movimiento de Tierras en Proyectos de Infraestructura Vial

Se denomina movimiento de tierras al conjunto de procedimientos que se realizan con los terrenos naturales, a fin de transformar las formas de la naturaleza o de contribuir materiales útiles en obras públicas, viales, minería o industria (Tiktin Ferreiro, 1993).

Las operaciones del movimiento de tierras en el caso general son:

- Excavación
- Carga
- Acarreo
- Descarga
- Extendido
- Humectación
- Compactación
- Servicios auxiliares (refinos, sancos, etc.)

Es la acción de cortar y remover cualquier clase de material independiente de su naturaleza, dentro o fuera de los límites de construcción, para integrarlo en la construcción de rellenos, terraplenes y cualquier otro elemento que se relacione con la construcción de la carretera, así como también el corte y movimiento del



material excedente que no se va a utilizar en otros trabajos de la carretera, catalogándolo como material de desperdicio (Gómez Figueroa, 2011).

2.2.5 Corte en Explanaciones

Corte de Material Suelto

Consiste en la excavación y eliminación de materiales suaves con el uso de un equipo pesado, se considera como materiales sueltos, las arenas, gravas, algunas arcillas, cenizas volcánicas, tierras de cultivo y material calcáreo disgregado. También incluye el acicalado de taludes (Ibáñez, 2011).

Corte de Roca Suelta

Consta en la excavación y eliminación de bolones de roca que están cohesionados por arcillas, para esto es necesario la utilización de explosivos (definido por el estudio de suelos) y de equipo pesado (Ibáñez, 2011).

Corte de Roca Fija

Consiste en la perforación, disparo y trituración de roca mediante la utilización de explosivos, así mismo el desquinche y acicalado de taludes con el uso de equipo pesado (Ibáñez, 2011).

2.2.6 Conformación en Terraplenes (Relleno)

Consiste en la colocación de materiales de corte o préstamos para formar los terraplenes en relación a las especificaciones y su compactación de capas, de conformidad de los alineamientos pendientes, perfiles transversales indicados en los planos. El área donde se va construir el terraplén o relleno deberá estar



completamente limpio de toda materia orgánica. Será escarificado o removido para facilitar adherencia del material del relleno con la superficie del terreno (Ibáñez, 2011).

2.2.7 Volumen de Movimiento de Tierras

Consiste en determinar la cantidad o magnitud de los diferentes trabajos a realizar para la construcción de una obra, en nuestro caso para la construcción de las explanaciones (Ibáñez, 2011).

2.2.8 Métodos Tradicionales Cálculo de Volúmenes

Método de las Secciones

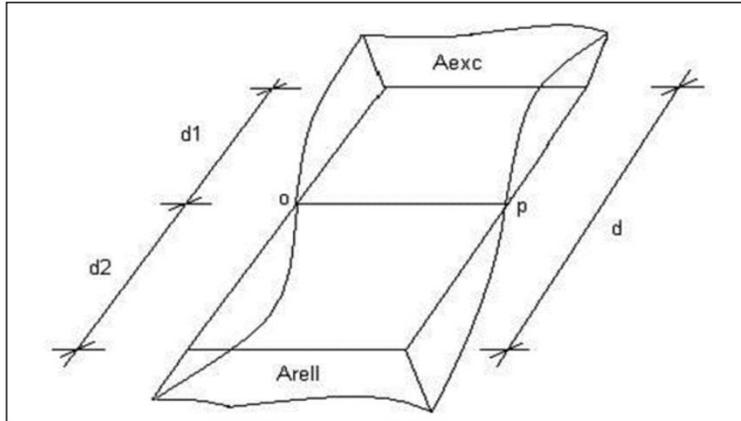
a) Cuando las secciones transversales continuas (en excavación o en relleno o terraplén) el volumen entre ambas secciones se calcula fácilmente por:

$$V = \left(\frac{A_e + A_r}{2} \right) \cdot d, m^3$$

b) Cuando una sección está en excavación y la otra sección continua está en relleno o terraplén:

Figura 1.

Método de secciones (caso corte y relleno)



Nota. Esta figura representa el método de secciones (caso corte y relleno) para cálculo de volúmenes de tierras. Tomado de Orta, 2013

En este caso:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{A_r}{A_e}$$

Como: $d = d_1 + d_2$, entonces:

$$d_1 = d \frac{A_r}{A_e + A_r}$$

$$d_2 = d \frac{A_e}{A_e + A_r}$$

Como la línea o-p (línea cero o línea donde se produce el cambio de excavación a relleno) posee área nula:

$$V_{\text{rell}} = d_1 \left(\frac{A_r + 0}{2} \right) = d_1 \frac{A_r}{2}$$

$$V_{\text{exc}} = d_2 \left(\frac{A_e + 0}{2} \right) = d_2 \frac{A_e}{2}$$

Sustituyendo y efectuando con los valores parciales de las distancias d_1 y d_2 :

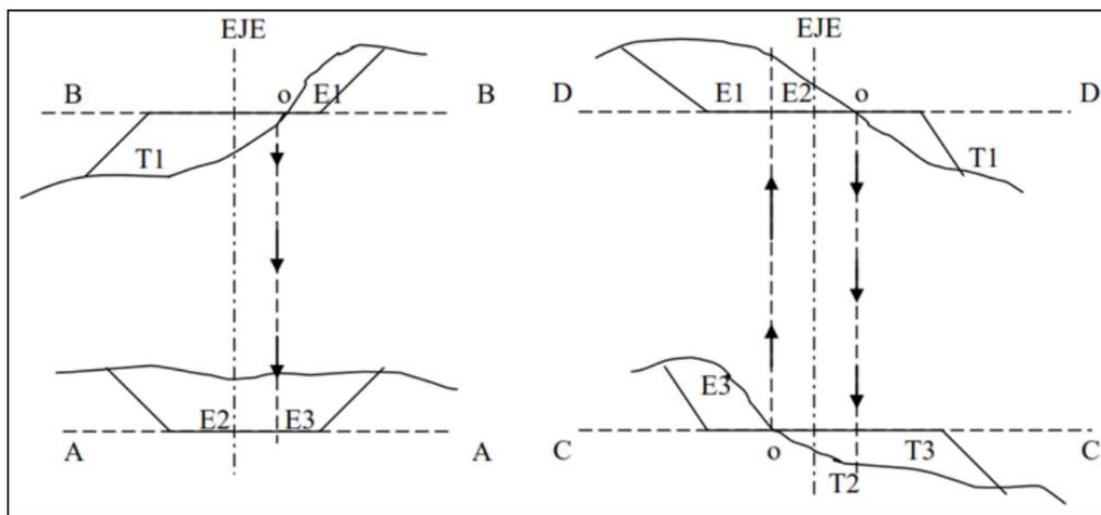
$$V_{\text{rell}} = d/2 \frac{(A_R)^2}{A_e + A_r} m^3 \text{ compactados}$$

$$V_{\text{exc}} = d/2 \frac{(A_e)^2}{A_e + A_r} m^3 \text{ naturales}$$

Cuando ambas secciones transversales continuas están a media ladera o una a media ladera y la otra en excavación o relleno el procedimiento a seguir genera un nuevo caso.

Figura 2.

Método de secciones (caso corte y relleno en ladera).



Nota. Esta figura representa el método de secciones (caso corte y relleno en ladera) para cálculo de volúmenes de tierras. Tomado de Orta, 2013.

En este caso se realiza una “Construcción Auxiliar” subdividiéndose las áreas de las secciones a partir de los puntos de cambio de excavación a terraplén, para así poder aplicar las expresiones básicas explicadas (Orta Amaro, 2013).

Método AutoCAD civil 3D

Método área final media



El método Average End Area (área final media) obtiene volúmenes haciendo la sumatoria del área de un tipo de material de una progresiva al área la progresiva siguiente, dividiendo la suma entre dos y seguidamente multiplicando el resultado por la distancia entre las progresivas (L) (Autodesk, 2020).

$$V = \frac{L}{2} [A_1 + A_2]$$

Método Prismoidal

El método prismoidal es idéntico al método de área final media, pero emplea una sección transversal adicional en el medio de las progresivas sucesivas (Autodesk, 2020).

$$V = \frac{L}{3} [A_1 + \sqrt{A_1 A_2} + A_2]$$

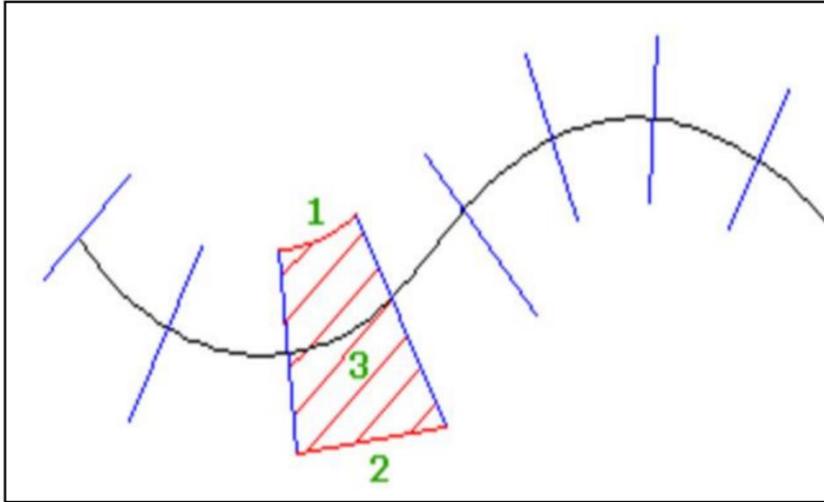
Método de Volumen Compuesto

El método compuesto se limita a las listas de materiales que tienen sólo dos superficies y no se puede utilizar en listas de materiales que contengan formas de obra lineal.

Para calcular volúmenes compuestos, AutoCAD Civil 3D crea polígonos entre las líneas de muestreo y, a continuación, calcula los volúmenes delimitados de estos polígonos. Los polígonos se crean mediante la unión de los desfases de las líneas de muestreo entre dos progresivas sucesivas, tal como se muestra en la ilustración siguiente.

Figura 3.

Método de volumen compuesto con Civil 3D



Nota. Esta figura representa el método de volumen compuesto con Civil 3D para cálculo de volumen. Tomado de Autodesk, 2020.

2.2.9 Métodos Modernos de Cálculo de Volúmenes.

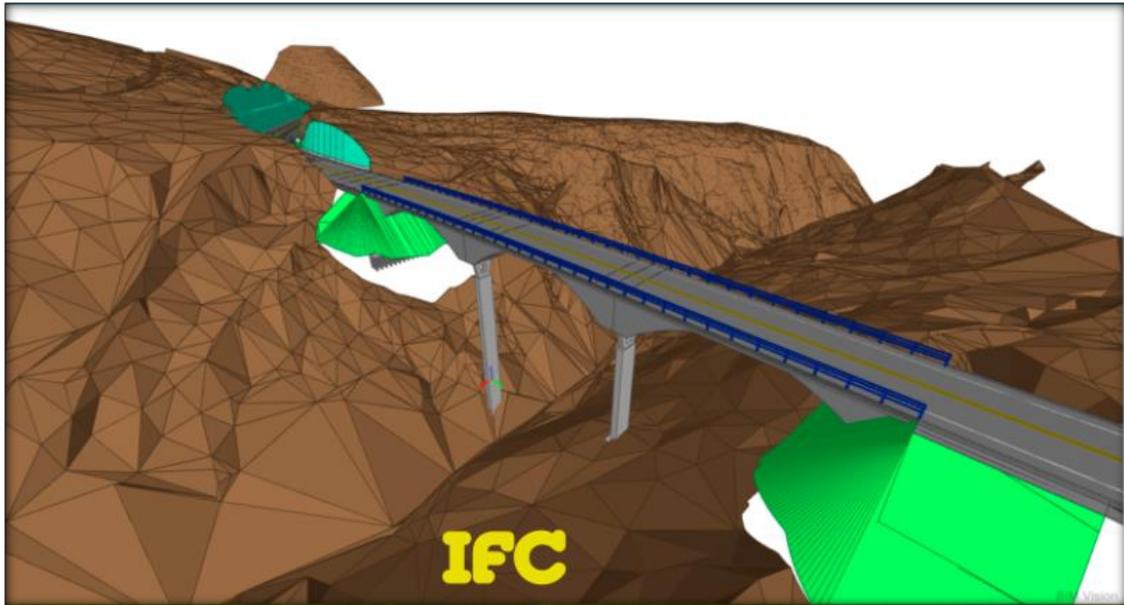
Por la Metodología BIM por archivos IFC.

Actualmente con el avance de la tecnología en los ordenadores y así mismo la necesidad de automatizar el cálculo de cantidades (metrados), existe la metodología BIM que trabaja en un entorno de modelo virtual y la exportación en archivos de formato IFC, donde todos los componentes de un proyecto se convierten en forma de bloques alimentados con información geométrica y de cantidades.

Con esta metodología ya no es necesario obtener el cálculo de cantidades (metrados) de manera manual mediante planillas de calculo.

Figura 4.

Modelo virtual de una carretera en formato IFC



Nota. Esta figura representa el modelo virtual de una carretera en formato. IFC. Tomado de Istam, 2021.

2.2.10 Building Information Modeling (BIM)

BIM son las siglas de Building Information Modeling, en su traducción modelado de información de construcción. Se trata de una metodología que permite, a todos los profesionales que participan en un proyecto de construcción, operar de forma colaborativa e intercambiar información en tiempo real, lo que hace posible acortar los tiempos de diseño, desarrollo, gestión y ejecución del proyecto (Ekon, 2020).

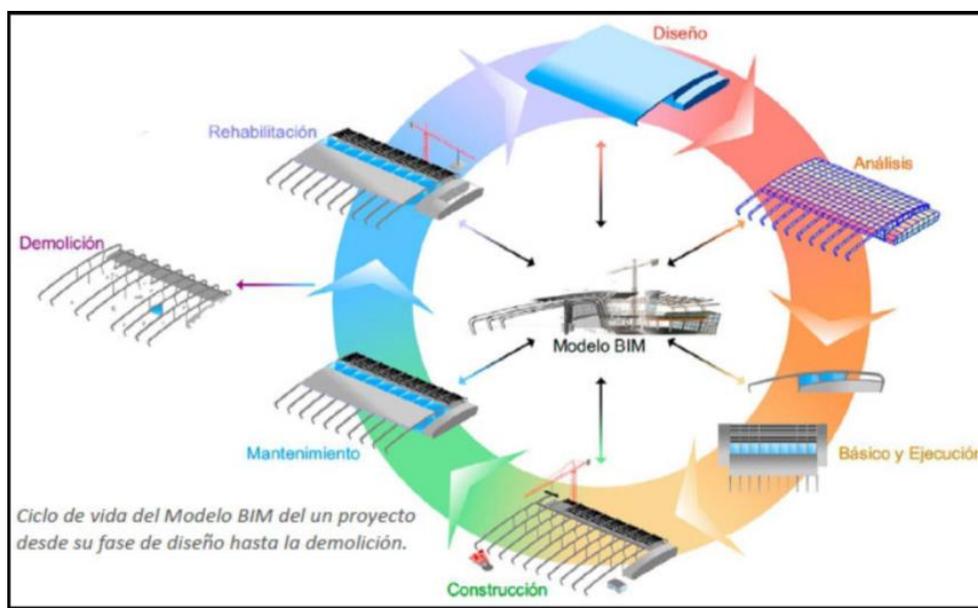
BIM (Building Information Modeling) o conjunto de metodologías de trabajo y herramientas, caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando varias bases de datos compatibles que integren la información referente al edificio que en idea se tiene diseñar, construir o usar. Esta información puede ser de tipo formal, pero también puede hacer referencia en los materiales utilizados y sus calidades físicas, los usos

de cada espacio, la eficiencia energética de los cerramientos, etc. (Almonacid Flores et al., 2015).

Según la norma ISO 19650 BIM es una representación digital compartida (modelo de información) de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación y proporcionar una base confiable para la toma de decisiones (buildingSMART Spain, 2021).

Figura 5.

Ciclo de vida de un modelo BIM



Nota. Esta figura representa el ciclo de vida de un modelo BIM. Tomado de (buildingSMART Spain, 2021)

Paz García (2019) en su trabajo de fin de master manifiesta que La metodología BIM se usa en la gestión de diversos proyectos de ingeniería civil mediante la integración de varias dimensiones más allá del modelado 3D, ya sean tiempo, costos, sostenibilidad, etc., e interviene también en fase diseño, construcción, explotación y mantenimiento de cualquier infraestructura.

Eastman et al. (2011) en su libro handbook define BIM como un grupo de herramientas, procesos y tecnologías y que es accesible por una documentación



digital e inteligible, por la máquina acerca de la edificación, su desempeño, su planeamiento, su construcción y su posterior operación. El resultado de una actividad BIM es un modelo de información de la edificación.

De parte de uno de los desarrolladores de softwares más importantes de la industria de la construcción, la compañía norteamericana Autodesk, “BIM es un proceso basado en un modelo inteligente que proporciona una visión para ayudar a planificar, diseñar, construir y gestionar edificios e infraestructuras” (Autodesk, 2015).

Entonces el BIM no es un software ni una marca comercial, ni una sola fase del ciclo de vida del proyecto. BIM es un modelo virtual 3D asociado en una base de datos donde su objetivo es centralizar toda la información y las fases del proyecto creado por sus agentes multidisciplinarios.

2.2.11 Dimensiones Y Niveles De La Metodología BIM

Primera dimensión (1D) La idea:

La primera dimensión y básica en un proyecto es la idea en el cual se inicia un proyecto, repentinamente se piensa como se realizará y como será para la toma de decisiones preliminares. “Con los correspondientes estudios de viabilidad, primeros croquis y estimaciones, se tomarán las bases del futuro proyecto” (García Fernández, 2017).

Segunda Dimensión (2D) El Boceto:

La segunda dimensión comienza a poner en camino la idea donde se realizará los estudios proyectados, en base a cálculos y diseños, se constituirán, “estimaciones de costes, pre-dimensionamientos del proyecto a definir” (García Fernández, 2017) Se “Preparan los softwares para



modelar; planteando los materiales. Se define las características geométricas y energéticas y se establece las bases para la sostenibilidad del proyecto” (Sánchez Agustín, 2016).

Tercera Dimensión (3D) Visualización del Modelo:

En esta dimensión se comienza a evidenciar las anteriores dimensiones con una visualización donde se representa todo el modelo con su geometría. “En este modelo los arquitectos, ingenieros, constructores y directores, entre otros profesionales, pueden recoger o generar información de acuerdo a sus necesidades” (Hildebrandt Gruppe, 2016)

Cuarta Dimensión (4D) Programación de tiempos:

En esta dimensión se debe tener claro el proyecto, teniendo en cuenta la evolución de la construcción. La toma de decisiones para prevenir contra tiempos en las obras de construcción. “Los modelos 4D son una alternativa útil para proyectar herramientas de programación como redes de CPM (rutas críticas) y gráficos de barras. Esto permite a los usuarios comprender rápidamente un horario e identificar problemas potenciales” (Candelario Garrido et al., 2017), con una simulación constructiva del proyecto corrigiendo posibles problemas a futuro por medio de un plan de ejecución.

Quinta Dimensión (5D) Costo:

La quinta dimensión de esta metodología es la más llamativa de todas porque se habla del dinero que se va a invertir en el proyecto, “es capaz de utilizar modelos electrónicos para proporcionar estimaciones detalladas y planes de costo de vida en tiempo real” (Smith, 2014) . Así



mismo “un gerente de costos puede hacer esto extremadamente rápido, un número infinito de veces y en una complejidad de combinaciones” (Smith, 2016) con diferentes cantidades de materiales estimando los costos.

Sexta Dimensión (6D) Comportamiento de Sustentabilidad:

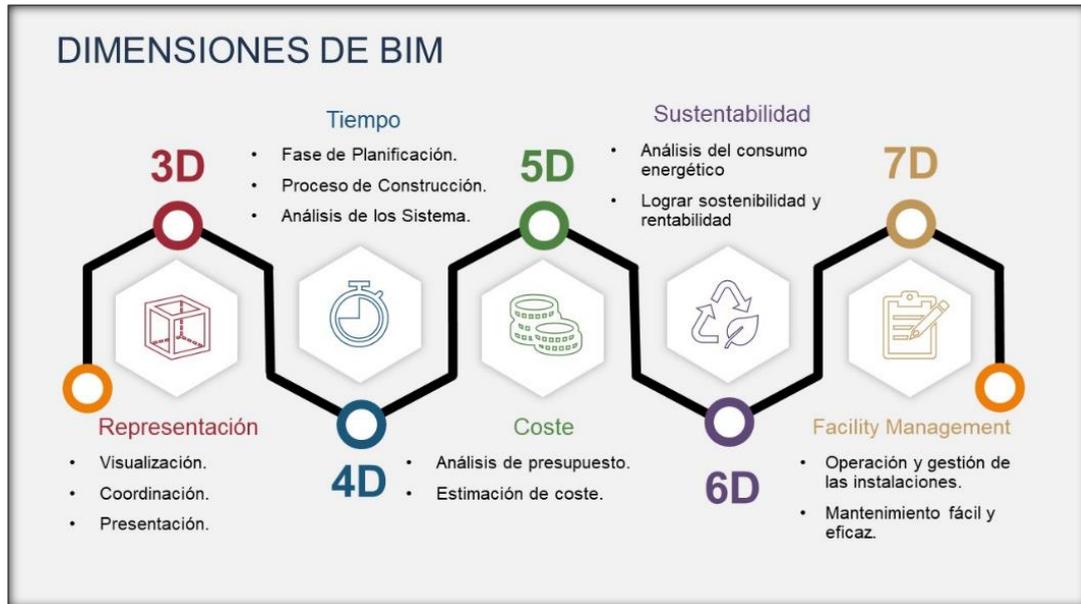
Sexta dimensión en la que se presenta un tema muy importante y valor agregado a las construcciones que es el tema de sustentabilidad, simulando así el posible comportamiento energético, permitiendo un análisis para la toma de decisiones técnicas y tecnológicas para optimizar el consumo de energía y reducir así los daños al medio ambiente (Hildebrandt Gruppe, 2016) . “BIM 6d esta principalmente orientado a mejorar el rendimiento del ciclo de vida del proyecto” (Nicał & Wodyński, 2016) , con la ubicación adecuada permitiendo así una integración de la estructura con el entorno. También se podrá llamar de esta manera Green BIM (BIM VERDE).

Séptima Dimensión (7D) Operaciones Gestión de Ciclo De Vida:

Séptima y última dimensión de esta metodología en donde ya se evidencia todas las dimensiones anteriores y se “entrega un control logístico y operacional para el uso y mantención del edificio” (Hildebrandt Gruppe, 2016) , para poder ser utilizada cuando se encuentre en funcionamiento. Se contará con un modelo virtual de la construcción que contendrá toda la información relevante del proyecto, como instalaciones y procesos constructivos para los implicados en el proyecto. Esto permitirá gestionar mantenimientos antes de que ocurran fallas en los sitios adecuados.

Figura 6.

Dimensiones de la Metodología BIM



Nota. Esta figura representa las dimensiones de la metodología BIM. Tomado de (CadBIMSurveys, 2022).

2.2.12 Niveles de Detalle de la Metodología BIM

El nivel de detalle (level of detail), LOD, define hasta cuanto detalle gráfico debe contener un elemento. “Hoy en día, existen varios estándares que definen estos niveles, tanto nacionales como internacionales. Ninguno de ellos cubre la totalidad de elementos del sector, pero sí dan una descripción suficientemente detallada como para poderla extrapolar a cualquier elemento” (Dirección General de Movilidad e Infraestructuras Viarias, 2020).

LOD 100 es una representación conceptual, contiene un detalle mínimo para ser identificable. La representación es tridimensional y poco detallada.

LOD 200 es una representación genérica, las dimensiones de los elementos con aproximadas y carecen de precisión.

LOD 300 es una representación específica, se puede diferenciar materiales de tipos y componentes, y sus dimensiones son exactas.

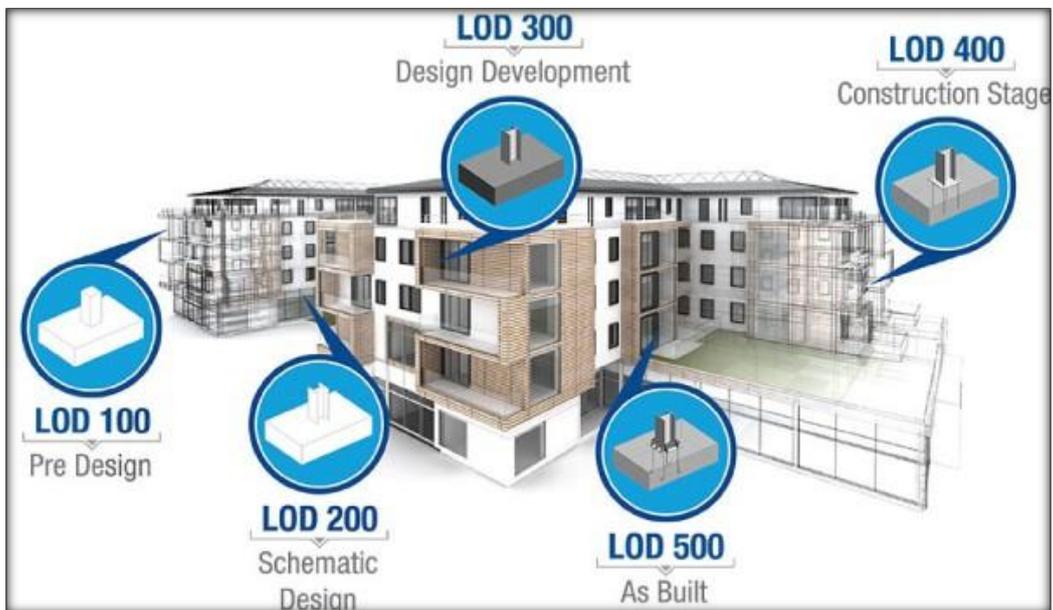
LOD 350 es una representación específica y detallada, contiene detalles especiales de fabricación, como para fabricar el elemento completamente.

LOD 400 Para fabricación, incluye todos los subcomponentes necesarios para su fabricación y puesta en obra.

LOD 500 Modelo “AsBuilt”. Es el modelo que representa la forma ejecutada en base a datos obtenidos de campo.

Figura 7.

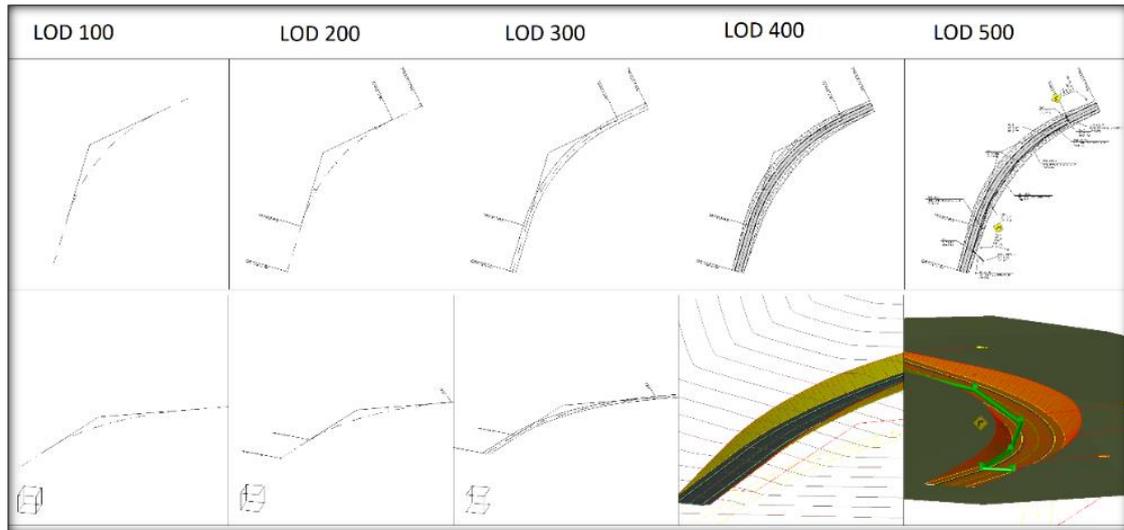
Niveles de detalle en Edificaciones



Nota. Esta figura representa los niveles de detalle en edificaciones (LOD). Tomado de (Imasgal, 2022)

Figura 8.

Niveles de Detalle en Infraestructura Vial



Nota. Esta figura representa los niveles de detalle en infraestructura vial (LOD). Tomado de (Autodesk, 2015)

2.2.13 Interoperabilidad del BIM con IFC

Industry Foundation Classes (IFC)

En vista de que la metodología BIM trabaja con profesionales multidisciplinarios estos requieren compartir la información en un formato estándar y a partir de ello nace IFC desarrollado por buildingSMART International

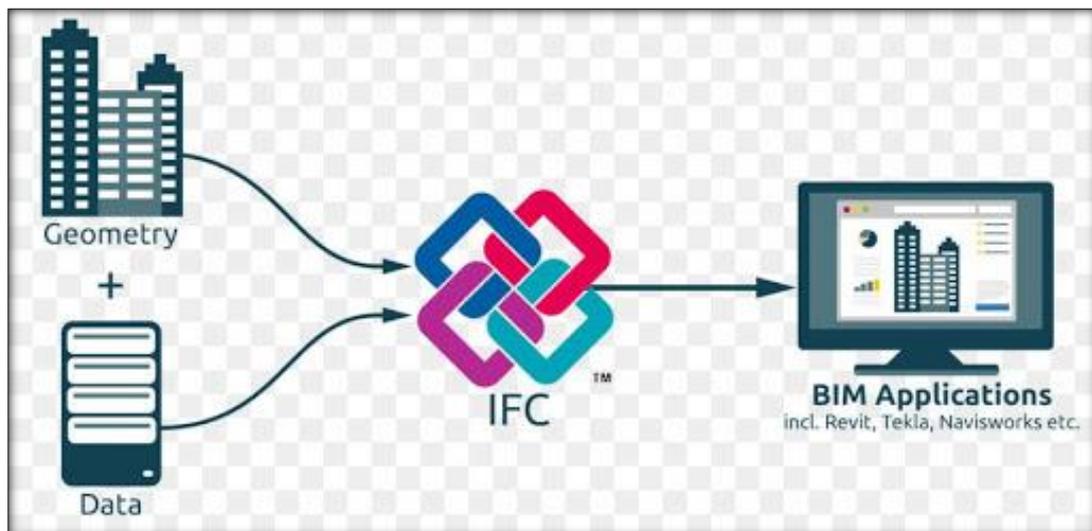
En general, IFC, o "Clases fundamentales de la industria", es una descripción digital estandarizada del entorno construido, incluidos los edificios y la infraestructura civil. Es un estándar internacional abierto (ISO 16739-1:2018), destinado a ser independiente del proveedor o agnóstico, y utilizable en una amplia gama de dispositivos de hardware, plataformas de software e interfaces para muchos casos de uso diferentes (BuildingSMART International, 2022).

“El objetivo principal es facilitar la interoperabilidad dentro del sector de la construcción, y se utiliza en proyectos basados en BIM. Es la mejor opción para trabajar con formatos de archivo estandarizados y será necesaria para más propietarios y proyectos en un futuro próximo” (BIMCommunity, 2022).

Industry Foundation Classes (IFC) es un estándar común para el intercambio de datos en las industrias de la construcción. Permite a los profesionales de la construcción compartir información independientemente de la aplicación de software que estén utilizando. Los datos utilizados durante todo el ciclo de vida de un edificio permanecen almacenados y pueden volver a utilizarse para múltiples propósitos (BIMCommunity, 2022).

Figura 9.

Uso del Industry Foundation Classes (IFC)



Nota. Esta figura representa el uso del formato IFC industry foundation classes. Tomado de (BIMCommunity, 2022)

2.2.14 BIM en Infraestructura Vial

Para proyectos de infraestructura vial se deberá usar el utilitario cuyas herramientas faciliten la creación de elementos viales (Acuña Correa, 2016).

“La implementación de esta metodología en las obras de carreteras y puentes permite producir y almacenar toda la información necesaria para operar en las distintas fases de los proyectos constructivos hasta su conservación, operación y mantenimiento” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2021).

Figura 10.

División de Disciplinas en Infraestructura Vial



Nota. Esta figura representa la división de disciplinas en un proyecto de infraestructura vial. Tomado de (Dirección General de Movilidad e Infraestructuras Viarias, 2020)

Figura 11.

Implementación del BIM en el MTC.



Nota. Esta figura representa Implementación de la metodología BIM en el Ministerio de transportes y Comunicaciones (MTC). Tomado de (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2021)

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 Ubicación Política

Políticamente el área de estudio está ubicada en:

- Lugar : Huaquina - Chucasuyo
- Distrito : Juli
- Provincia : Chucuito
- Departamento : Puno
- País : Perú
- Región Natural : Sierra

Figura 12.

Ubicación Política regional del área de estudio.



Nota. Esta figura representa la ubicación política regional del área de estudio.

Figura 13.

Ubicación Política Provincial del área de estudio



Nota. Esta figura representa la ubicación política provincial del área de estudio.

3.1.2 Ubicación Ámbito de Estudio

Ubicación UTM

Tabla 1.

Ubicación UTM-WGS84 de la investigación.

Punto	Este	Norte	Altura Geoidal	Zona
Inicio	451658.838	8209349.333	3870.554	19S
Final	457140.163	8209915.208	3874.757	19S

Nota: la siguiente tabla muestra las coordenadas UTM-WGS84 del punto de inicio y del punto final de la investigación.



Ubicación Geográfica

Tabla 2.

Ubicación Geográfica de la investigación.

Punto	Latitud	Longitud	Altura Elipsoidal	Zona
Inicio	16°11'44.99593"	69°27'08.14066"	3869.885	19S
Final	16°11'26.95052"	69°24'03.49474"	3872.546	19S

Nota: la siguiente tabla muestra las coordenadas Geográficas del punto de inicio y del punto final de la investigación.

3.1.3 Vías de Acceso

Tabla 3.

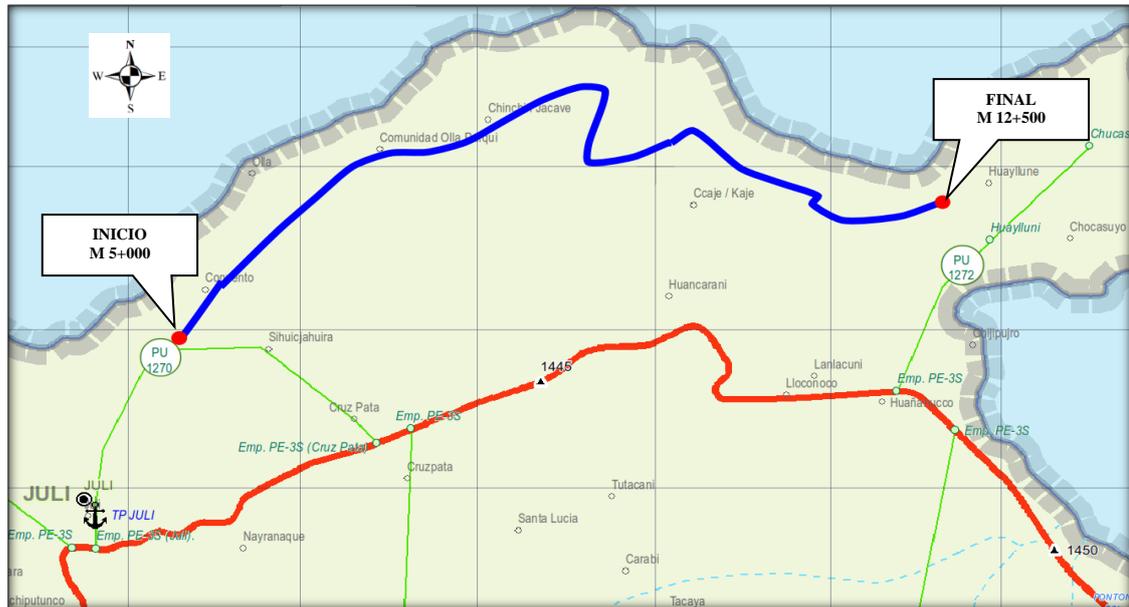
Vías de Acceso al lugar de estudio de la investigación

Tramo	Tipo de carretera	Distancia	Tiem. Recorrido
Puno-Ilave	Carretera asfaltada	55.3 km	1 hora
Ilave - Juli	Carretera asfaltada	27.6 km	25 min
Juli-proyecto	Trocha carrozable	1.5 km	10 min
Total		86 km	1 h 30 min

Nota: la siguiente tabla muestra las vías de acceso por tramos al lugar de estudio de la investigación.

Figura 14.

Croquis del Proyecto



Nota. Esta figura representa el croquis del área de estudio haciendo referencia al punto de inicio y al punto final del proyecto.

3.2 MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS UTILIZADOS

3.2.1 Materiales e Instrumentos

Los materiales e instrumentos utilizados en campo para la recolección de datos son:

Tabla 4.

Materiales e instrumentos utilizados en campo en la investigación.

MATERIALES			
NUM.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1	Cemento	2	Bolsa
2	Varillas de acero de ½” de 40 cm	20	Und
3	Agregado fino	0.5	m3
5	Placas de Bronce de acuerdo al IGN	8	Und
6	Yeso	3	Bolsa
7	Libretas topográficas	2	Und



8	Pintura esmalte color rojo	1	gln
9	Pintura esmalte color blanco	1	gln
10	flexómetro	2	Und

Nota: esta tabla indica la descripción, cantidad y unidad de los materiales e instrumentos utilizados en campo en la investigación

los materiales utilizados en gabinete son:

Tabla 5.

Materiales utilizados en gabinete en la investigación.

MATERIALES			
NUM.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1	papel bond	2	millar
2	folder	10	und
3	cuaderno	1	und
5	lapiceros	6	und
6	correctores	1	und
7	resaltadores	1	und

Nota: esta tabla indica la descripción, cantidad y unidad de los materiales utilizados en gabinete en la investigación

3.2.2 Equipos

Tabla 6.

Equipos utilizados en la investigación

EQUIPO			
NUM.	DESCRIPCION	MODELO	CANTIDAD
1	Receptor GNSS/Trimble	R8	1 Und
2	Vehículo aéreo no tripulado DJI	Panthom 4 RTK	1 Und
3	Computadora portátil AlienWare	R5	1 Und
4	Radios de comunicación de mediano alcance	Motorola	1 Und
5	Memorias USB Toshiba	32 GB puerto 3.0	1 Und
6	Disco duro externo Toshiba de 1TB		1 Und
7	camioneta Toyota	Hilux	1 Und

Nota: esta tabla indica la descripción, modelo y cantidad de los equipos utilizados en la investigación.

3.2.3 Software

Tabla 7.

Softwares utilizados en la investigación.

SOSTWARE			
NUM.	DESCRIPCION	VERSION	LICENCIA
2	Istram Ispol	21.10.10.13	licencia estudiante
3	Recap	2020	licencia estudiante
5	Agisoft Metashape Professional	1.6.5	licencia estudiante
6	BIM visión	2.25.2	licencia estudiante
7	Microstation	10.16.00.08	licencia estudiante
8	Microsoft office	2016	licencia estudiante
9	IBM SPSS Statistics	26.00.00	licencia estudiante

Nota: esta tabla indica la descripción, versión y licencia de los softwares utilizados en la investigación.

3.3 TIPO DE ESTUDIO

El tipo de estudio para la presente investigación es aplicada ya que tiene por objetivo resolver un determinado problema, el cual es comparar los volúmenes obtenidos por la metodología BIM y la metodología tradicional.

El tipo de investigación tiene un enfoque cuantitativo porque los volúmenes obtenidos a partir de método tradicional y método BIM, tendrá resultados en valores numéricos puesto que estos valores son continuos, es decir no tendrán alguna escala numérica.

3.3.1 Nivel de Investigación

El presente trabajo de investigación pertenece al diseño no experimental en su clasificación DESCRIPTIVO, descriptivo porque se determinará los volúmenes de corte y relleno obtenidos a partir de un diseño geométrico mediante la metodología tradicional y la metodología BIM.

3.3.2 Diseño de Investigación

Se utilizó un diseño de investigación no experimental el motivo es porque no se manipulo la variable (volumen de excavación y volumen de terraplen).

Para satisfacer a los objetivos de la investigación se no se usó algún diseño para una prueba estadística, simplemente por criterio del investigador se analizó mediante: gráfico de barras, generación de superficie de volumen y cálculos matemáticos.

3.3.3 Variables

En la investigación se ha identificado las siguientes variables:

Tabla 8

Variables de la Investigación.

VARIABLE	ISTRUMENTO DE MEDICION	INDICADOR	UNIDAD
volumen de corte	método tradicional y BIM	Metros cúbicos	m ³
volumen de relleno	método tradicional y BIM	Metros cúbicos	m ³

Nota: esta tabla indica el instrumento de medición, indicador y la unidad de las variables de la investigación.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

3.4.1 Población

Se tiene como población a la red vial departamental de la región de Puno.

3.4.2 Muestra

Se tiene a la carretera Huaquina-Chucasuyo ubicado en la provincia de Chucuito Juli. Comprendidos desde el Km: 5+000.00 hasta el Km: 12+500.00.

Por criterio del investigador, se tiene como **muestras dirigidas** a 15 unidades de muestreo comprendidas por 500 metros de carretera cada una, haciéndose un total de 7 kilómetros y medio.



Tabla 9.

Unidades de muestreo de la investigación

UM	PROGRESIVA		LONG
	DE	HASTA	
UM1	5+000.0	5+500.0	500.0
UM2	5+500.0	6+000.0	500.0
UM3	6+000.0	6+500.0	500.0
UM4	6+500.0	7+000.0	500.0
UM5	7+000.0	7+500.0	500.0
UM6	7+500.0	8+000.0	500.0
UM7	8+000.0	8+500.0	500.0
UM8	8+500.0	9+000.0	500.0
UM9	9+000.0	9+500.0	500.0
UM10	9+500.0	10+000.0	500.0
UM11	10+000.0	10+500.0	500.0
UM12	10+500.0	11+000.0	500.0
UM13	11+000.0	11+500.0	500.0
UM14	11+500.0	12+000.0	500.0
UM15	12+000.0	12+500.0	500.0

Nota: esta tabla indica la progresiva de inicio de progresiva final de cada unidad muestral en la investigación.

3.4.3 Instrumento de Observación

Para determinar si existe diferencias entre el método tradicional y método BIM. Se utilizo los siguientes instrumentos de observación.

Instrumento de observación directa

Se tiene a receptor geodésico GNSS

Instrumento de observación indirecta

En campo



se tiene al vehículo aéreo no tripulado

En Gabinete

Se tiene los softwares como: agisoft metashape profesional, Autodesk Recap Pro, Istram Ispol y BIMvision.

3.5 PROCEDIMIENTOS

Para los procedimientos de la etapa inicial se usó los datos del expediente técnico: “Mejoramiento del Camino Vecinal (Emp. Pe 3s) Huaquina Zapijicane - Pto Juli - Chucasuyo del Distrito De Juli - Provincia de Chucuito - Departamento de Puno”, como datos de:

- Georreferenciación y control topográfico
- Estudio de tráfico vehicular
- Estudio de diseño geométrico
- Estudio geológico y geotécnico

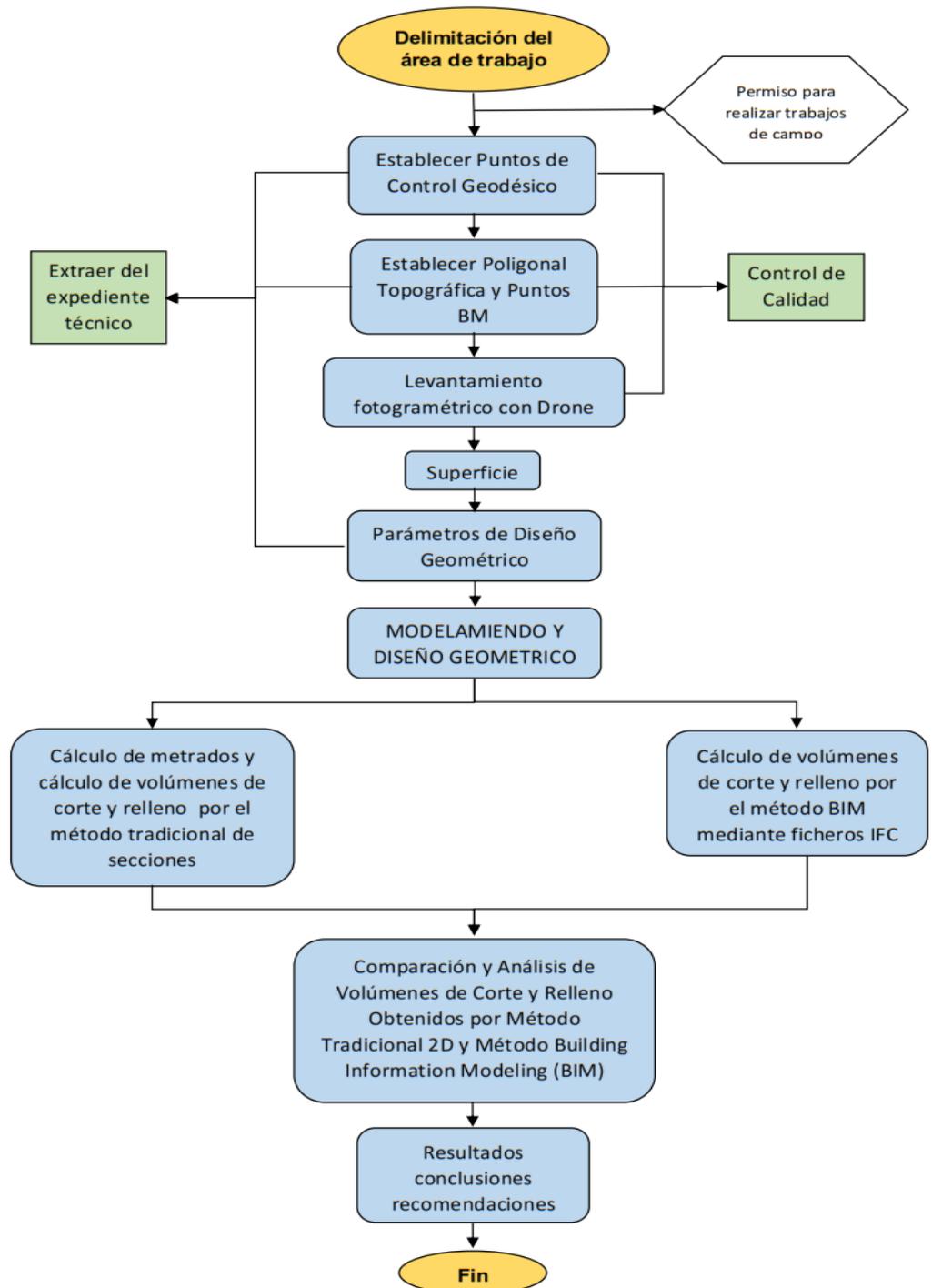
Puesto que mi persona trabajó en la Oficina de Estudios Definitivos del Gobierno Regional de Puno en la elaboración de dicho expediente técnico, con el cargo de Asistente Técnico en donde se tubo todos los **cuidados de ingeniería correctos.**

3.5.1 Flujograma de los trabajos en campo y gabinete

Figura 15.

Flujograma de los trabajos a realizar en campo y gabinete

Nota: este flujograma muestra los trabajos a realizar en campo y en gabinete en la investigación.



3.5.2 Etapa Inicial

Recopilación de información existente

Se recurrió al Gobierno Regional de Puno, más específico a la Gerencia Regional de Infraestructura, donde se ha obtenido el expediente técnico: "Mejoramiento del Camino Vecinal (Emp. Pe 3s) Huaquina Zapijicane - Pto Juli - Chucasuyo del Distrito De Juli - Provincia de Chucuito - Departamento De Puno"

Reconocimiento y Ubicación del Área de Estudio

Se seleccionó el lugar apropiado a fin de concretizar con los objetivos y se tomó como área de estudio el camino vecinal Huquina - Chucasuyo entre las progresivas: km 5+000 hasta el km 12+500 y se solicitó el permiso a las autoridades correspondientes a fin evitar algún inconveniente durante la etapa de campo.

Se recorrió a pie por toda la longitud de la vía a fin de visualizar e identificar áreas del proyecto para poder ubicar en lugares estratégicos los puntos de control geodésico, la poligonal topográfica y los BMs.

3.5.3 Trabajo de campo

Georreferenciación y Control Topográfico

- a) Monumentación de Puntos de control.

Se trabajaron con los puntos con códigos PCG-1183, PCG-1184, PCG-1185, PCG-1186 monumentados en el expediente técnico.

Figura 16.

Placa de Bronce y Monumentación con la inscripción PCG-1183



nota: la siguiente figura muestra la monumentación del punto de control geodésico PCG-1183. tomado de: expediente técnico, (2020).

Figura 17.

Placa de Bronce y Monumentación con la inscripción PCG-1184



nota: la siguiente figura muestra la monumentación del punto de control geodésico PCG-1184. tomado de: expediente técnico, (2020).

Figura 18.

Placa de Bronce y Monumentación con la inscripción PCG-1185



nota: la siguiente figura muestra la monumentación del punto de control geodésico PCG-1185. tomado de: expediente técnico, (2020).

Figura 19.

Placa de Bronce y Monumentación con la inscripción PCG-1186



nota: la siguiente figura muestra la monumentación del punto de control geodésico PCG-1186. tomado de: expediente técnico, (2020).

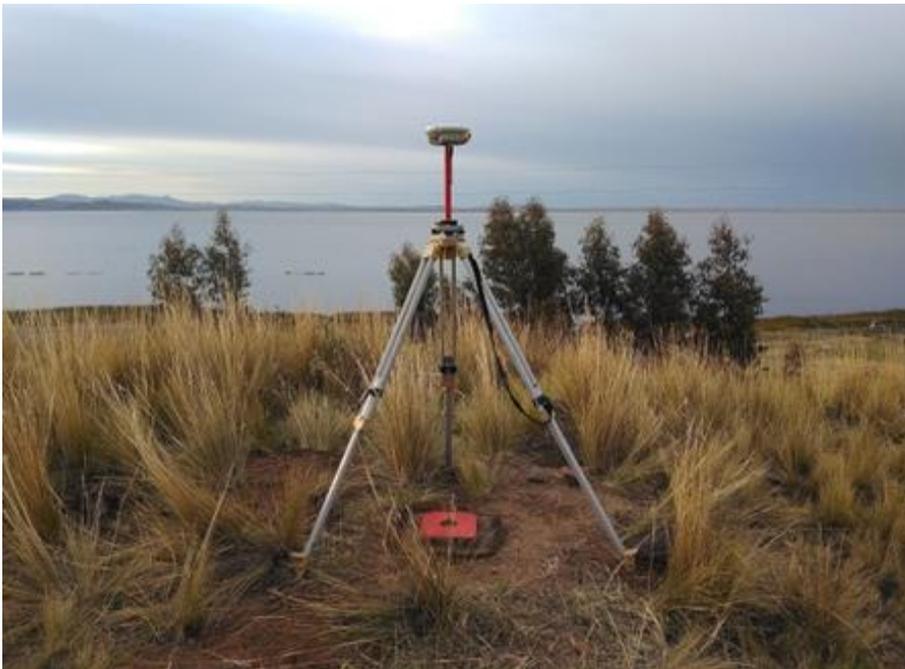
b) Georreferenciación de la Línea base

Para la georreferenciación de la línea base se usó los datos del expediente técnico.

Donde se usó el método Estático Diferencial a Post Proceso, que en planimetría afirma precisiones del orden de $\pm 3\text{mm} + 1\text{ppm}$, usándose Equipos Geodésicos de alta precisión $\pm \text{mm}$.

Figura 20.

Georreferenciación del punto de control geodésico PCG-1183



Nota: esta figura representa en el preciso instante donde se está leyendo los datos por el GPS-diferencial en el punto geodésico PCG-1183. Tomado de: expediente técnico, (2020).

Figura 21.

Georreferenciación del punto de control geodésico PCG-1184



Nota: esta figura representa en el preciso instante donde se está lecturando los datos por el GPS-diferencial en el punto geodésico PCG-1184. Tomado de: expediente técnico, (2020).

Figura 22.

Georreferenciación del punto de control geodésico PCG-1185



Nota: esta figura representa en el preciso instante donde se está lecturando los datos por el GPS-diferencial en el punto geodésico PCG-1185. Tomado de: expediente técnico, (2020).

Figura 23.

Georreferenciación del punto de control geodésico PCG-1186



Nota: esta figura representa en el preciso instante donde se está leyendo los datos por el GPS-diferencial en el punto geodésico PCG-1186. Tomado de: expediente técnico, (2020).

Tabla 10.

Coordenadas geográficas WGS-84 de los Puntos de Control Geodésico

COORDENADAS GEOGRAFICAS WSG-84				
PUNTO	LATITUD	LONGITUD	ALT. ELIPSOIDAL	DESCRIPCION
PCG-1183	S16°11'35.91061"	W69°26'55.60195"	3893.401	Hito de concreto
PCG-1184	S16°11'20.30926"	W69°26'37.36739"	3904.862	Hito de concreto
PCG-1185	S16°11'25.25545"	W69°24'27.04377"	3871.95	Hito de concreto
PCG-1186	S16°11'27.81530"	W69°24'05.63985"	3877.231	Hito de concreto

Nota: la presente tabla indica las coordenadas geográficas expresadas en grados minutos y segundos de los puntos de control geodésicos.



Tabla 11.

Coordenadas UTM- WGS-84 de los Puntos de Control Geodésico

COORDENADAS UTM- WSG-84				
PUNTO:	ESTE(m)	NORTE(m)	ALT. ORTOMETRICA (m): EGM2008	FACTOR DE ESCALA (COMBINADO)
PCG-1183	452030.522	8209629.33	3848.483	0.999018783
PCG-1184	452570.905	8210109.898	3859.938	0.999016353
PCG-1185	456440.839	8209965.928	3827.051	0.999017152
PCG-1186	457076.522	8209888.522	3832.338	0.999015646

Nota: la presente tabla indica las coordenadas UTM-WGS84, este y norte expresadas numéricamente así mismo muestra el factor de escala(combinado) de cada punto de control geodésico.

Tabla 12.

Coordenadas Topográficas de los Puntos de Control Geodésico.

COORDENADAS PLANAS TOPOGRAFICAS			
PUNTO DE ORIGEN TRANSFORMACION PCG-1184			
DESCRIPCION	NORTE	ESTE	COTA ORT.
PCG-1184	8210109.898	452570.905	3859.938
PCG-1183	8209628.858	452029.992	3848.483
PCG-1185	8209965.787	456444.637	3827.051
PCG-1186	8209888.305	457080.944	3832.338

Nota: la presente tabla indica las coordenadas topográficas, este y norte expresadas numéricamente, teniendo como punto de transformación de coordenadas al punto de control geodésico PCG-1184.

c) Poligonal y nivelación de puntos de control topográfico

Los datos se utilizaron del expediente técnico.

Tabla 13.

Coordenadas de la Poligonal de Apoyo

COORDENADAS POLIGONAL DE APOYO Y BMS				
PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
1	451853.427	8209529.994	3829.162	PJ-19
2	452117.394	8209751.805	3837.154	PJ-20



3	452325.377	8209924.116	3846.636	PJ-21
4	452743.576	8210160.832	3849.267	PJ-22
5	452790.381	8210220.866	3855.142	PJ-23
6	453094.706	8210276.37	3857.701	PJ-24
7	453241.007	8210385.153	3856.62	PJ-25
8	453381.197	8210475.211	3857.459	PJ-26
9	453600.892	8210609.184	3860.249	PJ-27
10	453800.644	8210794.72	3858.293	PJ-28
11	454049.645	8210910.377	3868.041	PJ-29
12	454193.202	8210980.958	3876.945	PJ-30
13	454436.988	8211089.675	3879.127	PJ-31
14	454574.089	8211102.544	3879.111	PJ-32
15	454759.982	8211024.58	3879.143	PJ-33
16	454785.833	8210947.121	3872.445	PJ-34
17	454712.296	8210813.588	3868.001	PJ-35
18	454513.55	8210623.458	3861.231	PJ-36
19	454596.202	8210581.282	3862.326	PJ-37
20	454675.771	8210608.918	3859.568	PJ-38
21	454790.521	8210571.554	3852.047	PJ-39
22	455026.496	8210789.928	3851.017	PJ-40
23	455244.42	8210885.911	3837.692	PJ-41
24	455423.628	8210725.24	3833.53	PJ-42
25	455473.046	8210653.348	3829.033	PJ-43
26	455457.247	8210574.696	3826.357	PJ-44
27	455642.602	8210309.755	3823.531	PJ-45
28	456007.082	8210165.75	3822.059	PJ-46
29	456282.102	8210012.12	3820.752	PJ-47
30	456952.208	8209794.981	3830.442	PJ-48
31	457143.959	8210045.205	3835.126	PJ-49

Nota: esta tabla indica las coordenadas topográficas, este y norte de la poligonal de apoyo y BMs.

Levantamiento Fotogramétrico con Drone

Para el levantamiento fotogramétrico con drone se ha usado el drone Phantom 4 RTK y como puntos de base se usó los puntos de control geodésico del expediente técnico.

- Se realizo un plan de vuelo con el programa PIX4D capture, de acuerdo a la geometría de la vía.

Figura 24.

Plan de vuelo de acuerdo a la geometría de la Carretera.

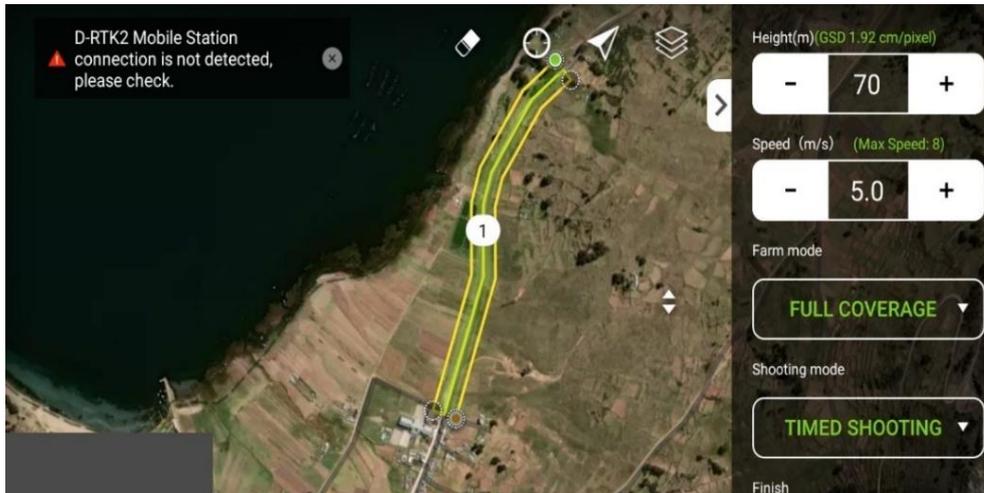


Nota: el gráfico representa la configuración del plan de vuelo de acuerdo a la geometría de la carretera.

- Se configuro tanto la altura de vuelo a 70 metros y la velocidad del drone.

Figura 25.

Altura de vuelo y la velocidad de operación del drone.

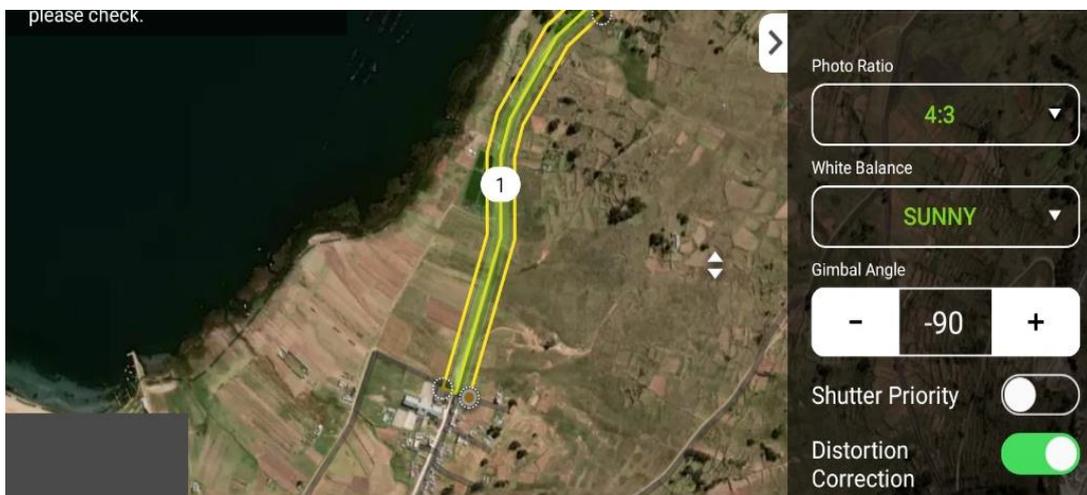


Nota: el grafico representa la configuración de la altura de vuelo y la velocidad de operación del drone.

- Se configuro el tamaño de imagen y el tipo de clima

Figura 26.

Configuración del tamaño de imagen y tipo de clima.

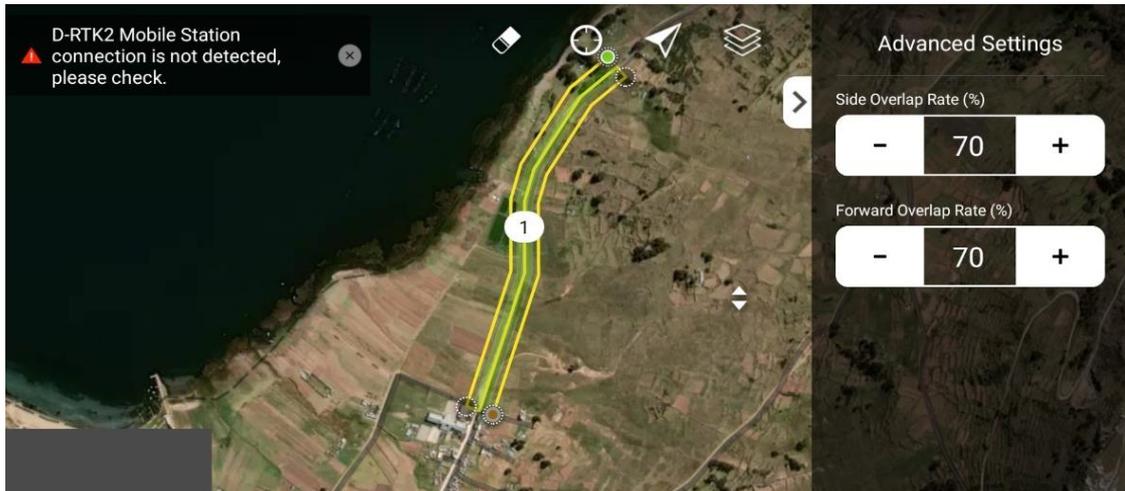


Nota: el grafico representa la configuración del tamaño de imagen y la configuración del tipo de clima para su balance.

- Se configuro el traslape y solape entre las ortofotos.

Figura 27.

Configuración de traslape y solape entre ortofotos

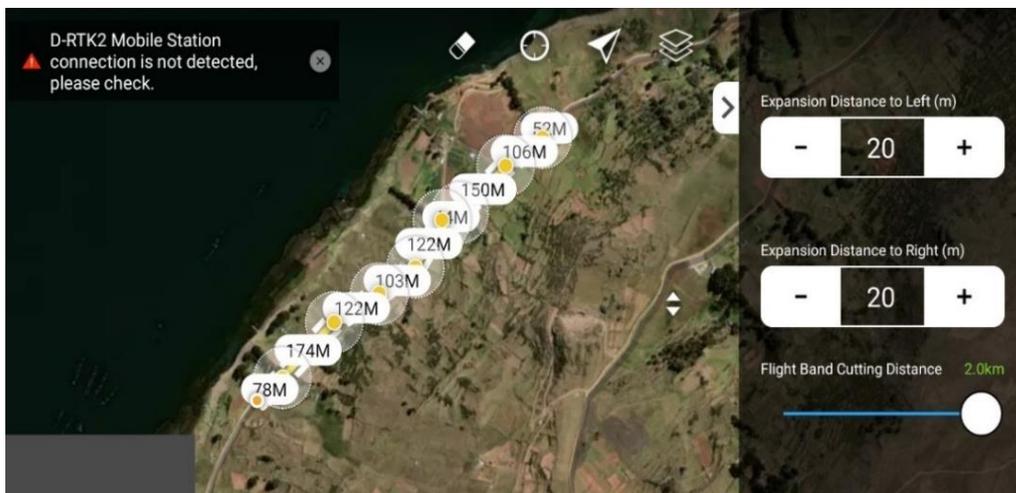


Nota: el grafico representa la configuración del porcentaje (%) de traslape y solape entre las ortofotos tomadas con el drone.

- Se configuro el ancho de franja de vía

Figura 28.

Configuración del ancho de franja de vía



Nota: el grafico representa la configuración de la franja de la vía en metros.

Todas estas configuraciones fueron usadas en toda la vía para el levantamiento fotogramétrico.

3.5.4 Trabajo de Gabinete.

Procesamiento de datos obtenidos el fotogramétrico.

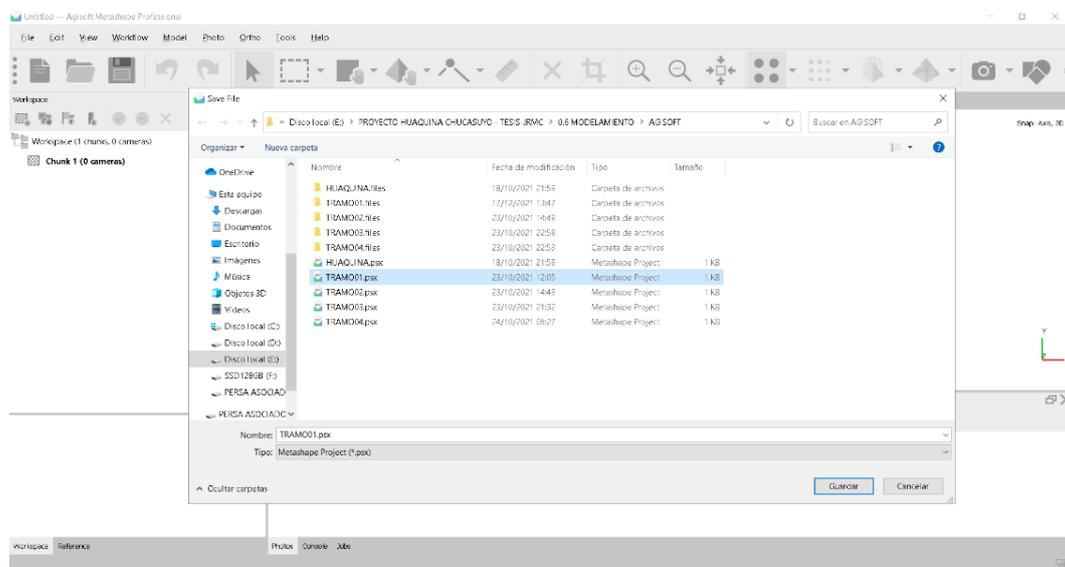
Procesamiento digital de imágenes

Para realizar el procesamiento digital de imágenes se usó el software Agisoft Metashape Professional y se desarrolló los siguientes pasos:

- Se creó un nuevo proyecto en el software de fotogrametría Agisoft Metashape Professional.

Figura 29.

Creación del proyecto en Agisoft Metashape Professional

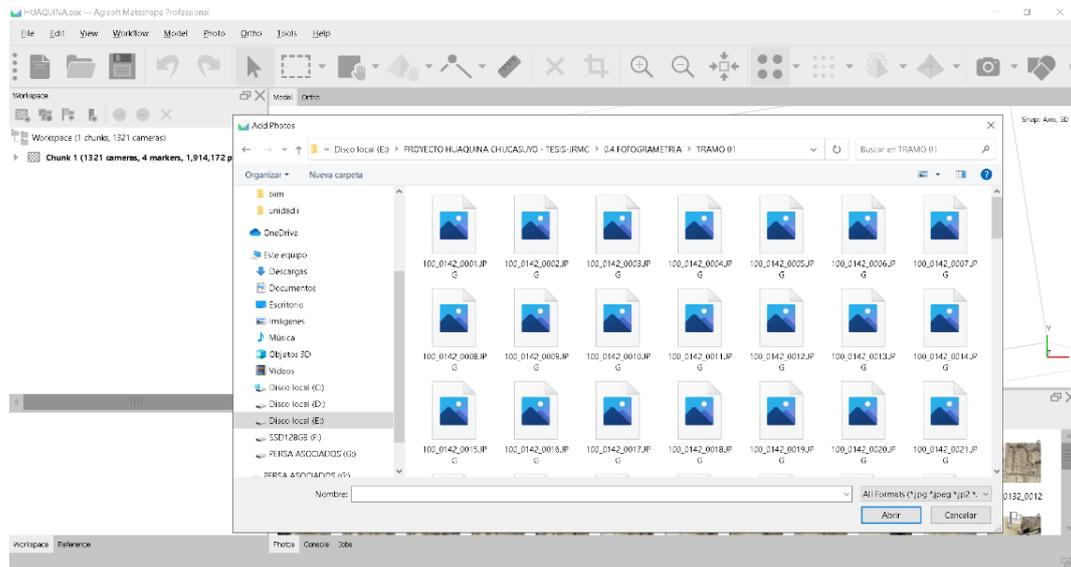


Nota: la figura representa la interfaz del programa Agisoft Metashape y la creación de un nuevo proyecto de trabajo.

- Se importó las imágenes obtenidas por el dron al software de fotogrametría Agisoft Metashape Professional.

Figura 30.

Importamos imágenes en Agisoft Metashape Professional

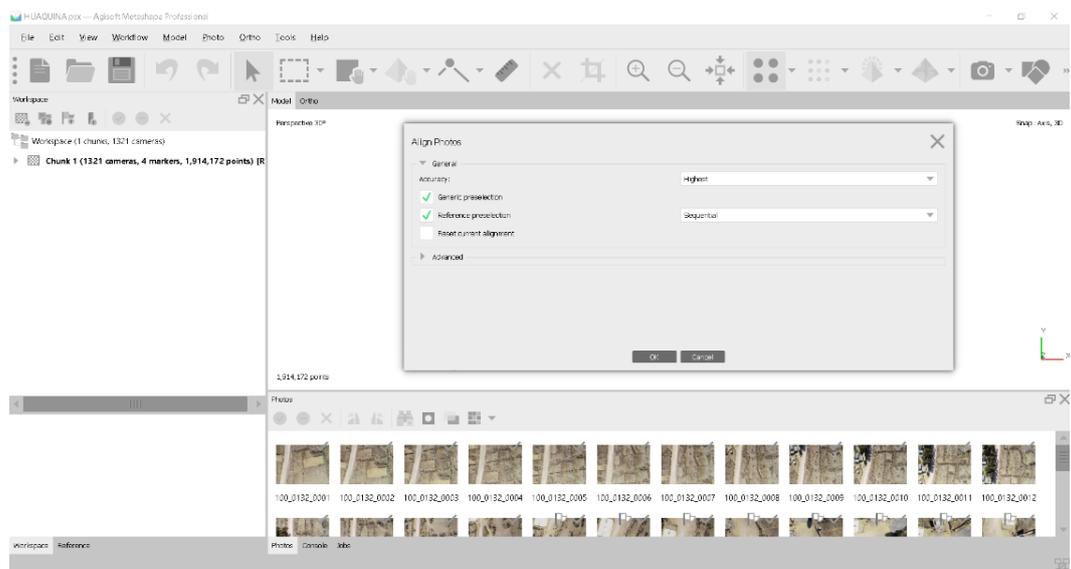


Nota: el gráfico representa el momento en que las imágenes tomadas por el dron son importadas al software Agisoft Metashape para su procesamiento.

- Se oriento las fotos para su procesamiento en el software de fotogrametría Agisoft Metashape Professional.

Figura 31.

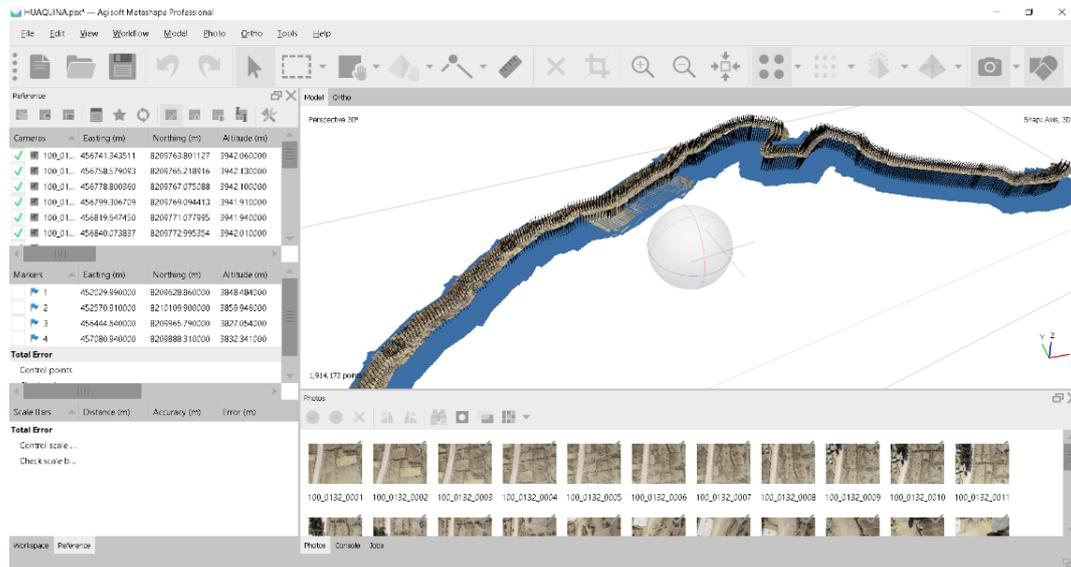
Orientación de imágenes para su procesamiento



Nota: el gráfico representa el momento en que las imágenes tomadas por el dron son orientadas para su procesamiento en el software Agisoft Metashape.

Figura 32.

Visualización de la orientación de las cámaras e imágenes

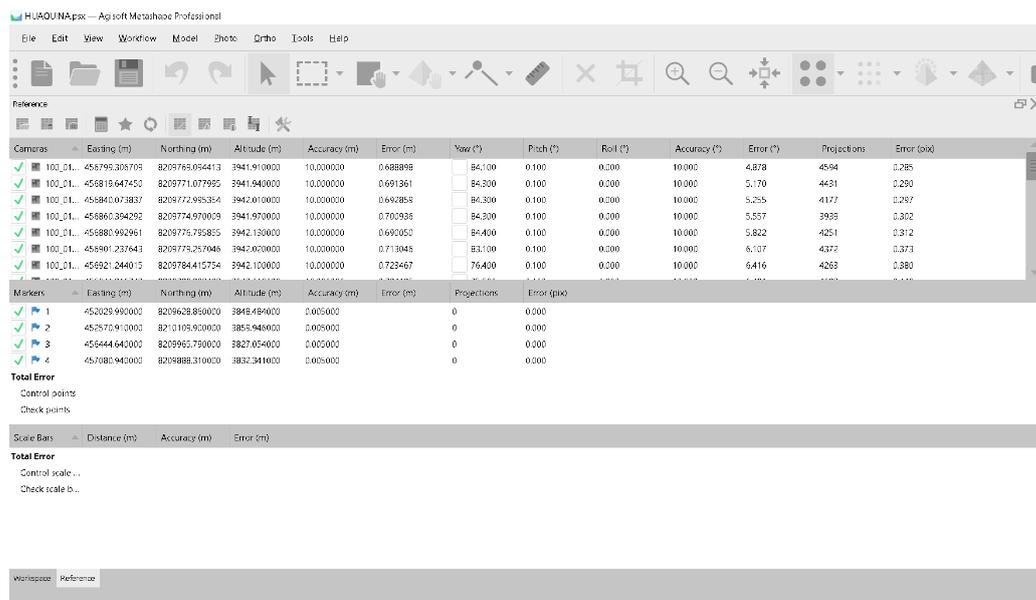


Nota: el grafico representa el momento en que las imágenes son orientadas de acuerdo a la posición de las cámaras en el software Agisoft Metashape.

- Se importo los puntos de control terrestre para la georreferenciar las imágenes tomadas por el dron en Agisoft Metashape.

Figura 33.

Importación de puntos de control terrestre

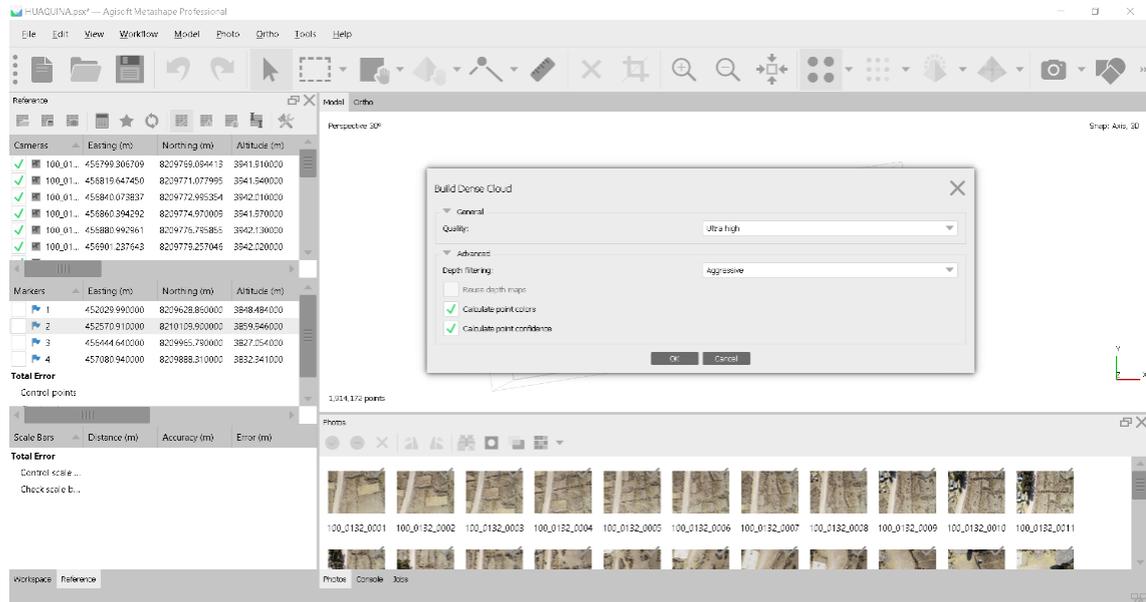


Nota: el grafico representa el momento en que los puntos de control terrestre son importados en el software Agisoft Metashape para poder georreferenciar las imágenes.

- Crear nube de puntos densa en Agisoft Metashape.

Figura 34.

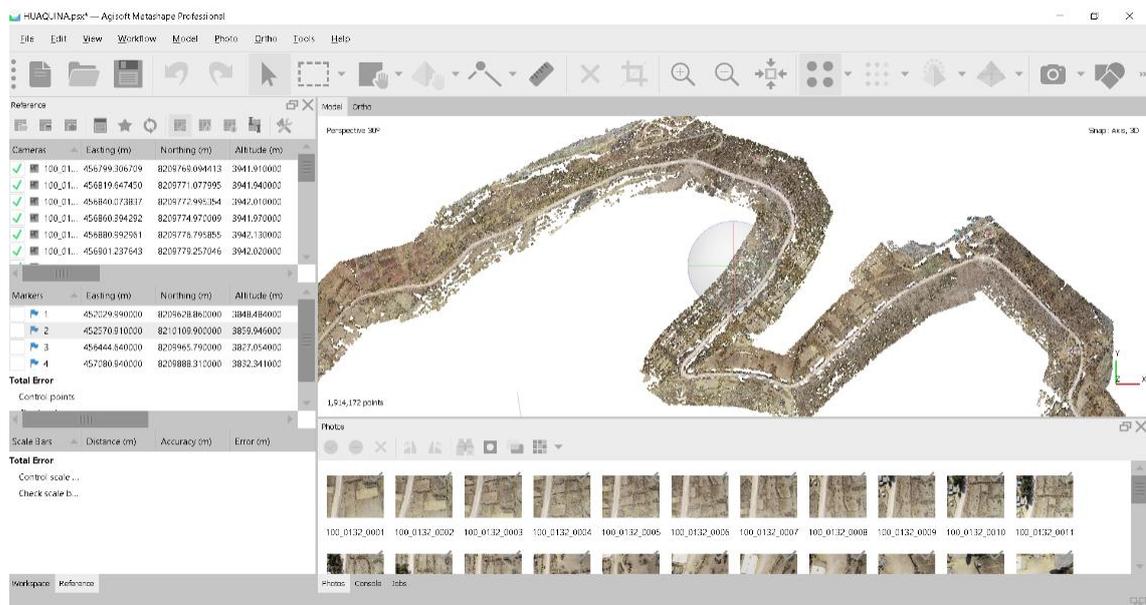
Creación de nube de puntos densa



Nota: el grafico representa el momento de la creación de la nube de puntos densa en el software Agisoft Metashape.

Figura 35.

Visualización de nube de puntos densa

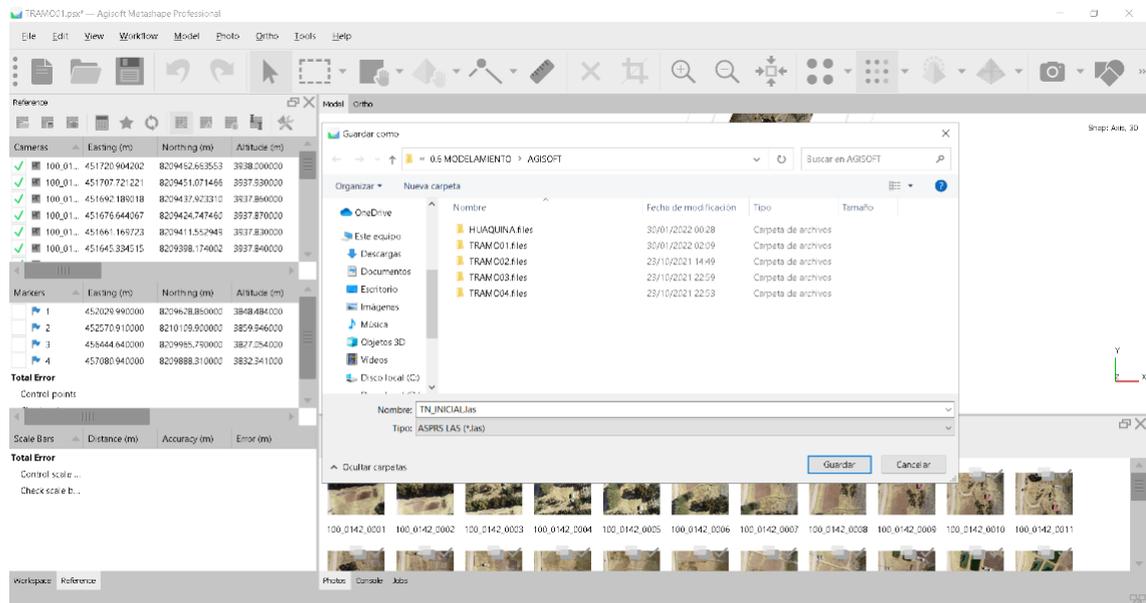


Nota: el grafico representa la visualización tridimensional de la nube de puntos densa en el software Agisoft Metashape.

- Exportar puntos en formato *.LAS en Agisoft Metashape.

Figura 36.

*Exportación de nube de puntos en formato *.las*



Nota: el grafico representa el momento en que se exporta la nube de puntos densa en formato *.LAS en el software Agisoft Metashape, para luego ser calificado.

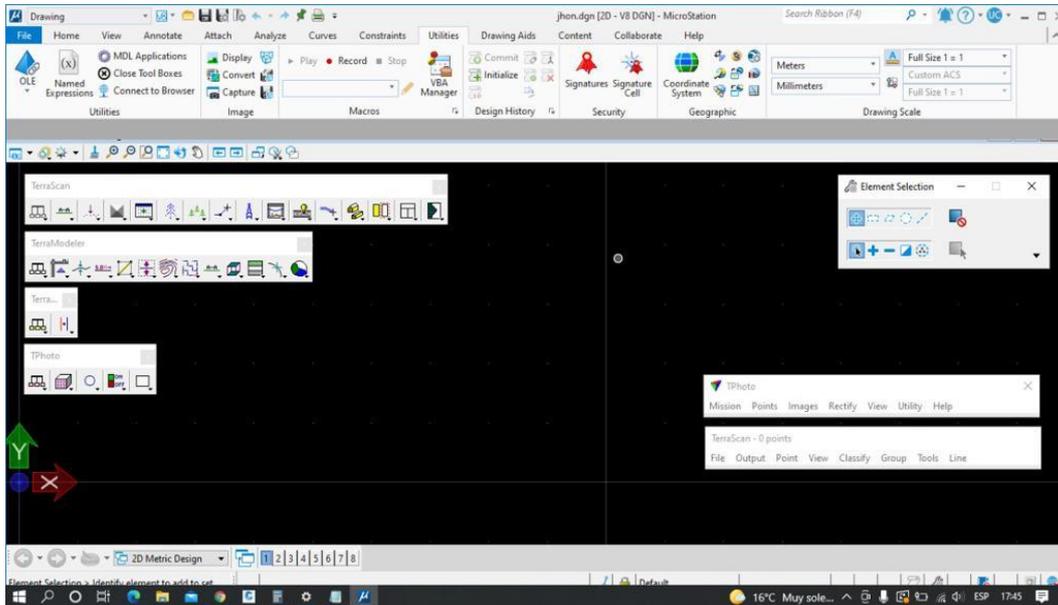
Clasificación de nube de puntos

para realizar la clasificación de la nube de puntos se utilizó el software MicroStation. Por tener mejores algoritmos de clasificación y así se pueda obtener una nube de puntos solamente de superficie terrestre sin considerar los arbustos, viviendas, postes.

- Creación del proyecto en MicroStation.

Figura 37.

Creación de proyecto en MicroStation

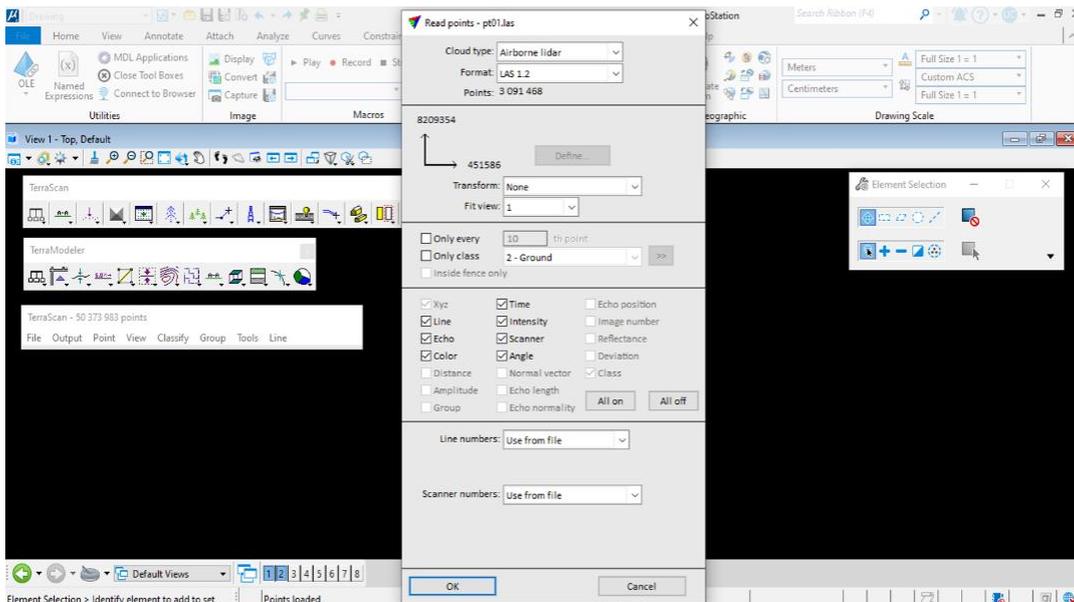


Nota: el grafico representa la interfaz de software MicroStation y la creación de un nuevo proyecto.

Importación de nube de puntos en formato *.las en el software MicroStation para luego ser clasificada de acuerdo a la necesidad de la presente investigación.

Figura 38.

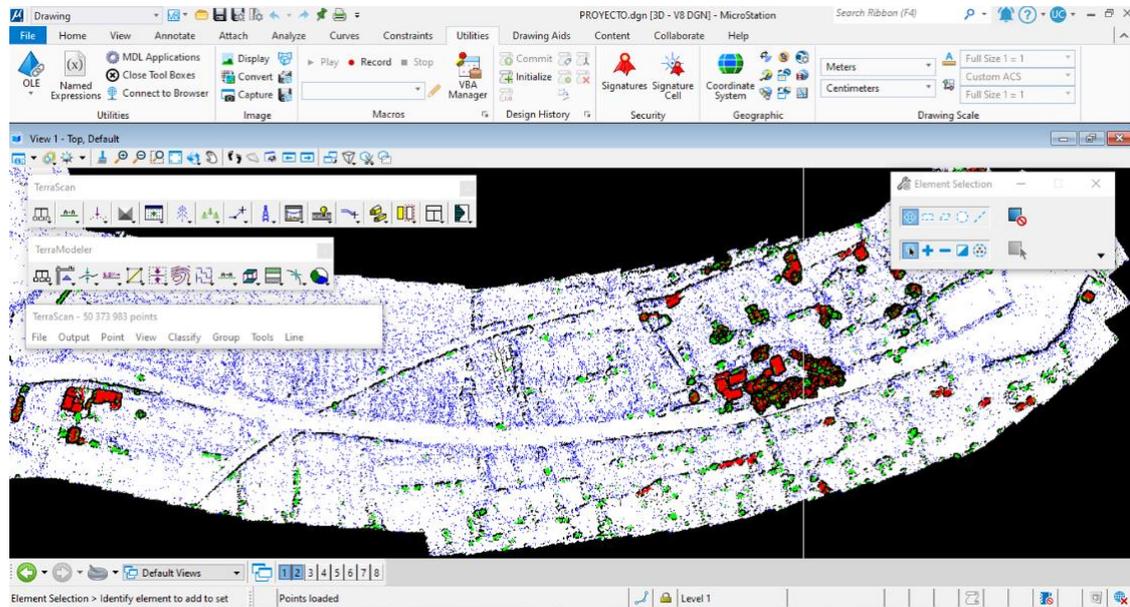
*Importación de nube de puntos en formato *.las*



Nota: el grafico representa la importación de nube de puntos al software MicroStation

Figura 39.

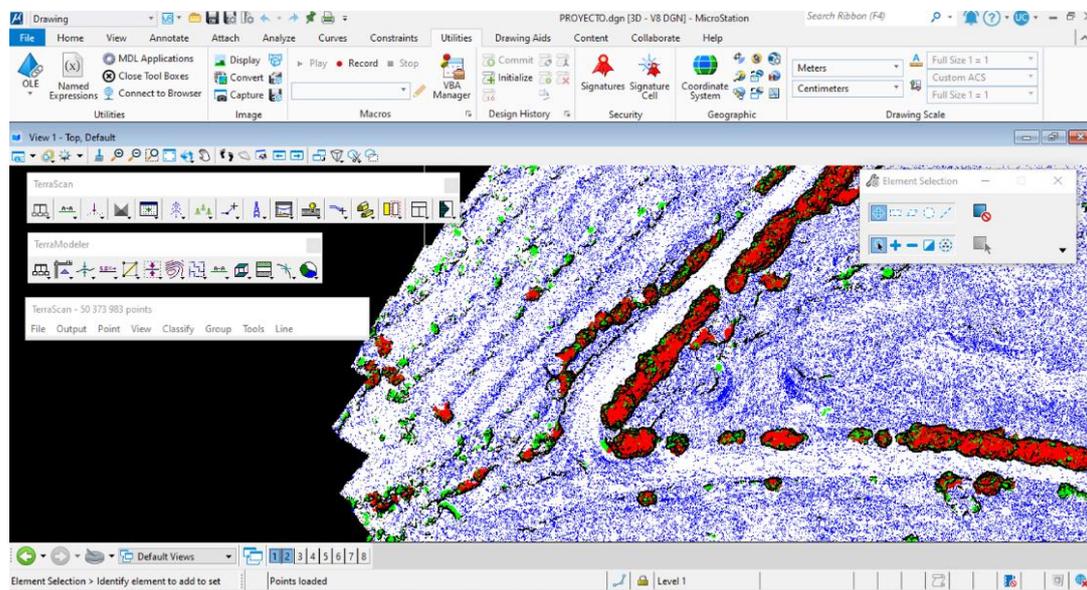
Visualización 01 de nube de puntos en MicroStation



Nota: el grafico representa la visualización 01 de la importación de nube de puntos al software MicroStation, donde podemos observar a las casas y árboles.

Figura 40.

Visualización 02 de nube de puntos en MicroStation

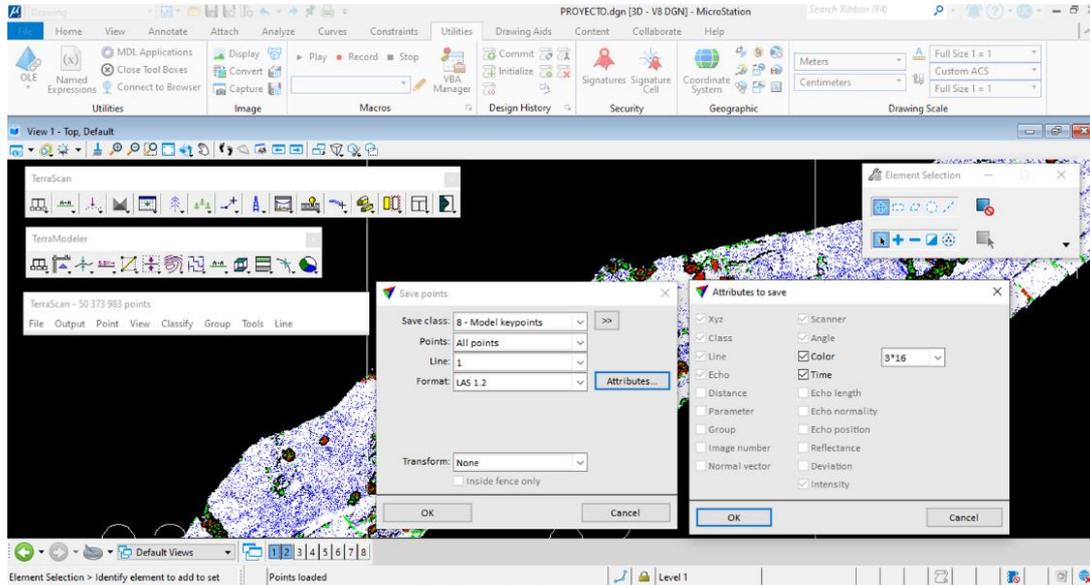


Nota: el grafico representa la visualización 02 de la importación de nube de puntos al software MicroStation, donde podemos observar los árboles y arbustos.

- Clasificación de nube de puntos en MicroStation.

Figura 41.

Clasificación de nube de puntos en MicroStation



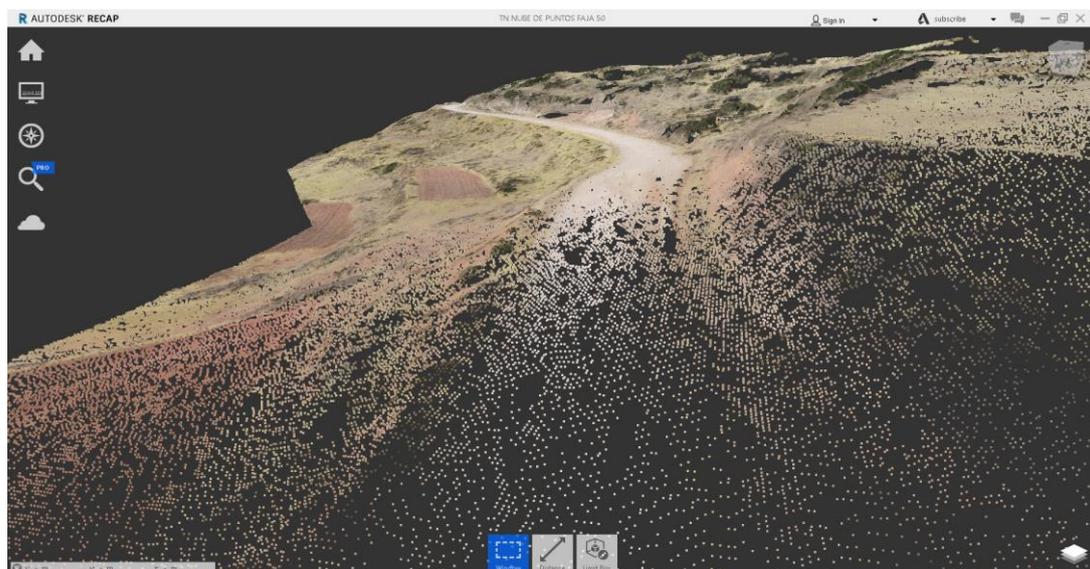
Nota: el grafico representa las configuraciones para la clasificación de nube puntos en el software MicroStation.

- Se exporto la nube de puntos clasificada en formato *.LAS

Visualización de nube de puntos clasificada

Figura 42.

Visualización de nube de puntos en Recap.



Nota: el grafico representa la visualización de la nube de puntos clasificada en el software Recap, donde se observa solamente la superficie del terreno.

Diseño geométrico de la carretera

Para esta etapa se usó los datos del expediente técnico que son:

Parámetros de diseño geométrico:

Tabla 14.

Parámetros de Diseño Geométrico

PARAMETROS DE DISEÑO GEOMETRICO	
PARAMETRO	DESCRIPCION
índice medio diario anual IMDA	458 v/día
clasificación	Carretera de 3ra clase
orografía	tipo 2
velocidad directriz	40km/h.
ancho de carril mínimo	3m
Ancho de superficie de rodadura	6m
Sobre ancho de Compactación	0.5 m. c/lado
Bermas laterales	0.5 m. c/lado
Cunetas	De acuerdo al Estudio Hidrológico
Radio Mínimo Excepcional	30 m
Pendiente Máxima	8.00 %.
Pendiente Mínima	0.00 %.
Bombeo	2.50 %.
Peralte máximo	8.00%
Sobre ancho	De acuerdo a las normas.
Curvas Verticales	De acuerdo a las normas
Talud en Corte	De acuerdo al Estudio Geológico
vehículo de diseño	(B3-1)

Nota: la tabla indica la descripción de cada parámetro de diseño geométrico. Tomada de: Expediente Técnico, (2020).

Clasificación de material:

Tabla 15.

Clasificación de Material

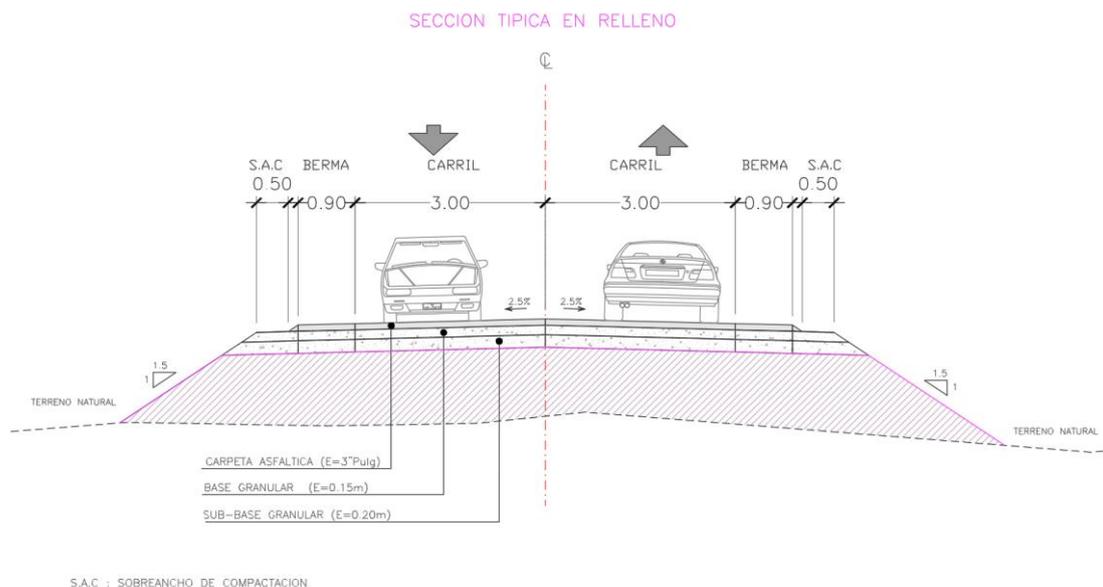
TRAMO (km)		CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL (%)			TALUD DE CORTE		TALUD DE RELLENO
de	a	R.F.	R. S	M.S.	ROCA	SUELO	
0+000	1+000	----	----	100	----	01:02	1.5:01
1+000	3+760	----	----	100	----	01:02	1.5:01
3+760	4+040	----	----	100	----	01:02	1.5:01
4+040	10+300	----	----	100	----	01:02	1.5:01
10+300	11+000	----	---	100	----	01:02	1.5:01
11+000	12+500	----	----	100	----	01:02	1.5:01
12+500	16+300	70	---	30	10:01	01:02	1.5:01
16+300	17+563	----	----	100	----	01:02	1.5:01

Nota: la tabla indica la clasificación de material y su talud de corte y relleno. Tomada de: Expediente Técnico, (2020)

Secciones Típicas transversales:

Figura 43.

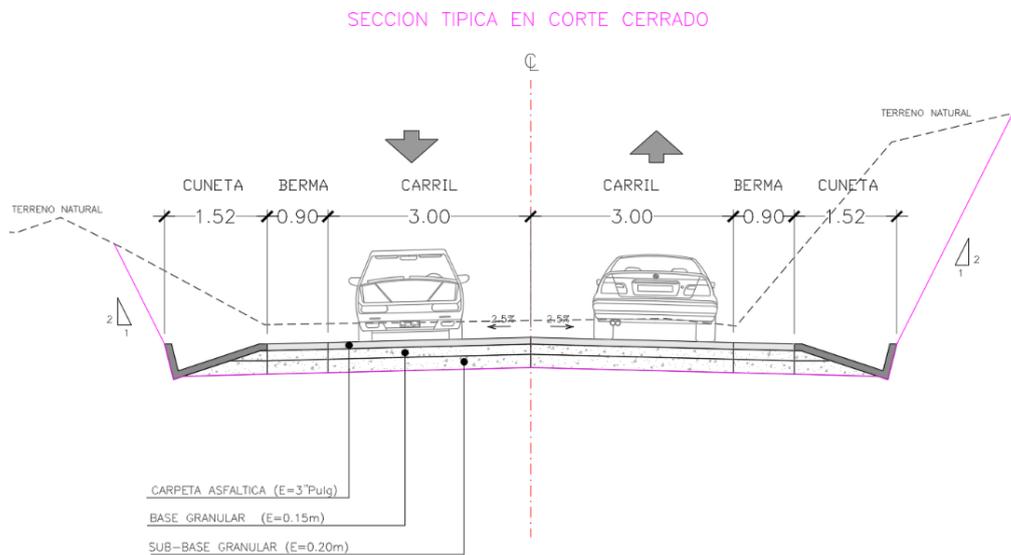
Sección típica en relleno



Nota: el grafico presenta las medidas de la sección típica en relleno

Figura 44.

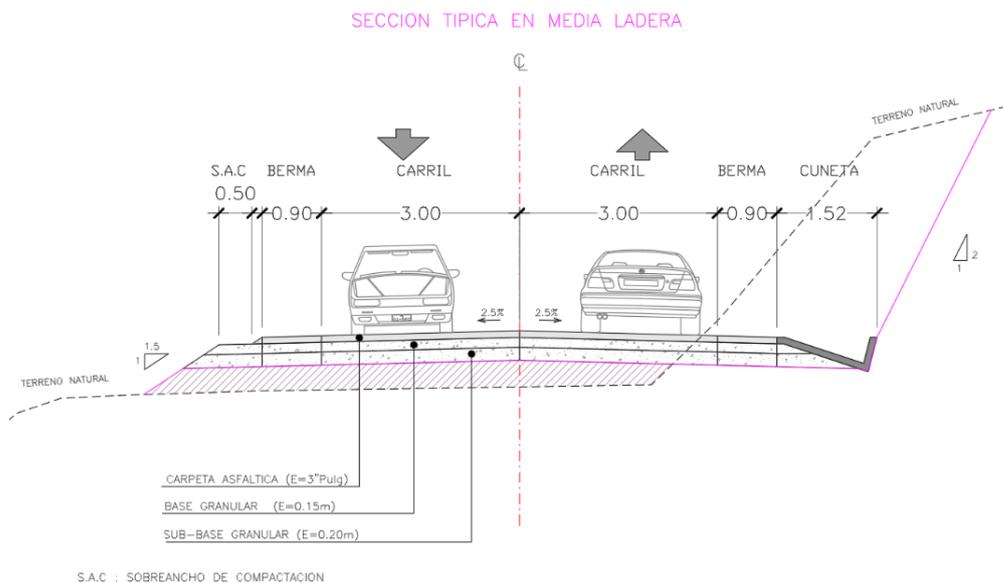
Sección típica en corte cerrado



Nota: el grafico presenta las medidas de la sección típica en corte cerrado

Figura 45.

Sección típica en media ladera



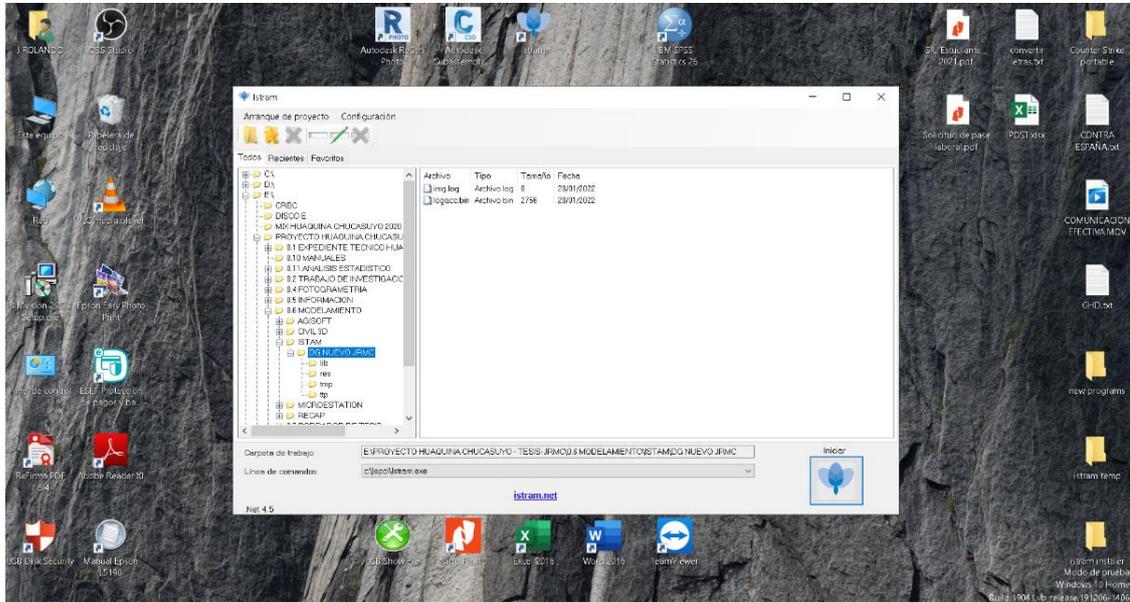
Nota: el grafico presenta las medidas de la sección típica a media ladera

Diseño geométrico de la carretera con Istram.

- Se creo un nuevo espacio de trabajo en el software Istram

Figura 46.

Creación del espacio de trabajo en Istram

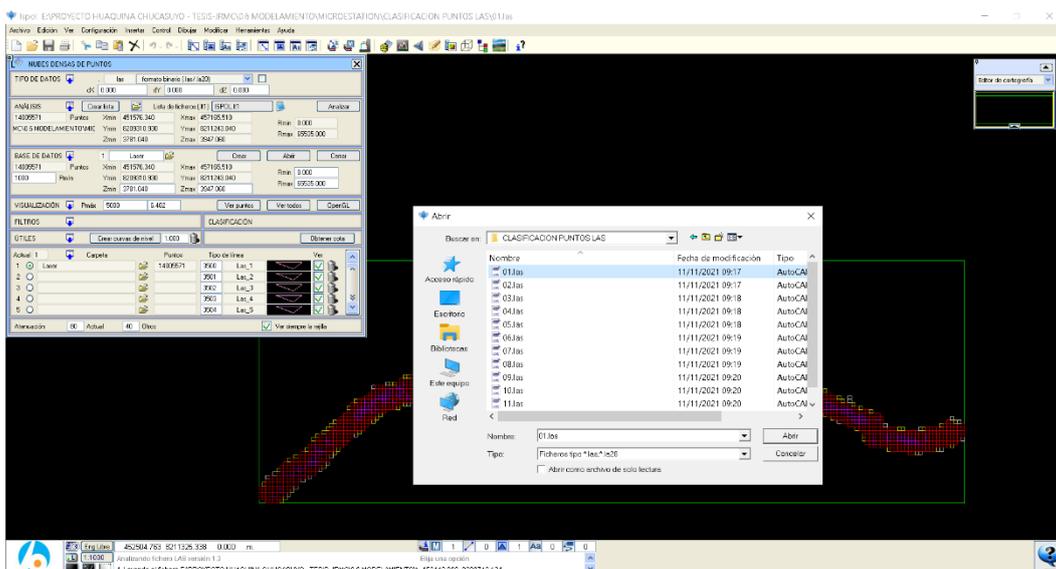


Nota: el grafico muestra el interfaz y la creación de un nuevo espacio de trabajo en el software Istram

- Se importo la superficie en formato *.las

Figura 47.

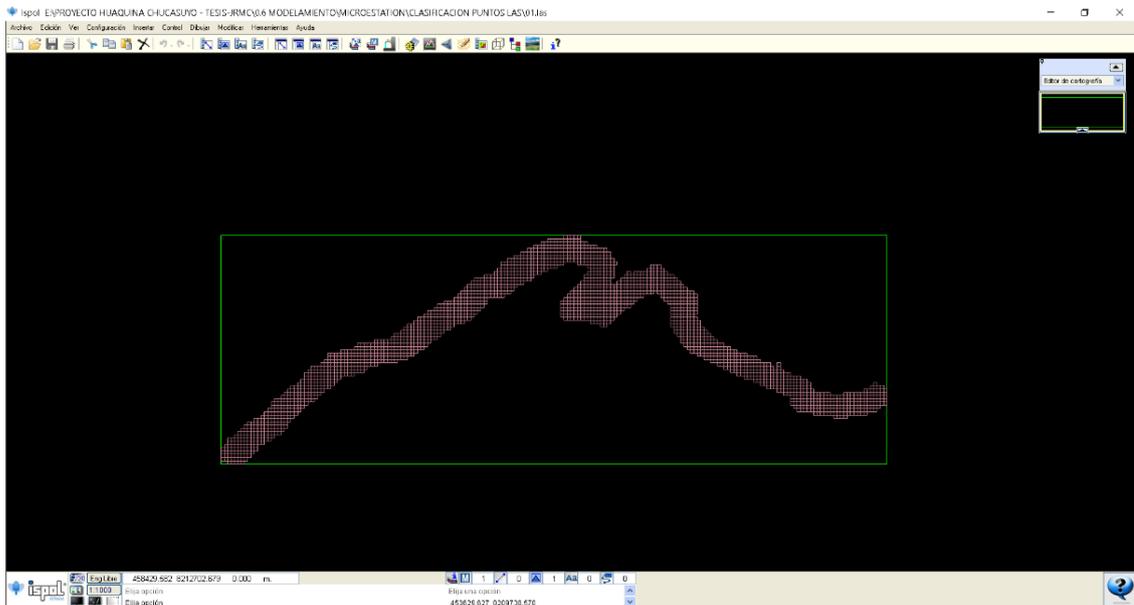
*Importación de superficie en formato *.LAS en Istram*



Nota: el grafico muestra la importación de la nube de puntos en formato *.LAS en el software Istram.

Figura 48.

Visualización de la superficie importada en Istram

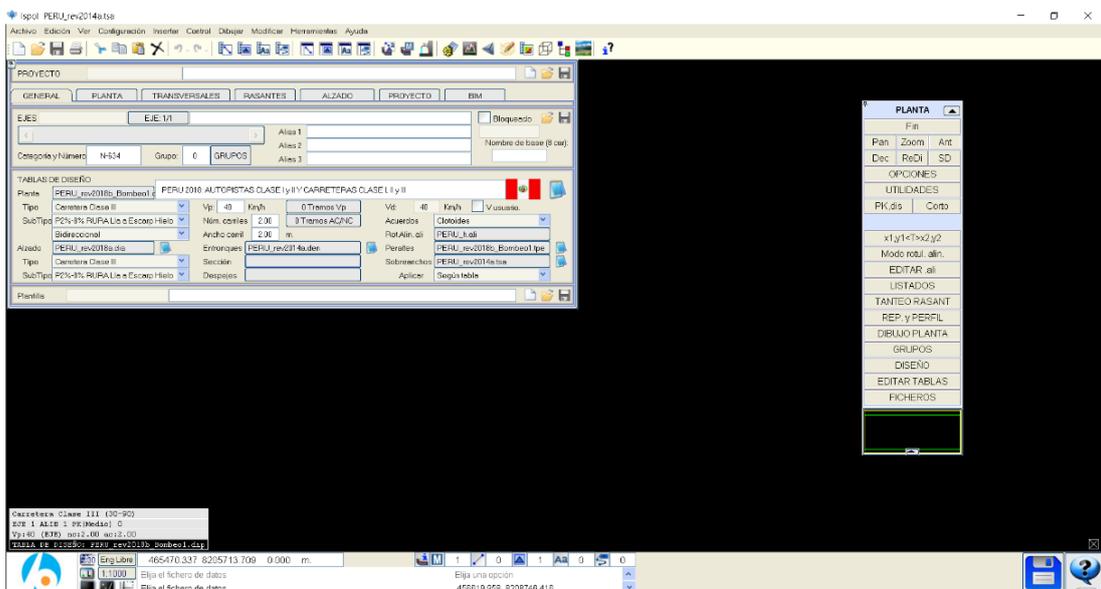


Nota: el grafico muestra la visualización de la superficie a partir de la nube de puntos en el software istram.

- Se configuro los parámetros de diseño y normativa DG-2018

Figura 49.

Normatividad y parámetros en Istram.

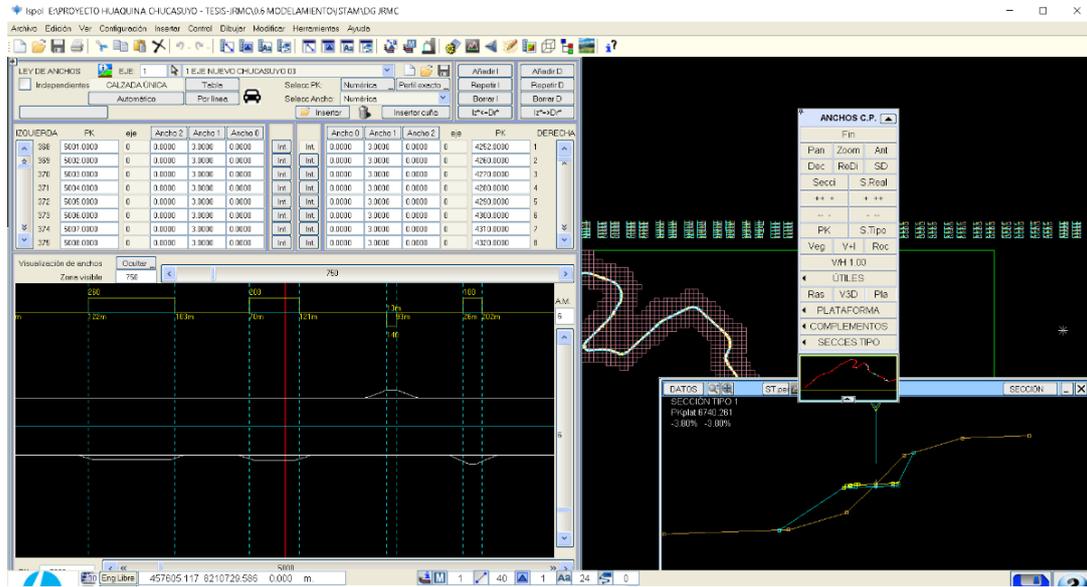


Nota: el grafico representa la configuración de la normatividad y los parámetros de diseño geométrico en el software istram.

- Creación de sobreechamientos

Figura 52.

Sobreechamientos en Istram

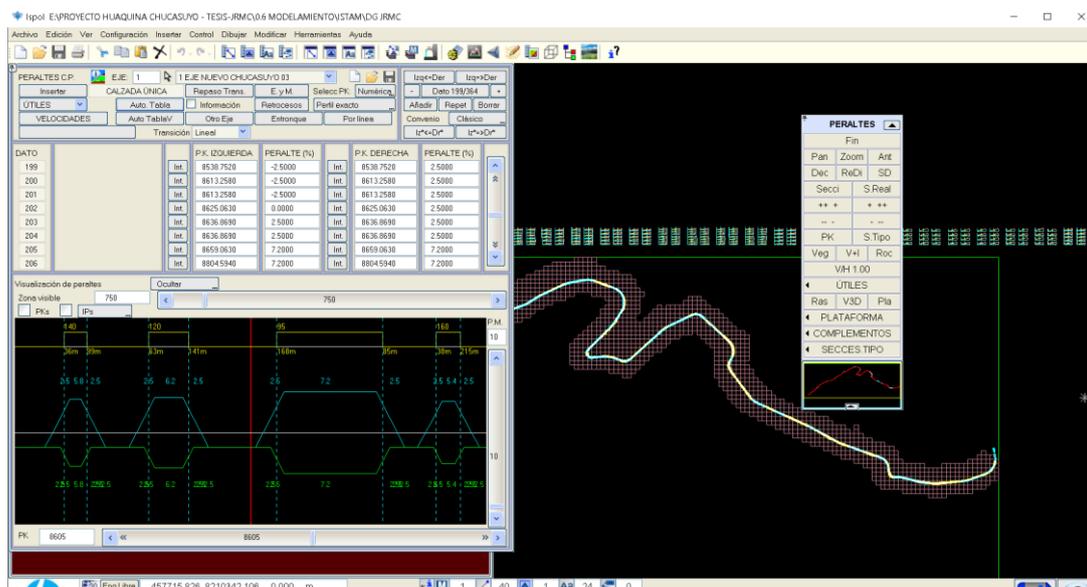


Nota: el gráfico muestra la creación y cálculo de sobreechamientos en el software istram.

- Se creó los peraltes y se visualiza el diagrama de peraltes

Figura 53.

Peraltes y diagrama de peraltes en Istram

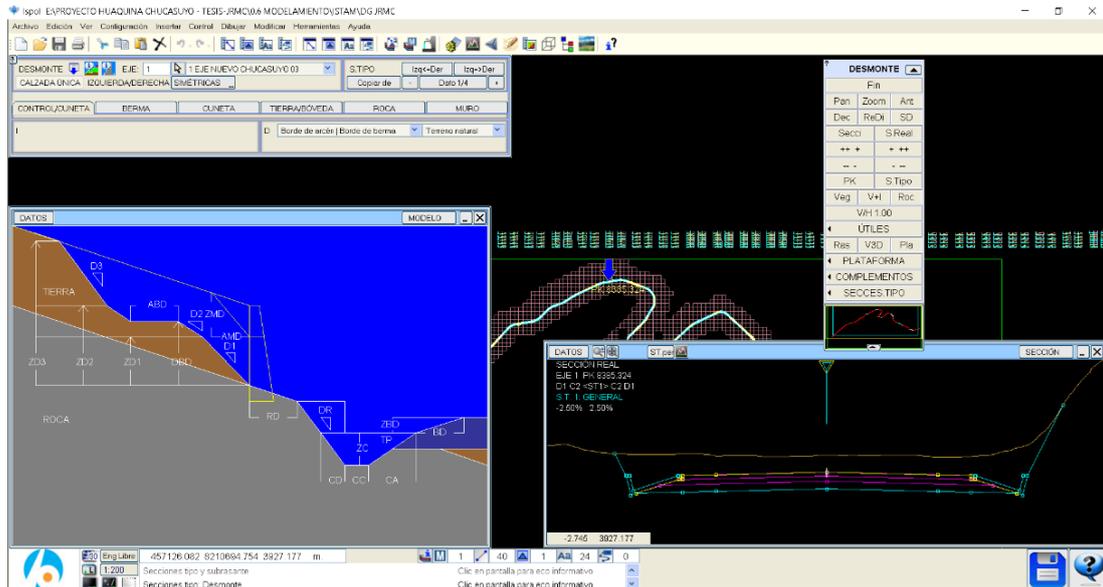


Nota: el gráfico muestra la creación y visualización del diagrama de peraltes en el software istram.

- Se creo la sección típica en corte cerrado en istram

Figura 54.

Sección típica en corte cerrado en Istram

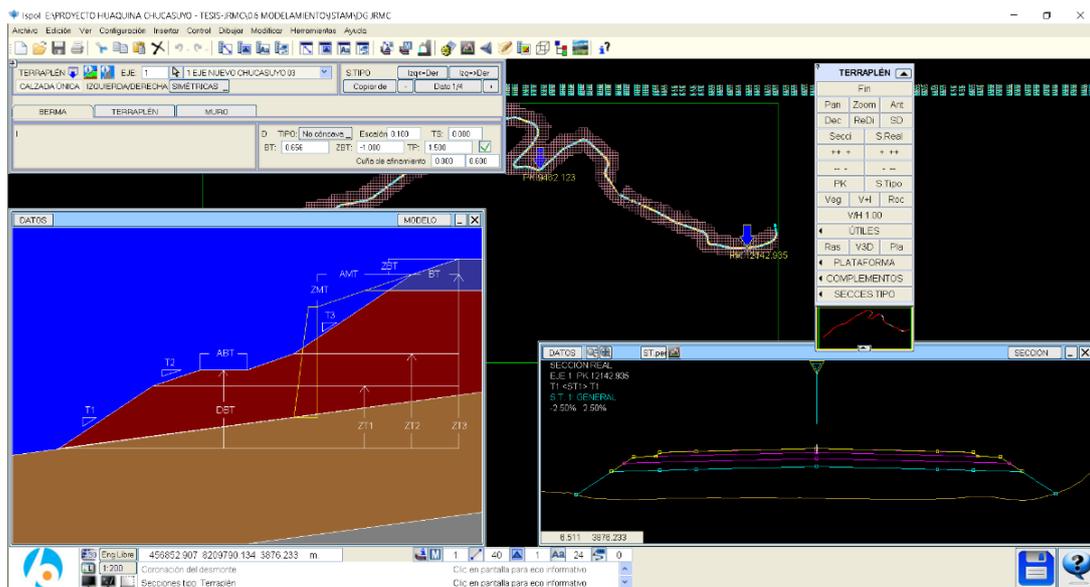


Nota: el grafico muestra la creación de la sección típica en corte cerrado en el software istram.

- Se creo la sección típica en relleno en istram

Figura 55.

Sección típica en terraplén en Istram

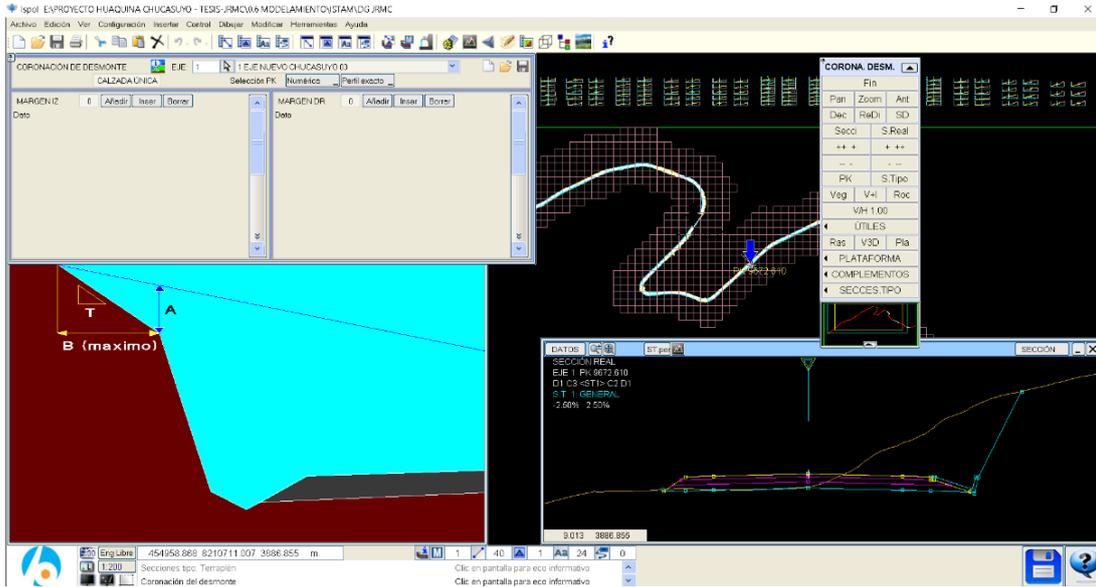


Nota: el grafico muestra la creación de la sección típica en terraplén en el software istram.

- Se creo la sección típica a media ladera en istram

Figura 56.

Sección típica en media ladera en Istram

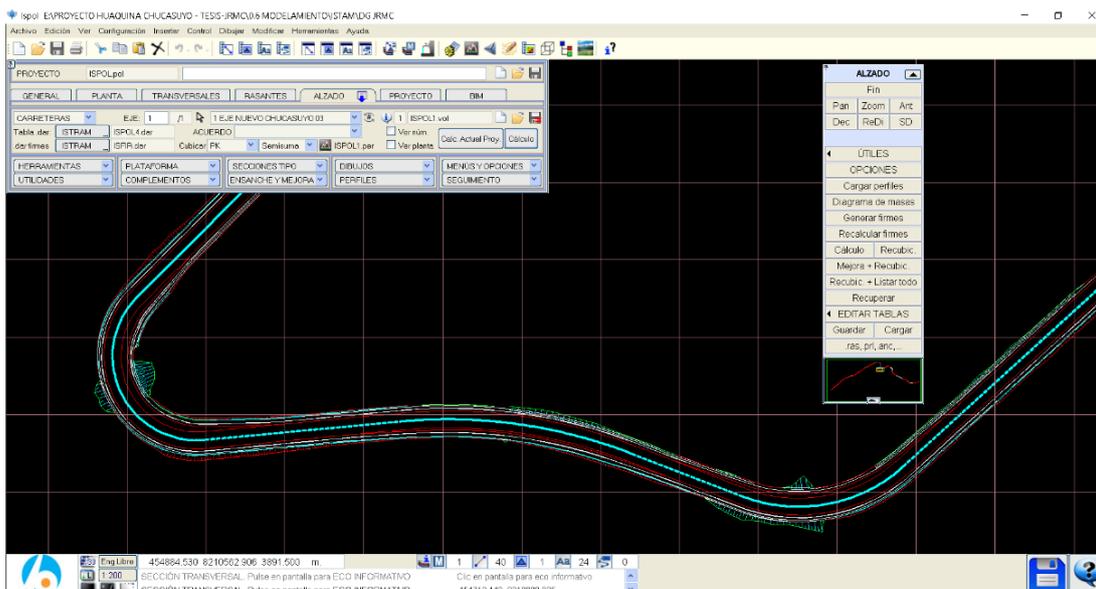


Nota: el grafico muestra la creación de la sección típica a media ladera en el software istram.

- Se creo el modelamiento de la carretera en istram

Figura 57.

Creación de corredor en Istram

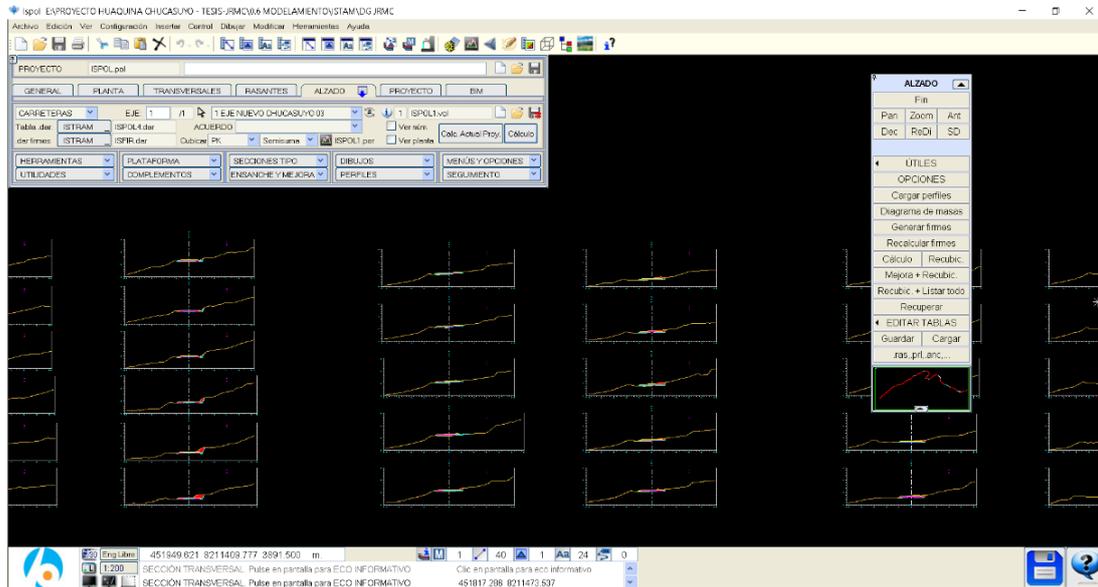


Nota: el grafico muestra la creación de la obra vial (corredor) en el software istram.

- Se creó las secciones transversales en Istram

Figura 58.

Secciones trasversales en Istram.

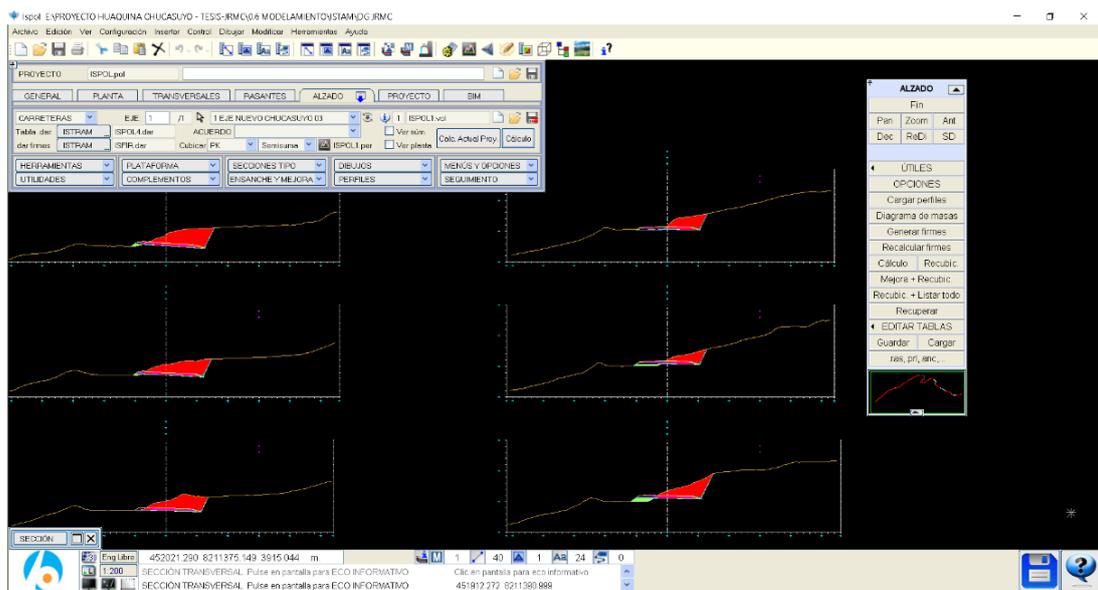


Nota: la figura representa la creación de las secciones transversales en el software Istram.

- Se calculó las áreas de corte y relleno en Istram

Figura 59.

Cálculo de las áreas de corte y relleno en Istram.

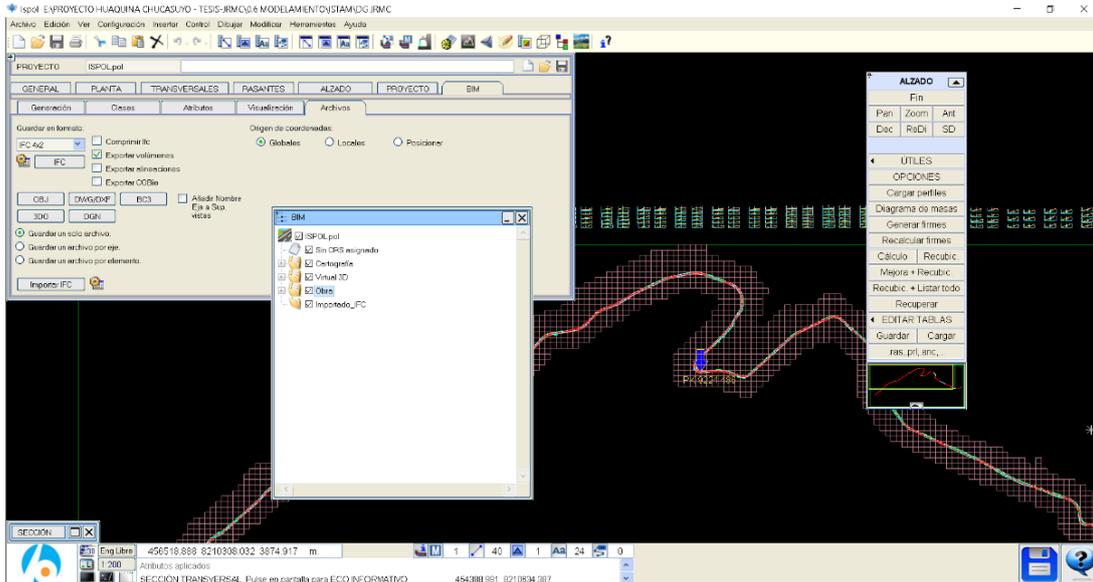


Nota: la figura representa el cálculo de las áreas de corte y relleno en el software Istram.

- Exportación del modelamiento en formato *.IFC.

Figura 60.

*Exportación del modelamiento en formato *.IFC en Istram.*



Nota: la figura representa la exportación del modelamiento de la carretera en formato*.IFC en el software istram.

3.6 CALCULO DE VOLUMENES POR METODO TRADICIONAL

Una vez terminado con el modelamiento de la carretera en el software Istram, se continuo con el cálculo de volúmenes de corte (excavación) y de relleno (terraplén), Para el presente se usó las siguiente formula:

$$volumen = \left(\frac{area\ 1 + area\ 2}{2} \right) * distancia$$

Como también tomaron las siguientes distancias y sus respectivas áreas de corte y de relleno en cada progresiva.



Tabla 16.

Tramos de secciones para el cálculo por método tradicional

METODO SECCIONES
tramos de 10 metros
tramos de 5 metros
tramos de 1 metros
tramos de 0.5 metros
tramos de 0.25 metros

Nota: esta tabla muestra las distancias para las secciones para el cálculo de volumen por el método tradicional.

3.6.1 Cálculo de volumen de corte por método tradicional.

Para cada unidad muestral se exporto las áreas de corte del istram y seguidamente se cargó a una hoja de cálculo en Excel, en donde se programó la formula antes mencionada y mediante una sumatoria de todos los volúmenes parciales se ha obtenido el volumen total de corte.

3.6.2 Cálculo de volumen de relleno por método tradicional.

Para cada unidad muestral se exporto las áreas de relleno del istram y seguidamente se cargó a una hoja de cálculo en Excel, en donde se programó la formula antes mencionada y mediante una sumatoria de todos los volúmenes parciales se ha obtenido el volumen total de relleno.

Figura 61.

Volúmenes de corte y relleno por método tradicional en Excel.

PLANILLA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS KM 5+000 - KM 6+000																				
PROGRESIVAS	DISTANCIA	DESBROCE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS			EXCAVACION EN EXPLANACIONES SIN CLASIFICAR			TOTAL A ELIMINAR	EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN:						BANQUETA PARA RELLENOS					
		AREA CAPA DESBROSE	AREA TOTAL	VOLUMEN	AREA CORTE	AREA TOTAL	VOLUMEN		EXCAVACION MATERIAL COMUN		EXCAVACION EN ROCA FRACTURADA		EXCAVACION EN ROCA FLJA		TERRAPLENES					
									%	VOLUMEN	%	VOLUMEN	%	VOLUMEN	AREA RELLENO TERRAPLEN	AREA RELLENO CAPA	VOLUMEN	AREA BANO PARA RELLENO	RELLENO	VOLUMEN
(km)	m	m ²	m ²	Ha	m ²	m ²	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	m ²	m ²	m ³	m ²	m ²	m ³	
5+000		-	-	-	11.86	11.86	-	100%	-	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
5+005	5.00	-	-	-	11.08	11.08	57.35	100%	57.35	0%	-	0%	-	0.10	-	-	0.13	-	-	
5+010	5.00	-	-	-	10.48	10.48	53.90	100%	53.90	0%	-	0%	-	0.48	-	-	1.45	-	-	
5+015	5.00	-	-	-	10.23	10.23	51.78	100%	51.78	0%	-	0%	-	1.01	-	-	3.73	-	-	
5+020	5.00	-	-	-	9.10	9.10	48.33	100%	48.33	0%	-	0%	-	1.07	-	-	5.20	-	-	
5+025	5.00	-	-	-	5.61	5.61	36.78	100%	36.78	0%	-	0%	-	1.46	-	-	6.33	-	-	
5+030	5.00	-	-	-	3.04	3.04	21.63	100%	21.63	0%	-	0%	-	2.51	-	-	9.93	-	-	
5+035	5.00	-	-	-	4.25	4.25	18.23	100%	18.23	0%	-	0%	-	1.58	-	-	10.23	-	-	
5+040	5.00	-	-	-	4.10	4.10	20.88	100%	20.88	0%	-	0%	-	1.37	-	-	7.38	-	-	
5+045	5.00	-	-	-	4.59	4.59	21.73	100%	21.73	0%	-	0%	-	1.45	-	-	7.05	-	-	
5+050	5.00	-	-	-	4.84	4.84	23.58	100%	23.58	0%	-	0%	-	1.44	-	-	7.23	-	-	
5+055	5.00	-	-	-	5.01	5.01	24.63	100%	24.63	0%	-	0%	-	1.33	-	-	6.93	-	-	
5+060	5.00	-	-	-	6.26	6.26	28.18	100%	28.18	0%	-	0%	-	0.85	-	-	5.45	-	-	

Nota: este grafico muestra los cálculos de corte y de relleno en una hoja de cálculo Excel.

3.7 CALCULO DE VOLUMENES POR METODOLOGIA BIM

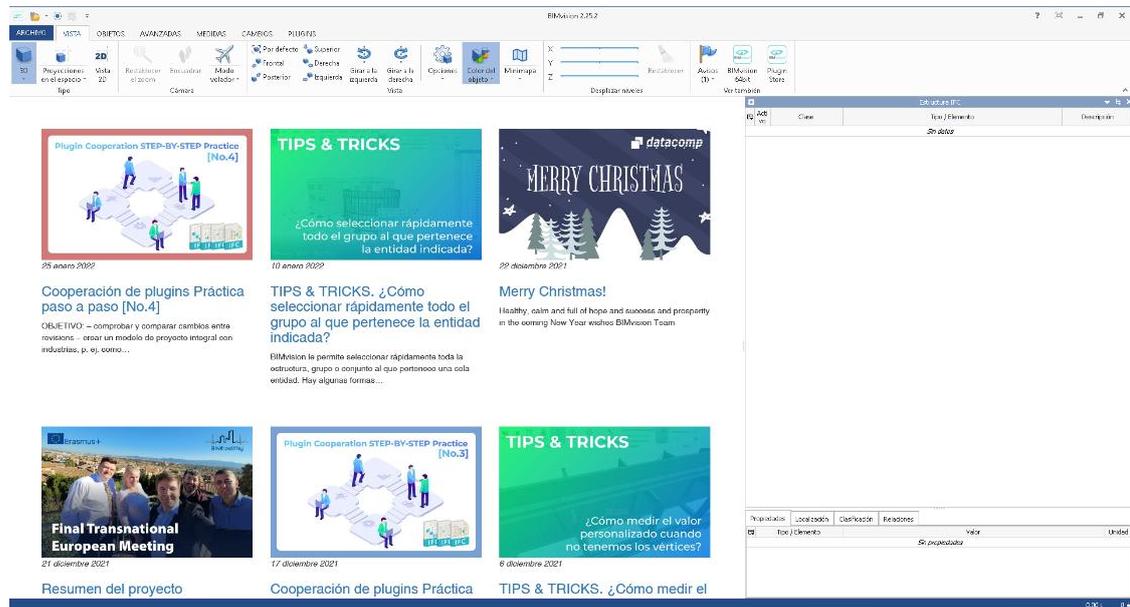
Seguidamente se procedió a obtener los volúmenes de corte (excavación) y de relleno (terrapién), por la metodología BIM a través de un fichero *.IFC

Con la ayuda del Software BIMisión que es netamente para archivos en extensión *.IFC se desarrollaron los siguientes pasos:

- Se abrió y se creó un nuevo espacio de trabajo en el software BIMvision

Figura 62.

Creamos un nuevo trabajo en el BIMvision

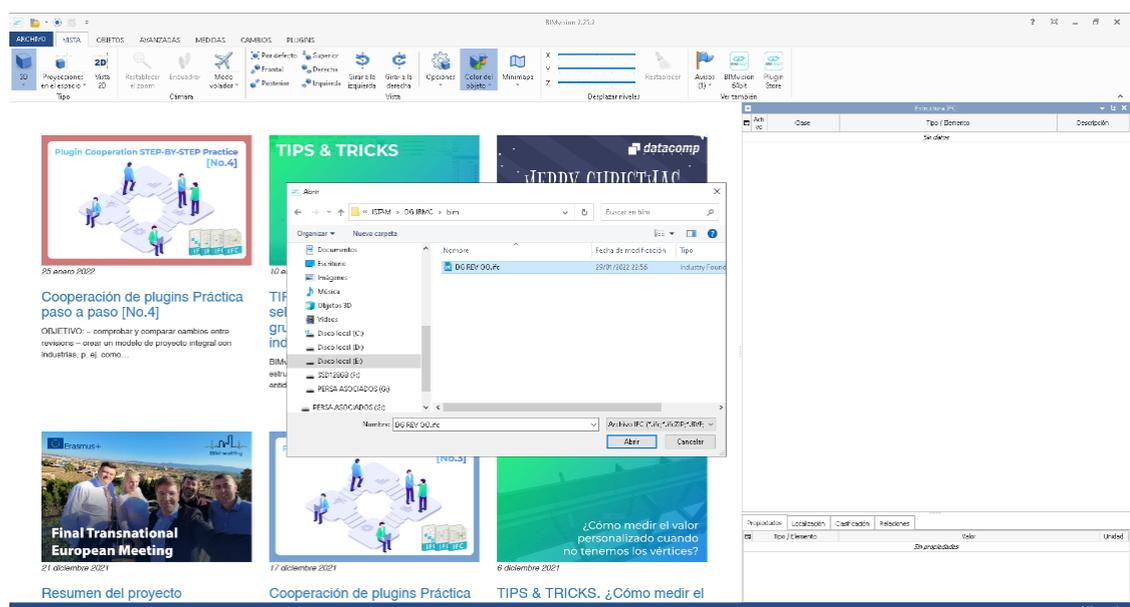


Nota: esta figura muestra la interfaz y la creación de un nuevo trabajo en el software BIMvision.

- Se importó el archivo *.IFC exportado del Istram

Figura 63.

Importación del archivo *.IFC exportado del Istram

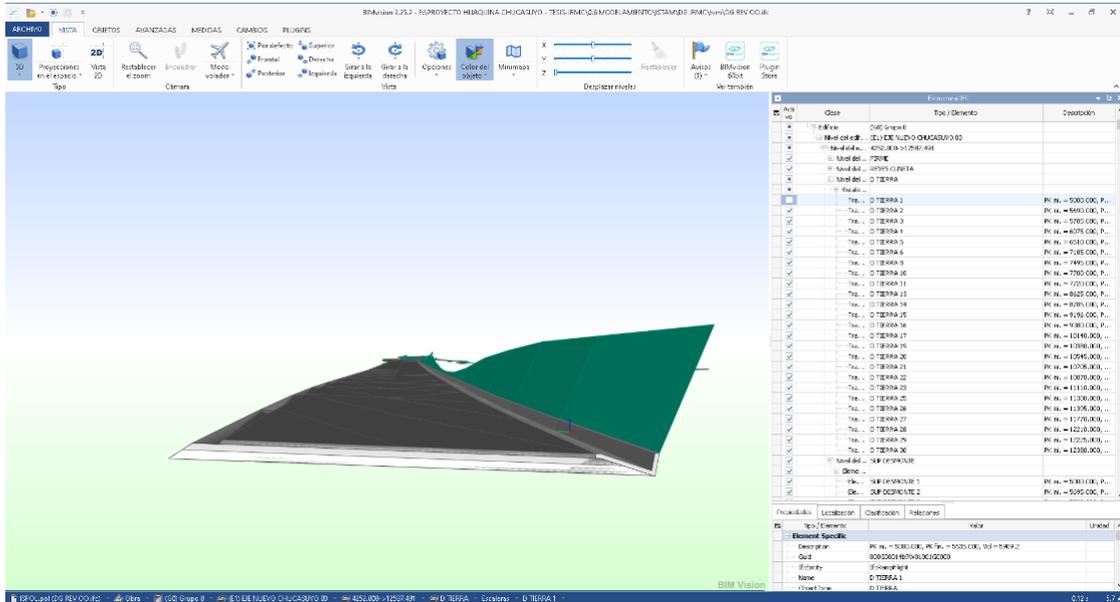


Nota: esta figura muestra la importación del modelo de la carretera en *.IFC en el software BIMvision.

- Seguidamente se verifico el archivo *.IFC, para asegurarnos el modelamiento de la carretera.

Figura 64.

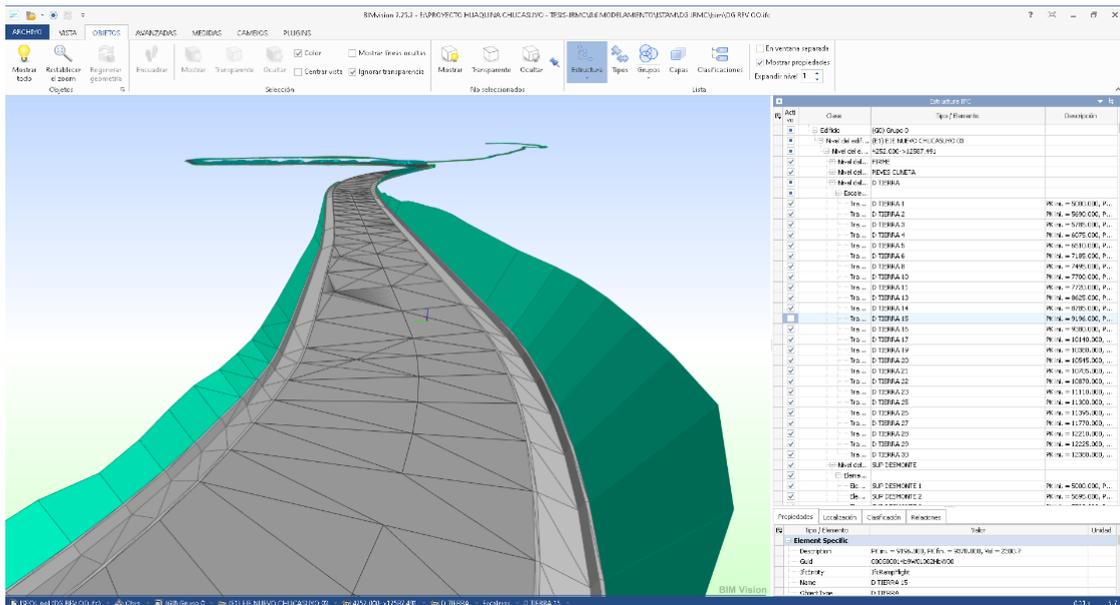
*Verificación del *.IFC en ladera en BIMvision*



Nota: esta figura muestra la verificación del modelamiento de la carretera en ladera en BIMvision.

Figura 65.

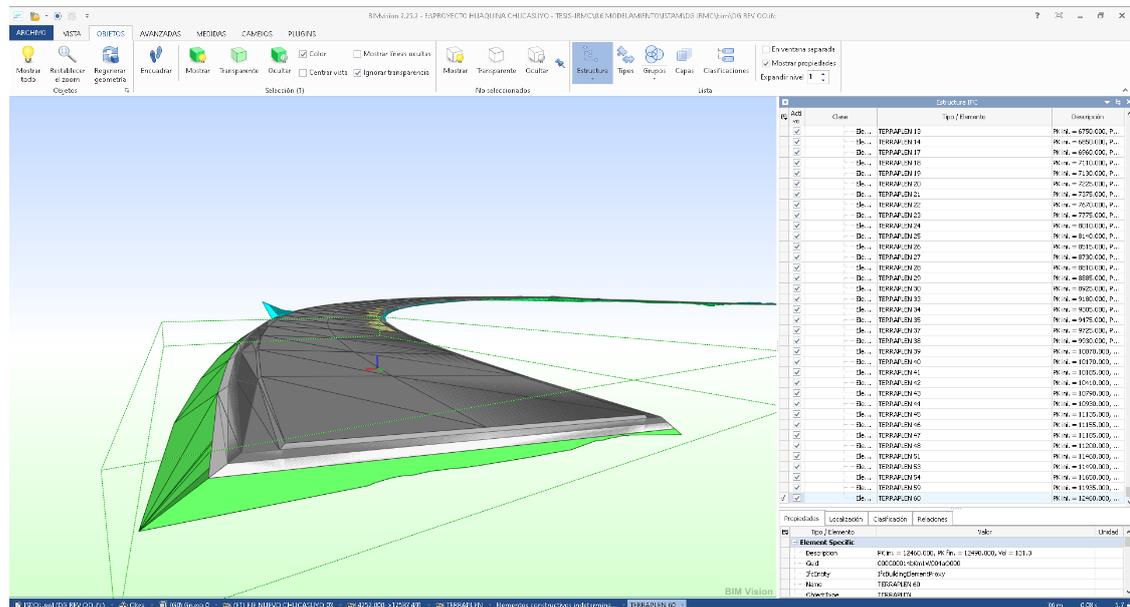
*Verificación del *.IFC en corte cerrado en BIMvision*



Nota: esta figura muestra la verificación del modelamiento de la carretera en corte cerrado en BIMvision.

Figura 66.

*Verificación del *.IFC en relleno en BIMvision*



Nota: esta figura muestra la verificación del modelamiento de la carretera en relleno en BIMvision.

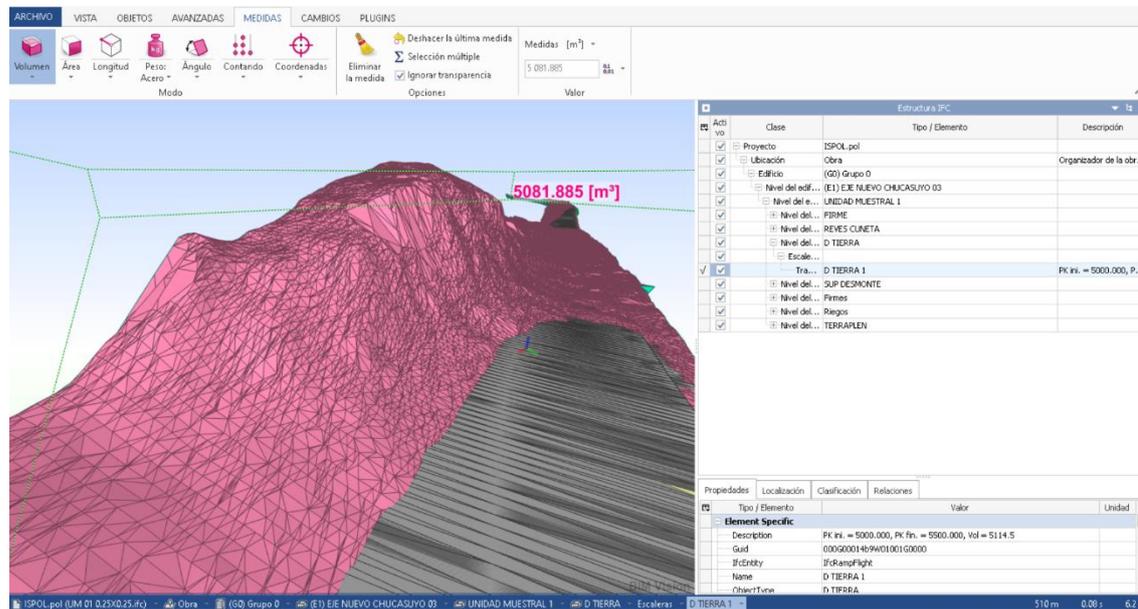
- Una vez verificado el modelamiento de la carretera, Se procedió a obtener los volúmenes de corte (excavación) y de relleno (terraplén)

3.7.1 Cálculo de volumen de corte por la metodología BIM.

Se cargo los archivos *.IFC de cada unidad muestral al software BIMvision, seguidamente en la opción de medidas obtenemos los volúmenes de corte.

Figura 67.

*Visualización de volumen de corte en BIMvision a partir de *.IFC*



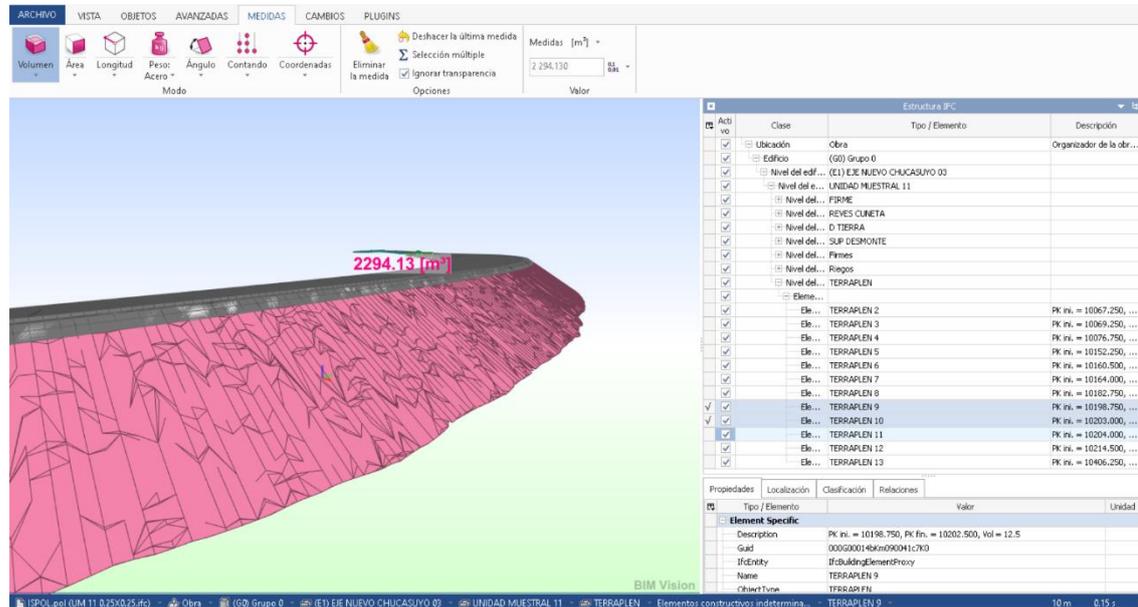
Nota: esta figura muestra la obtención de volúmenes de corte a partir de ficheros *.IFC del modelamiento de la carretera en el software BIMvision.

3.7.2 Cálculo de volumen de relleno por la metodología BIM.

Se cargo los archivos *.IFC de cada unidad muestral al software BIMvision, seguidamente en la opción de medidas obtenemos los volúmenes de relleno.

Figura 68.

Visualización de volumen de relleno en BIMvision a partir de *.IFC



Nota: esta figura muestra la obtención de volúmenes de relleno a partir de ficheros *.IFC del modelamiento de la carretera en el software BIMvision.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Volúmenes de corte relleno obtenidos por el método tradicional

Tabla 17.

Resumen de volúmenes de corte por método tradicional

RESUMENES DE VOLUMENES EN EXCAVACION (CORTE)					
	10 m	5 m	1 m	0.5 m	0.25 m
UM1	5,093.60	5,123.95	5,114.62	5,114.87	5,114.54
UM2	3,182.30	3,178.15	3,184.14	3,184.18	3,183.99
UM3	3,083.25	3,056.38	3,082.47	3,082.32	3,082.12
UM4	1,223.10	1,214.45	1,222.09	1,221.72	1,221.86
UM5	1,554.80	1,560.05	1,574.53	1,574.41	1,574.41
UM6	4,915.10	4,883.20	4,866.16	4,866.36	4,866.09
UM7	3,773.50	3,780.45	3,795.03	3,794.37	3,794.51
UM8	2,016.55	1,994.68	1,987.17	1,986.57	1,986.69
UM9	3,920.40	3,879.10	3,883.35	3,883.41	3,882.88
UM10	3,593.75	3,600.18	3,585.50	3,584.95	3,584.88
UM11	882.35	875.08	879.95	879.80	879.82
UM12	524.50	525.30	529.80	529.97	529.92
UM13	349.30	349.65	351.45	351.41	351.41
UM14	2,313.25	2,313.13	2,314.18	2,314.88	2,315.09
UM15	137.45	140.28	141.13	141.17	141.11

Nota: esta tabla muestra el resumen de los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional en distancias de 10m, 5m, 1m, 0.5m, 0.25m, por cada unidad muestral.

Tabla 18.*Resumen de volúmenes de relleno por método tradicional*

RESUMENES DE VOLUMENES EN TERRAPLEN (RELLENO)					
	10 m	5 m	1 m	0.5 m	0.25 m
UM1	335.90	328.10	329.11	329.18	329.18
UM2	1,026.50	1,024.65	1,027.65	1,028.53	1,028.25
UM3	354.90	371.55	366.23	366.21	366.18
UM4	806.90	781.35	800.26	800.50	800.55
UM5	1,105.65	1,097.38	1,093.75	1,093.76	1,093.74
UM6	472.65	486.08	493.76	494.31	494.67
UM7	547.20	543.70	547.96	548.18	548.19
UM8	1,325.15	1,312.98	1,325.69	1,325.53	1,325.51
UM9	964.45	905.73	934.79	935.89	936.32
UM10	466.35	476.98	477.63	477.62	477.65
UM11	2,625.50	2,645.35	2,626.41	2,625.98	2,625.17
UM12	1,932.25	1,917.73	1,937.42	1,937.20	1,937.30
UM13	2,363.10	2,316.05	2,318.34	2,318.06	2,318.22
UM14	1,110.35	1,106.98	1,104.58	1,103.43	1,103.53
UM15	2,927.75	2,915.08	2,916.77	2,916.31	2,916.05

Nota: esta tabla muestra el resumen de los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional en distancias de 10m, 5m, 1m, 0.5m, 0.25m, por cada unidad muestral.

4.1.2 Volúmenes de corte obtenidos por el método BIM

Tabla 19.*Resumen de volúmenes de corte por método BIM*

RESUMENES DE VOLUMENES EN EXCAVACION (CORTE)	
UM01	5,114.50
UM02	3,182.72
UM03	3,081.90
UM04	1,221.53



UM05	1,573.20
UM06	4,865.54
UM07	3,792.20
UM08	1,986.91
UM09	3,884.13
UM10	3,584.27
UM11	879.20
UM12	531.45
UM13	352.50
UM14	2,314.56
UM15	141.92

Nota: esta tabla muestra el resumen de los volúmenes de corte obtenidos por la metodología mediante ficheros *.IFC, por cada unidad muestral.

Tabla 20.

Resumen de volúmenes de relleno por método BIM

RESUMENES DE VOLUMENES EN TERRAPLEN (RELLENO)	
UM01	326.70
UM02	1,026.44
UM003	366.50
UM4	799.85
UM05	1,092.22
UM06	494.60
UM07	548.05
UM08	1,325.42
UM09	934.89
UM10	477.87
UM11	2,626.40
UM12	1,937.41
UM13	2,316.80

UM14	1,103.44
UM15	2,917.20

Nota: esta tabla muestra el resumen de los volúmenes de relleno obtenidos por la metodología mediante ficheros *.IFC, por cada unidad muestral.

4.1.3 Comparación de volúmenes de método tradicional y BIM

Para la comparación de los resultados se procedió a analizar por tres maneras:

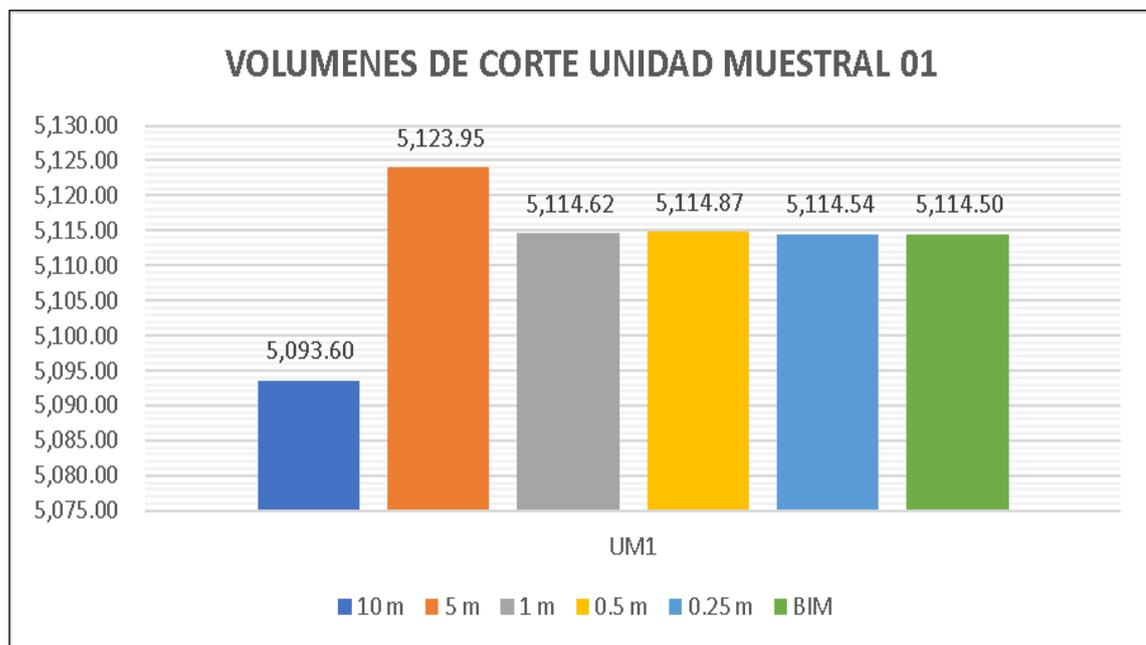
- Generando un gráfico de barras por cada volumen de corte y relleno obtenidos por el método tradicional y BIM
- Generando superficies 3D de corte y relleno
- Mediante cálculos matemáticos

Análisis mediante gráfico de barras

Gráfico de barras para volúmenes de corte

Figura 69.

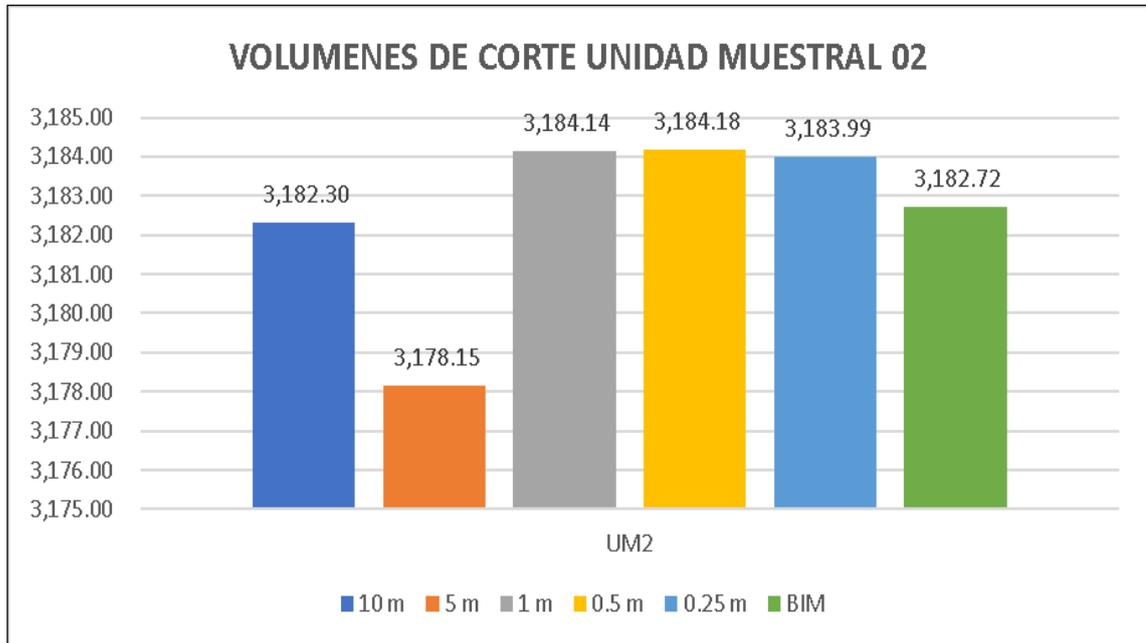
Volúmenes de corte (m³), método tradicional y BIM en UM01



Nota: el gráfico de barras muestra los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 01

Figura 70.

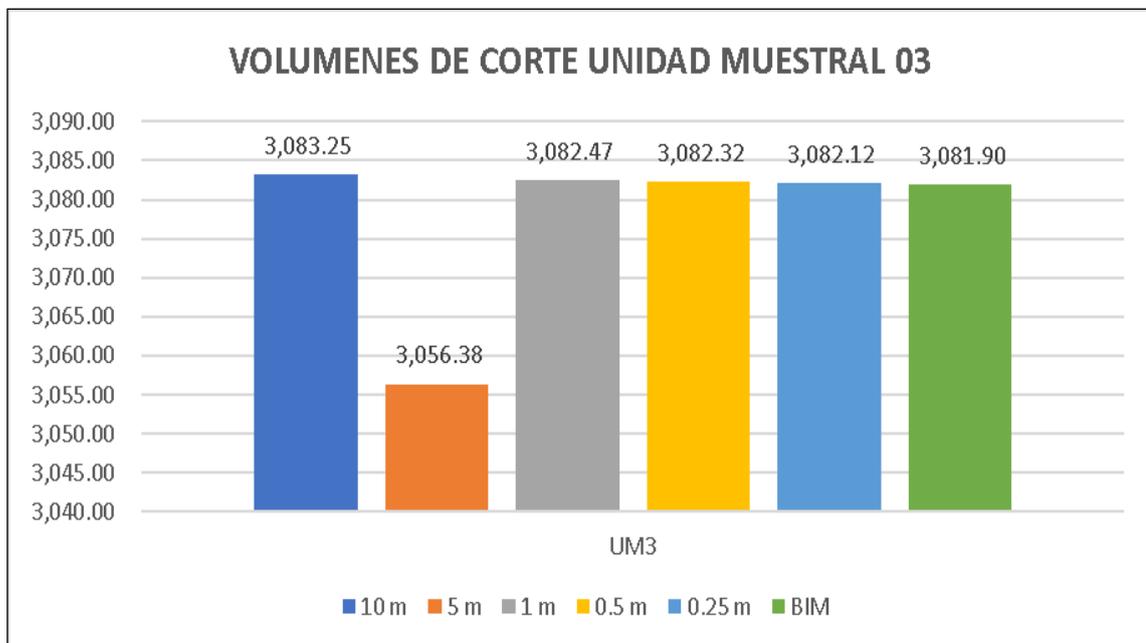
Volúmenes de corte (m³), método tradicional y BIM en UM02



Nota: el grafico de barras muestra los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 02.

Figura 71.

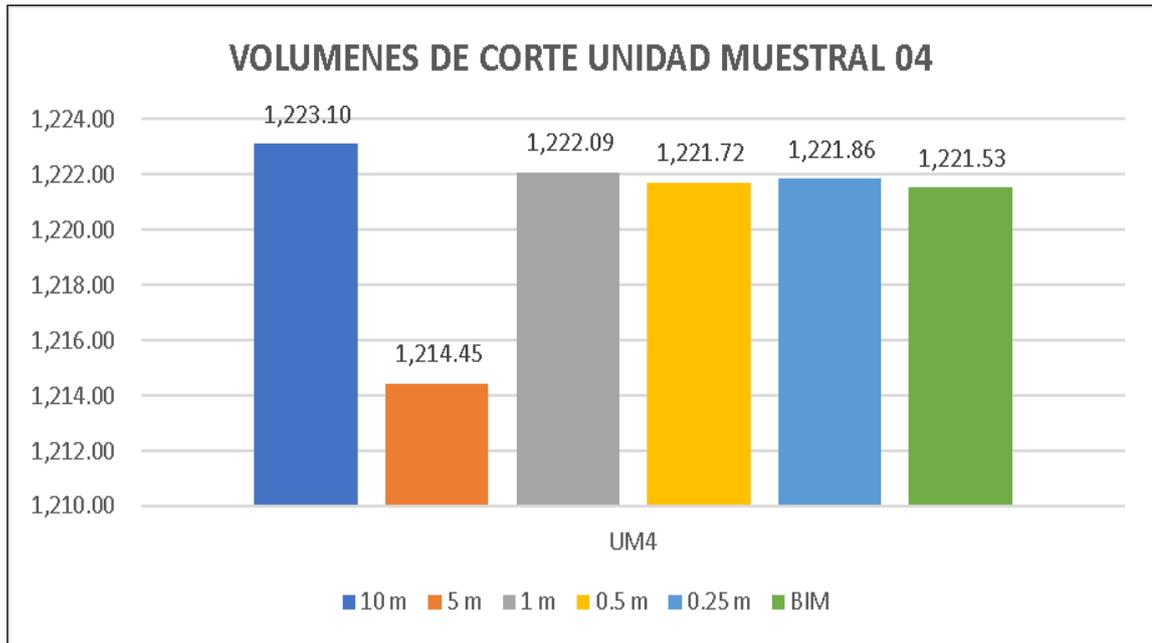
Volúmenes de corte (m³), método tradicional y BIM en UM03



Nota: el grafico de barras muestra los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 03.

Figura 72.

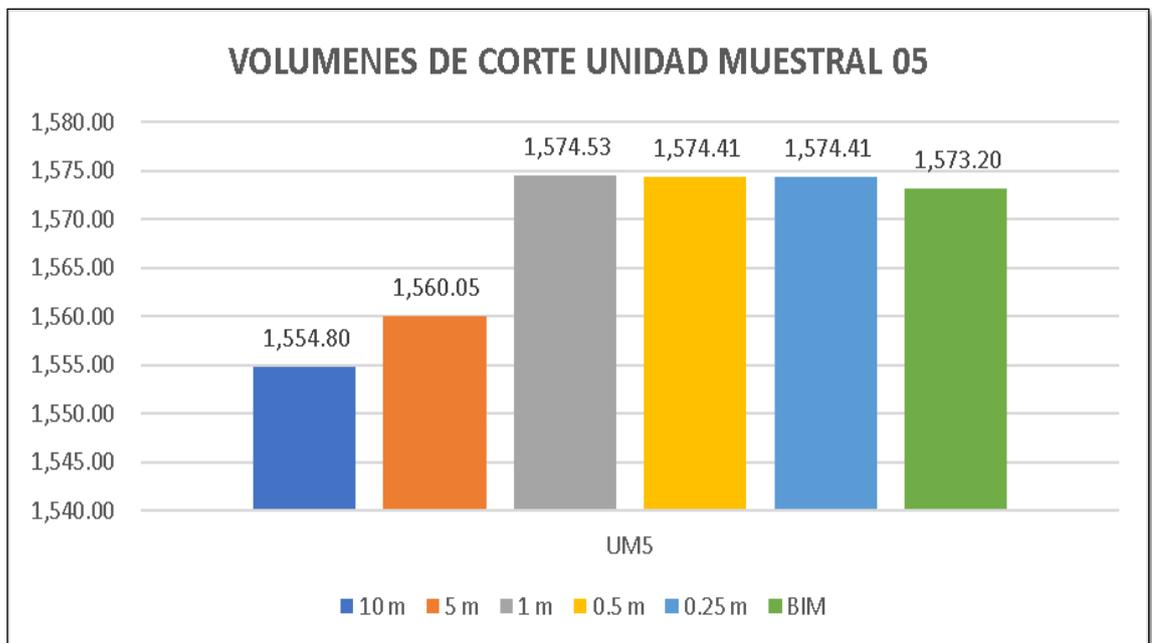
Volúmenes de corte (m³), método tradicional y BIM en UM004



Nota: el grafico de barras muestra los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 04.

Figura 73.

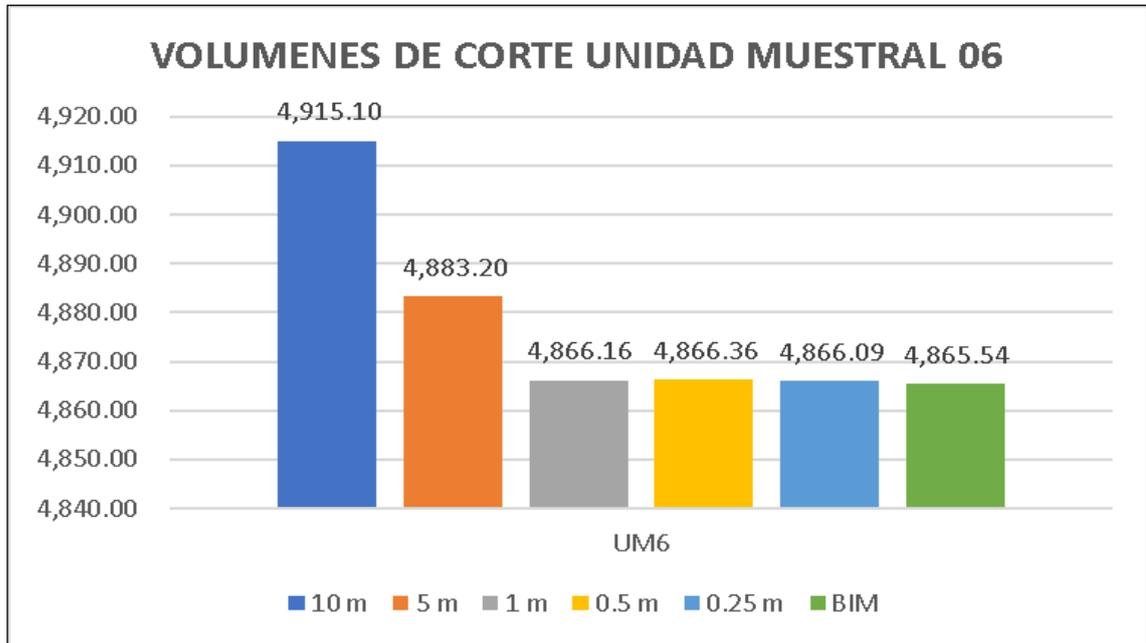
Volúmenes de corte (m³), método tradicional y BIM en UM05



Nota: el grafico de barras muestra los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 05.

Figura 74.

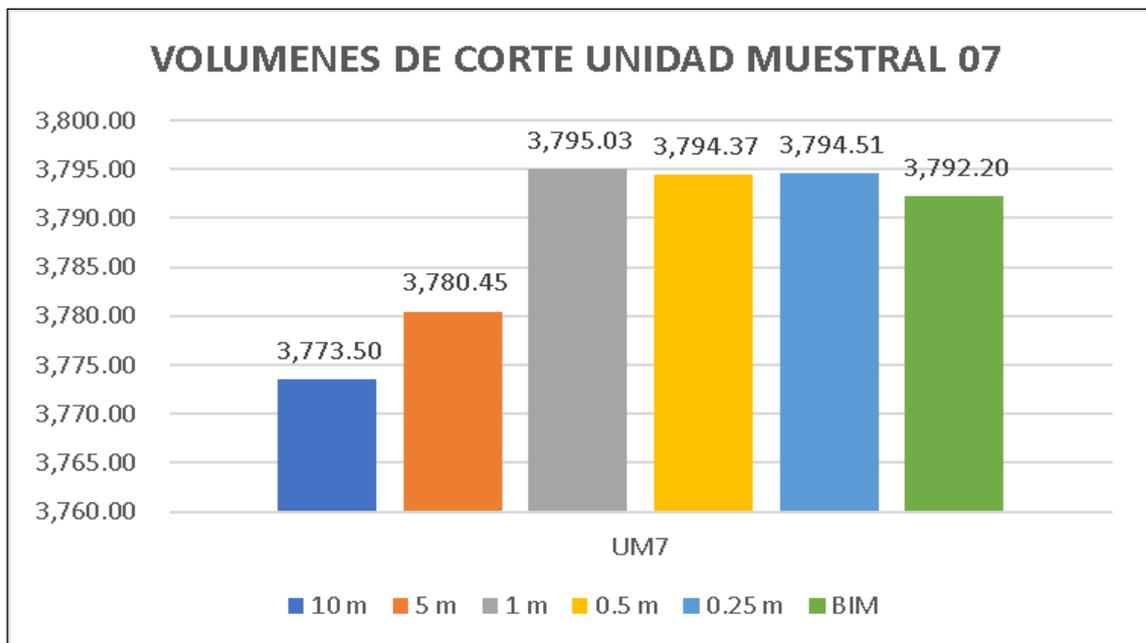
Volúmenes de corte (m³), método tradicional y BIM en UM06



Nota: el grafico de barras muestra los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 06.

Figura 75.

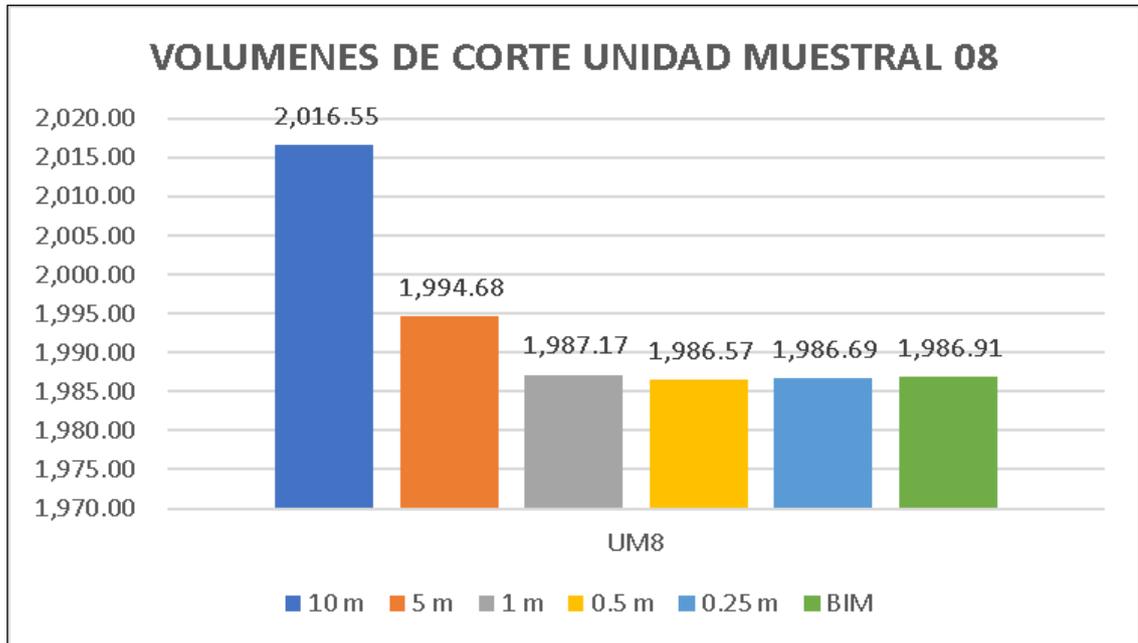
Volúmenes de corte (m³), método tradicional y BIM en UM07



Nota: el grafico de barras muestra los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 07.

Figura 76.

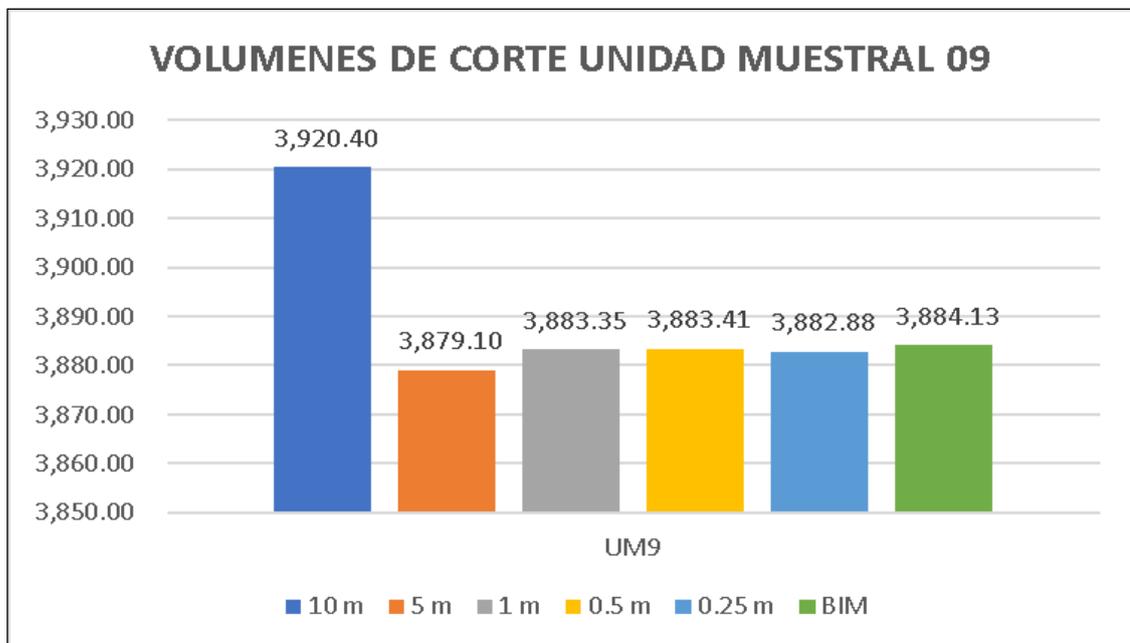
Volúmenes de corte (m³), método tradicional y BIM en UM08



Nota: el grafico de barras muestra los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 08.

Figura 77.

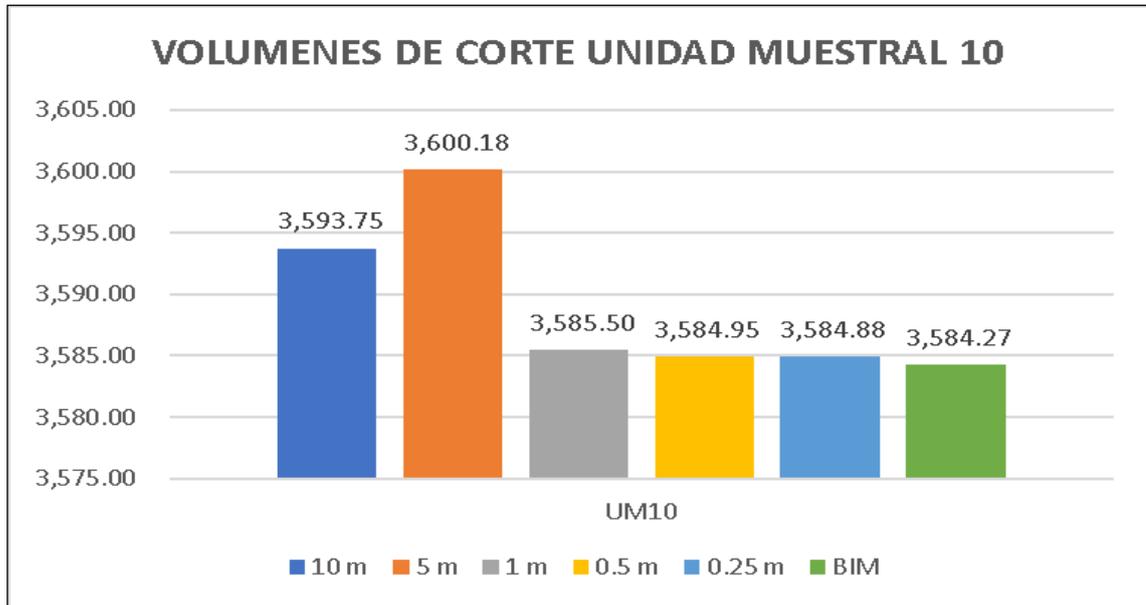
Volúmenes de corte (m³), método tradicional y BIM en UM09



Nota: el grafico de barras muestra los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 09.

Figura 78.

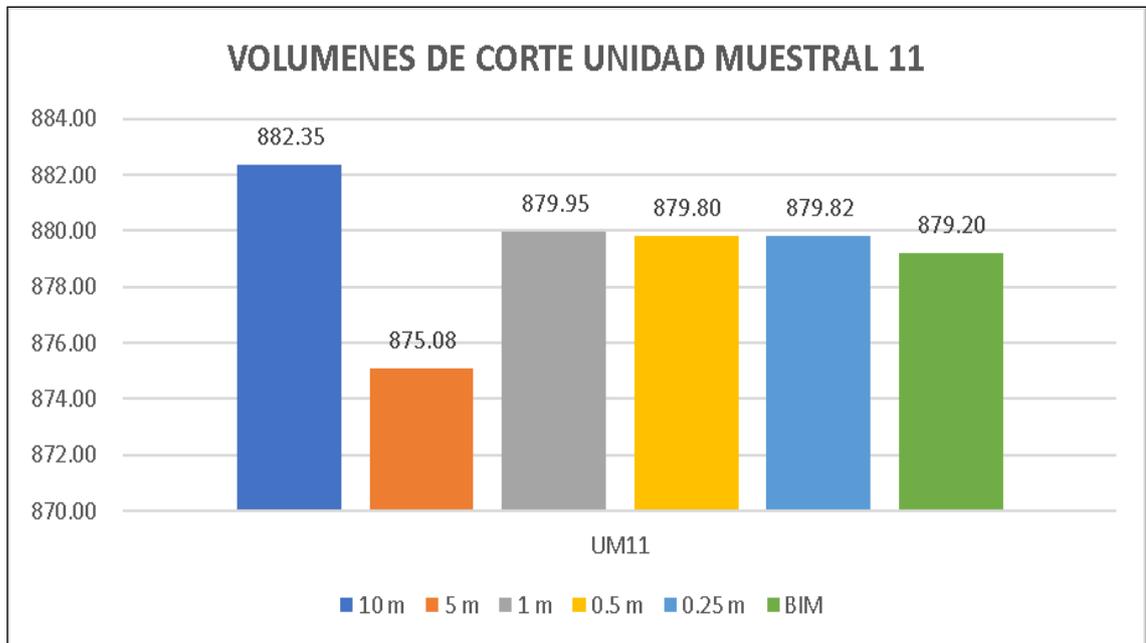
Volúmenes de corte (m³), método tradicional y BIM en UM10



Nota: el grafico de barras muestra los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 10.

Figura 79.

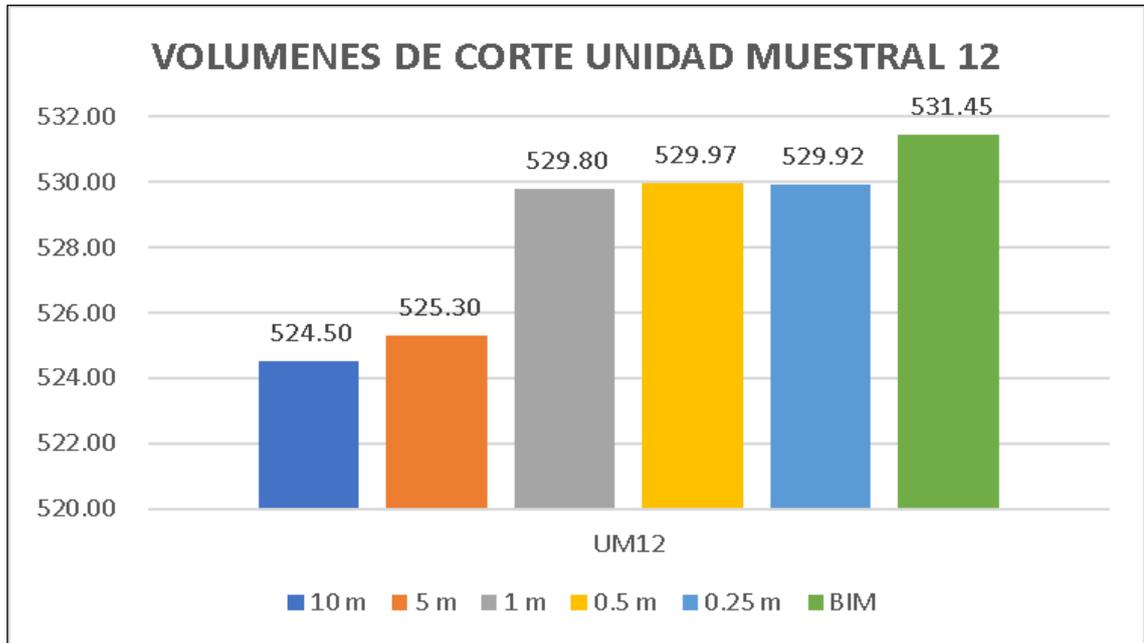
Volúmenes de corte (m³), método tradicional y BIM en UM11



Nota: el grafico de barras muestra los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 11.

Figura 80.

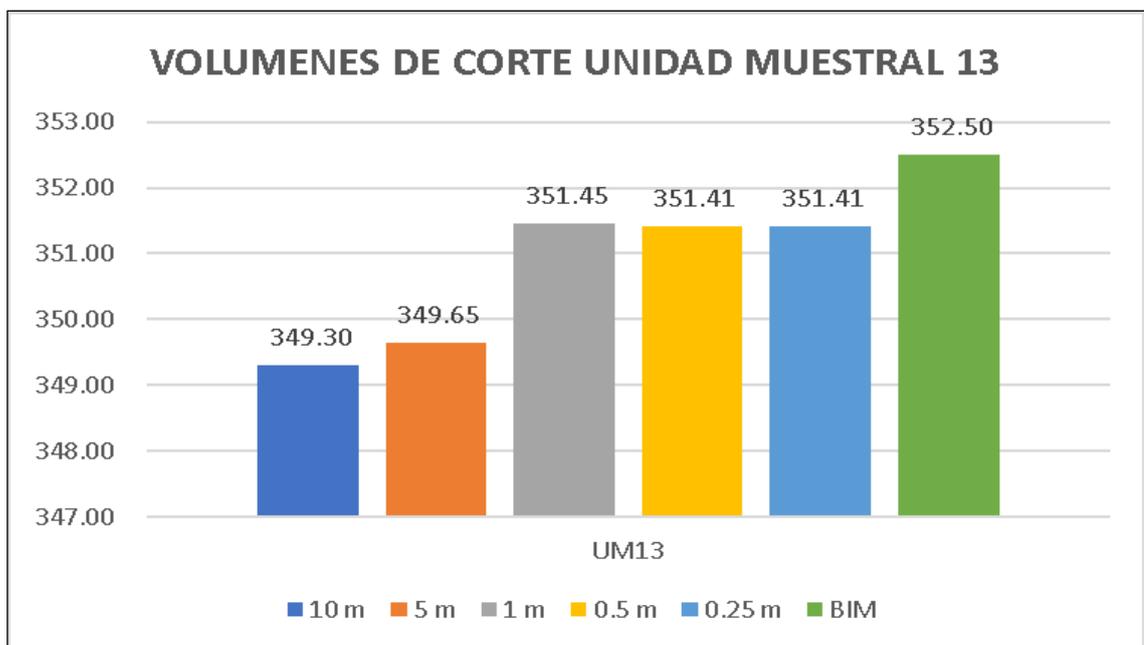
Volúmenes de corte (m³), método tradicional y BIM en UM12



Nota: el grafico de barras muestra los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 12.

Figura 81.

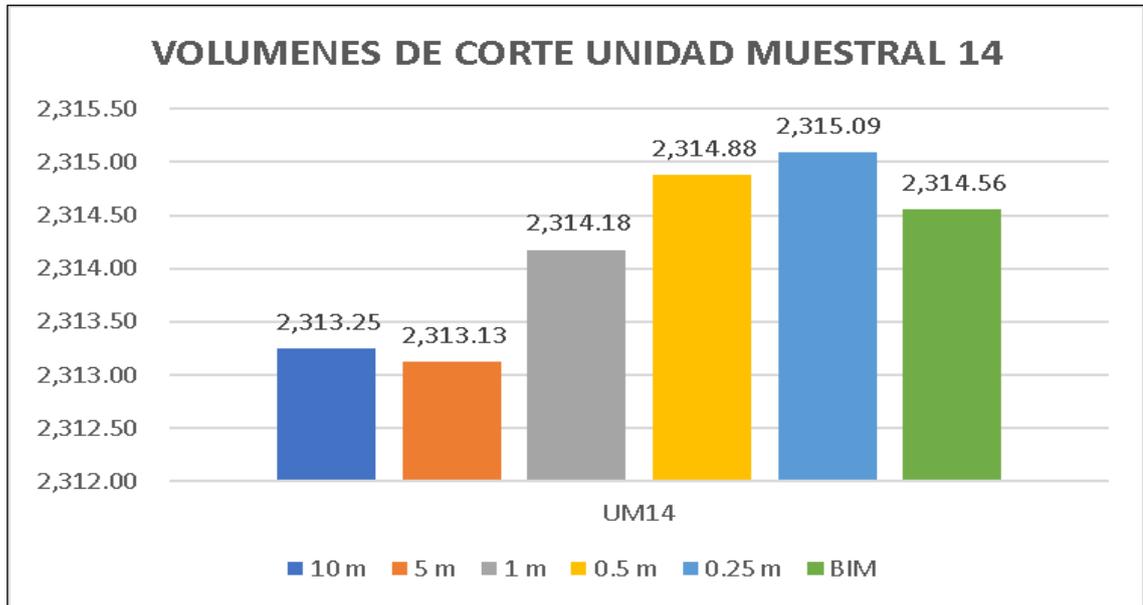
Volúmenes de corte (m³), método tradicional y BIM en UM13



Nota: el grafico de barras muestra los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 13.

Figura 82.

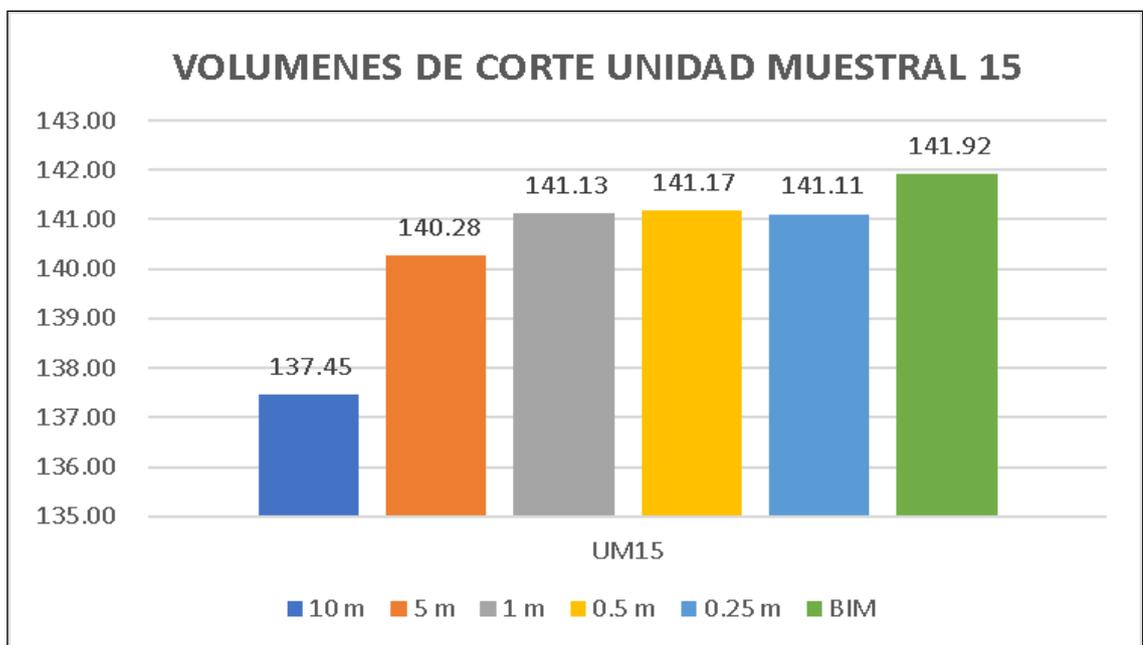
Volúmenes de corte (m³), método tradicional y BIM en UM14



Nota: el grafico de barras muestra los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 14.

Figura 83.

Volúmenes de corte (m³), método tradicional y BIM en UM15



Nota: el grafico de barras muestra los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 15.

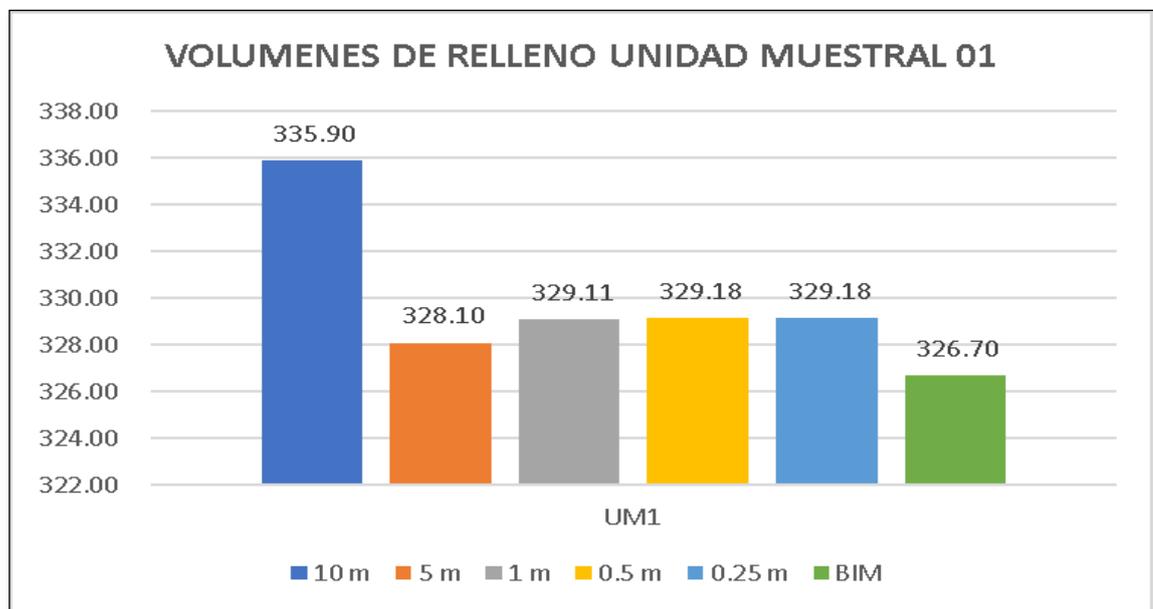
De acuerdo a la generación de gráfico de barras para el análisis, podemos decir que hay una similitud entre volúmenes de corte (excavación) obtenidos en tramos de 1m, 0.5m y 0.25m por el método tradicional, así mismo estos resultados son similares al volumen obtenido por la metodología BIM mediante ficheros *.IFC

Queda demostrado mediante gráfico de barras que el uso de la metodología BIM para el cálculo de volúmenes de corte (excavación) en movimiento de tierras mediante ficheros *.IFC, es eficaz lo cual si sirve para ser aplicado en los proyectos de infraestructura vial.

Gráfico de barras para volúmenes de relleno

Figura 84.

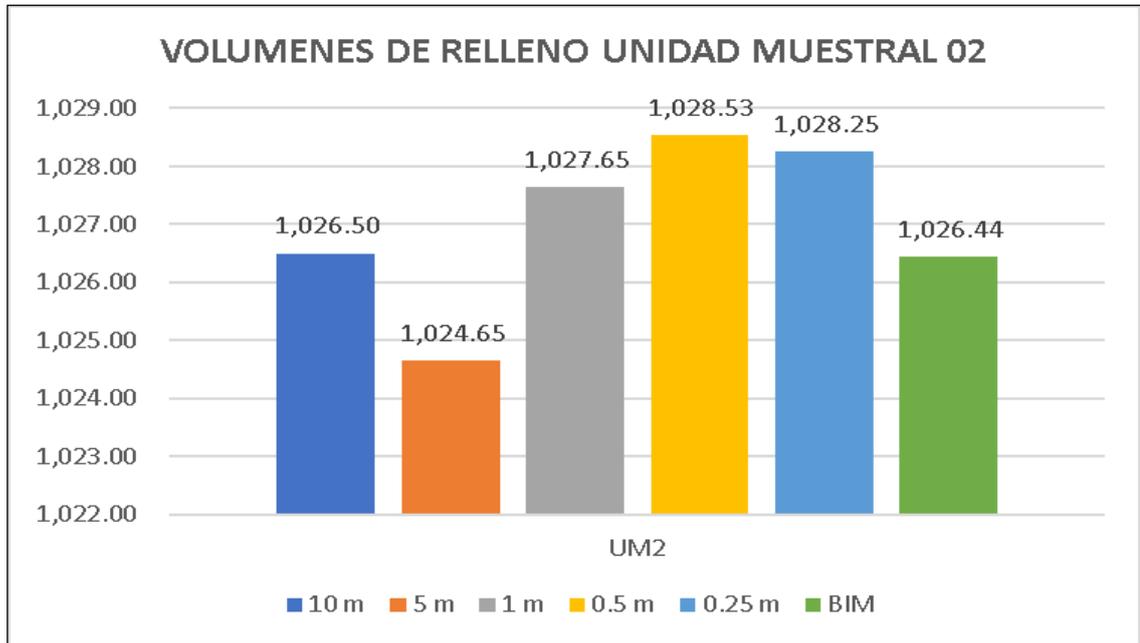
Volúmenes de relleno (m³), método tradicional y BIM en UM01



Nota: el gráfico de barras muestra los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 01.

Figura 85.

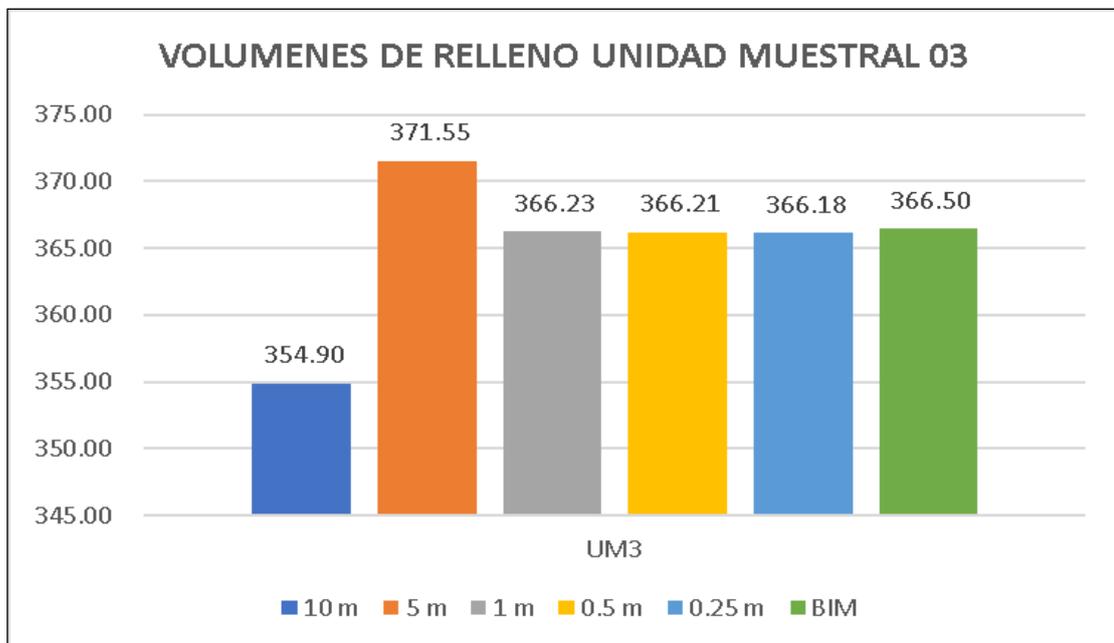
Volúmenes de relleno (m³), método tradicional y BIM en UM02



Nota: el grafico de barras muestra los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 02.

Figura 86.

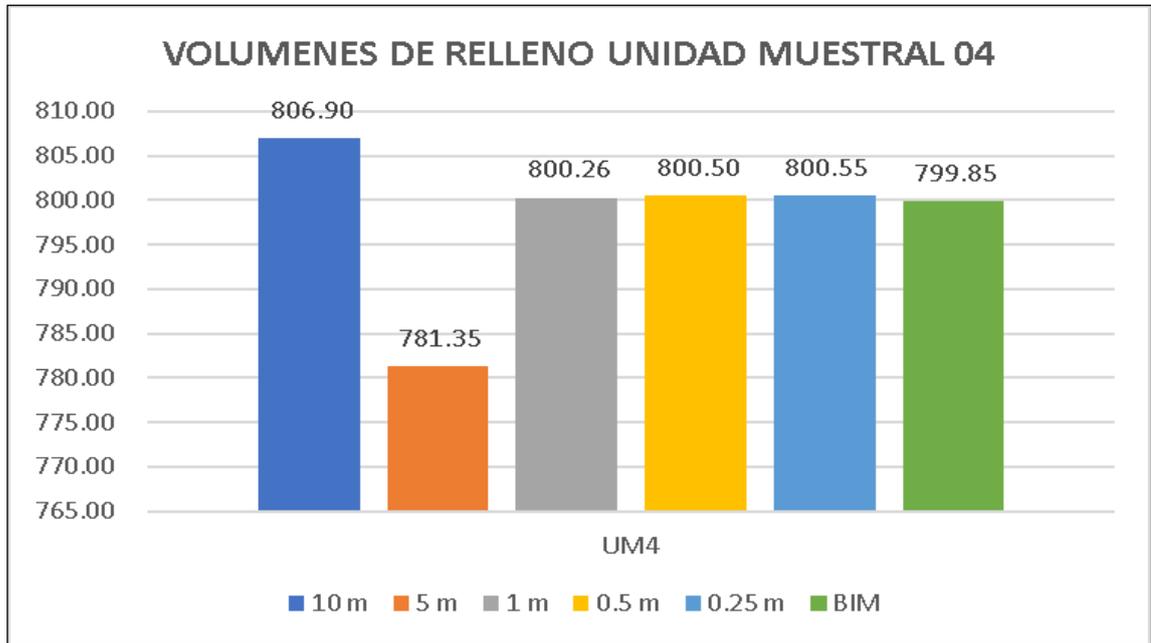
Volúmenes de relleno (m³), método tradicional y BIM en UM03



Nota: el grafico de barras muestra los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 03.

Figura 87.

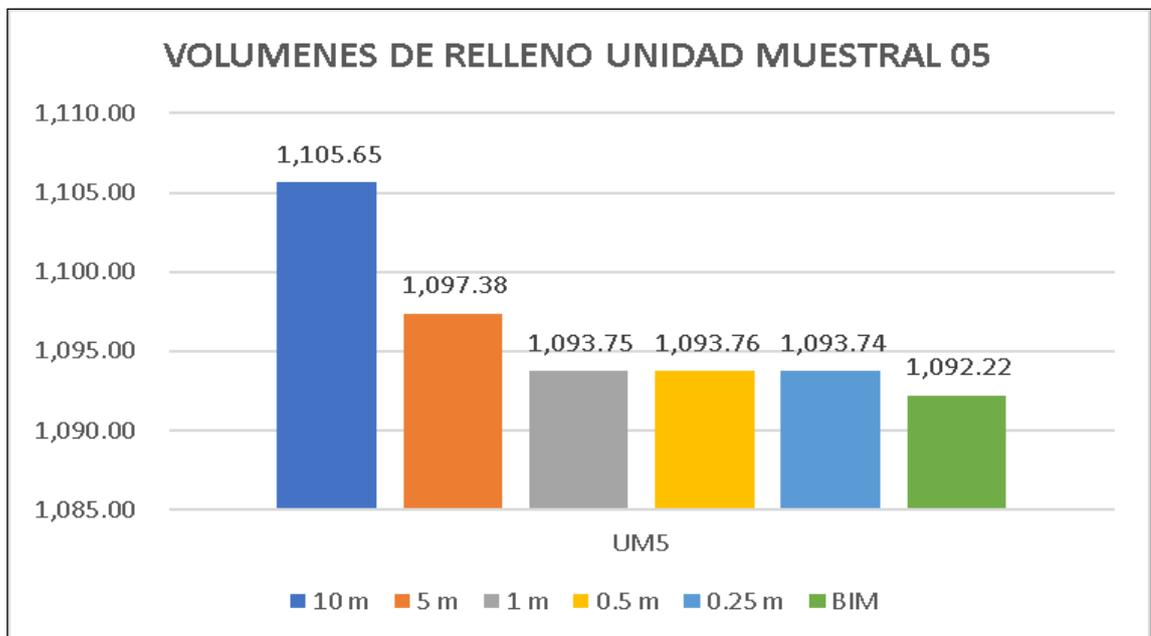
Volúmenes de relleno (m³), método tradicional y BIM en UM04



Nota: el gráfico de barras muestra los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 04.

Figura 88.

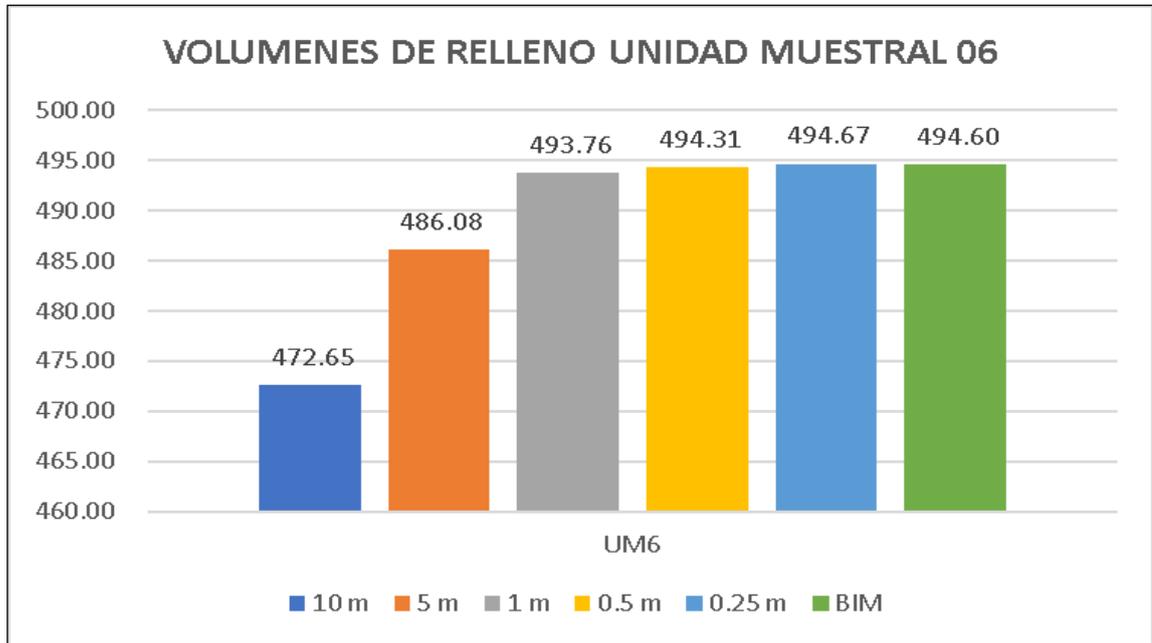
Volúmenes de relleno (m³), método tradicional y BIM en UM05



Nota: el gráfico de barras muestra los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 05.

Figura 89.

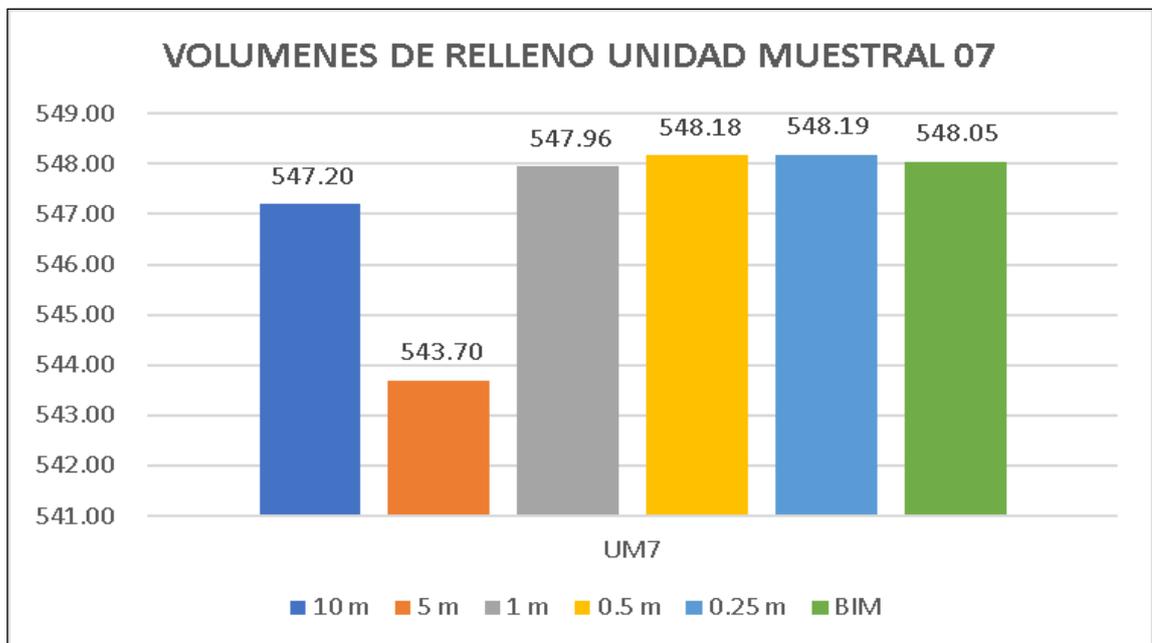
Volúmenes de relleno (m³), método tradicional y BIM en UM06



Nota: el grafico de barras muestra los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 06.

Figura 90.

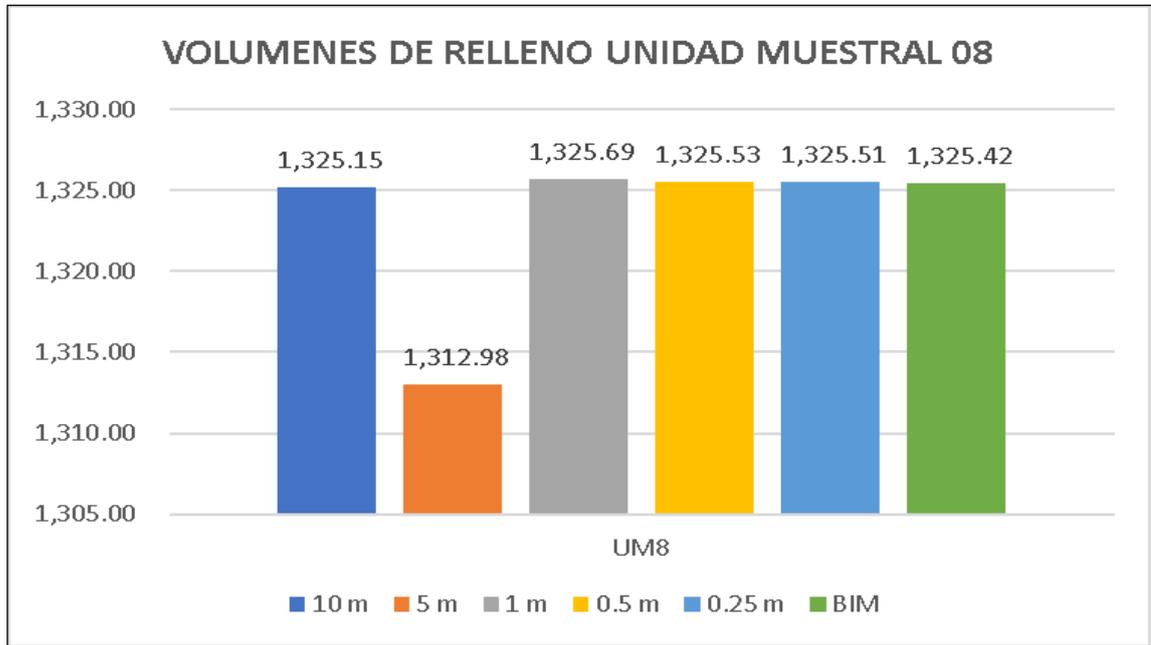
Volúmenes de relleno (m³), método tradicional y BIM en UM07



Nota: el grafico de barras muestra los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 07.

Figura 91.

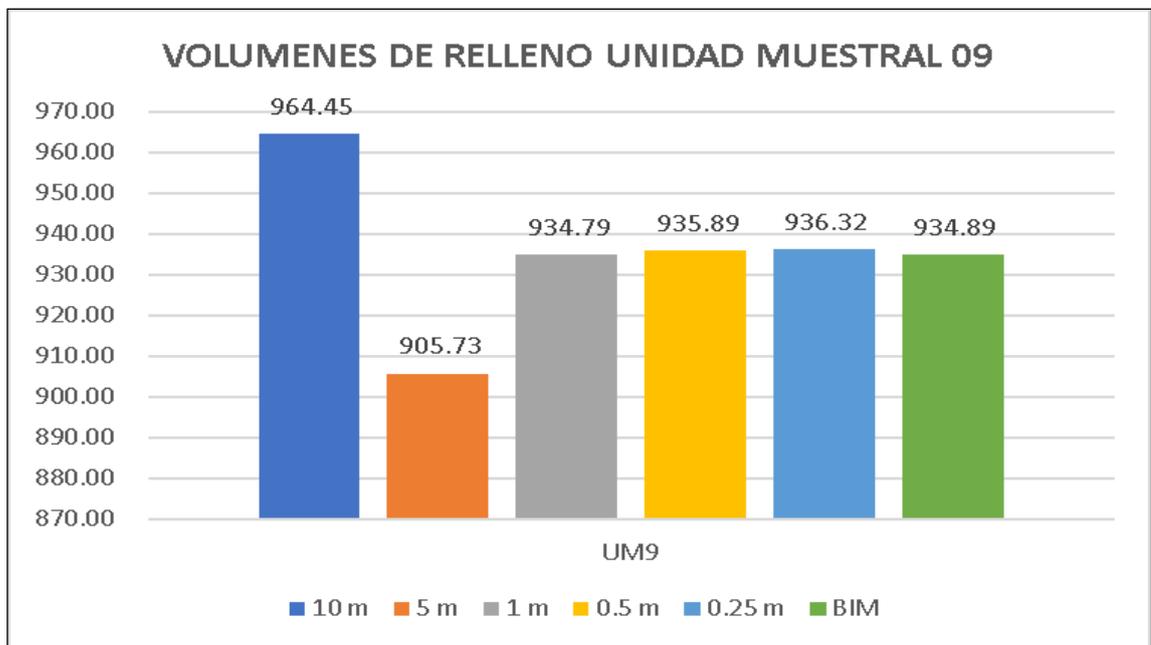
Volúmenes de relleno (m³), método tradicional y BIM en UM08



Nota: el gráfico de barras muestra los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 08.

Figura 92.

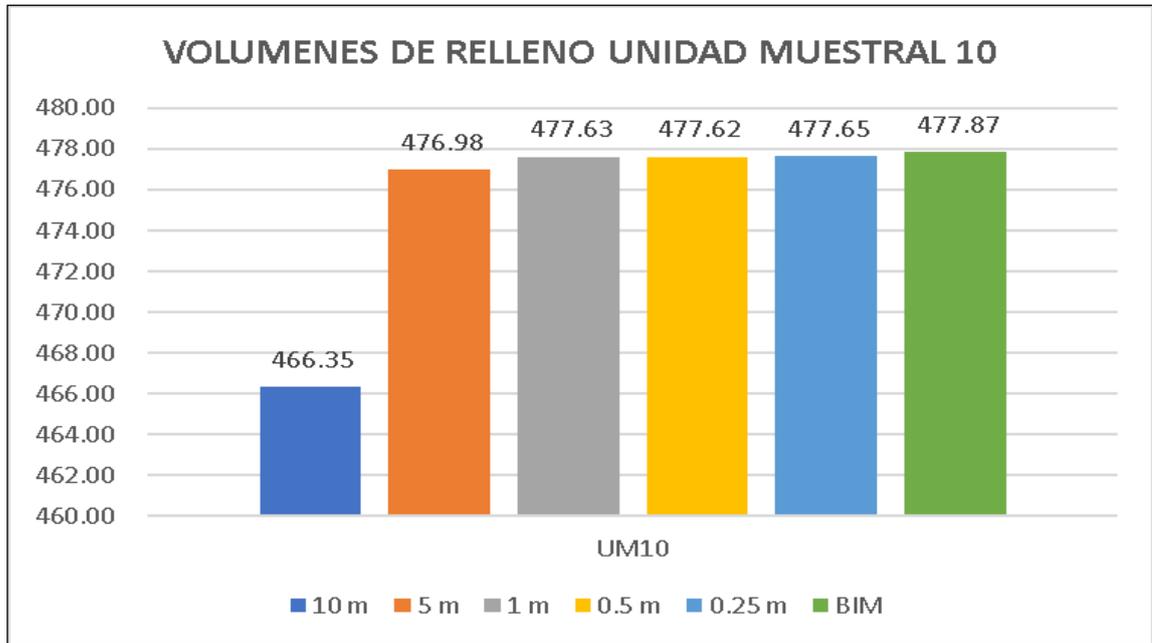
Volúmenes de relleno (m³), método tradicional y BIM en UM09



Nota: el gráfico de barras muestra los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 09.

Figura 93.

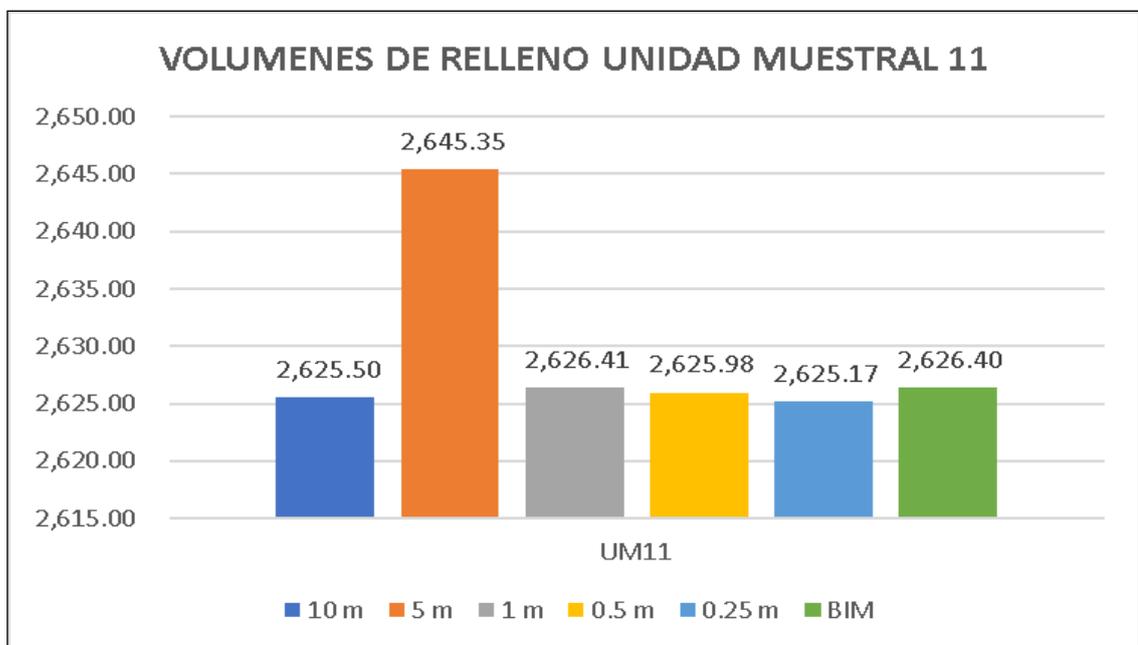
Volúmenes de relleno (m³), método tradicional y BIM en UM10



Nota: el gráfico de barras muestra los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 10.

Figura 94.

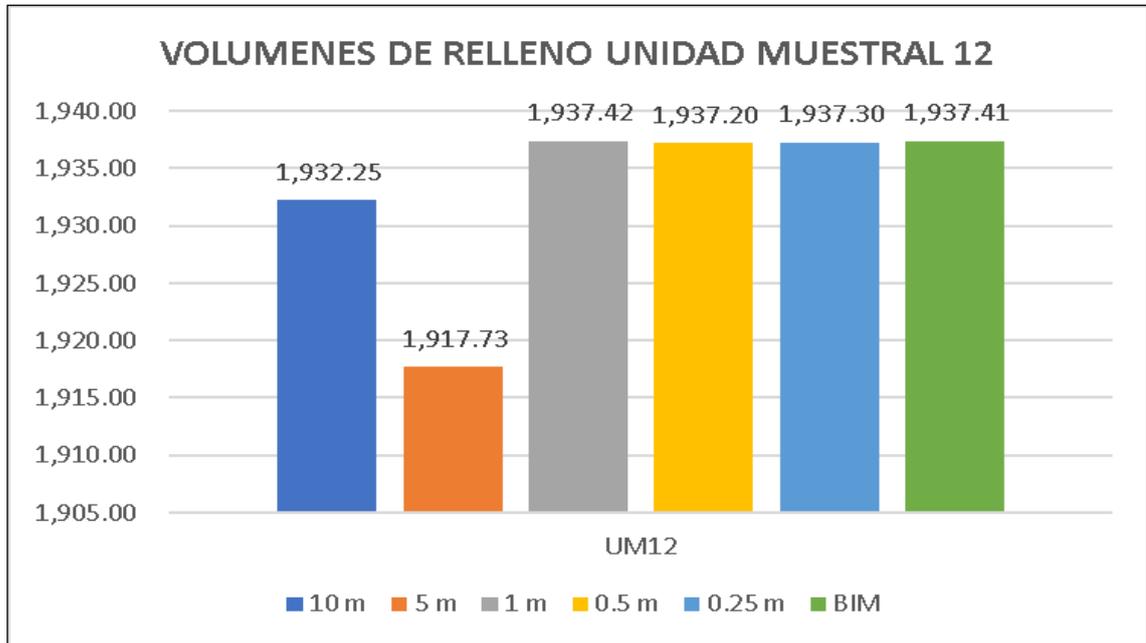
Volúmenes de relleno (m³), método tradicional y BIM en UM11



Nota: el gráfico de barras muestra los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 11.

Figura 95.

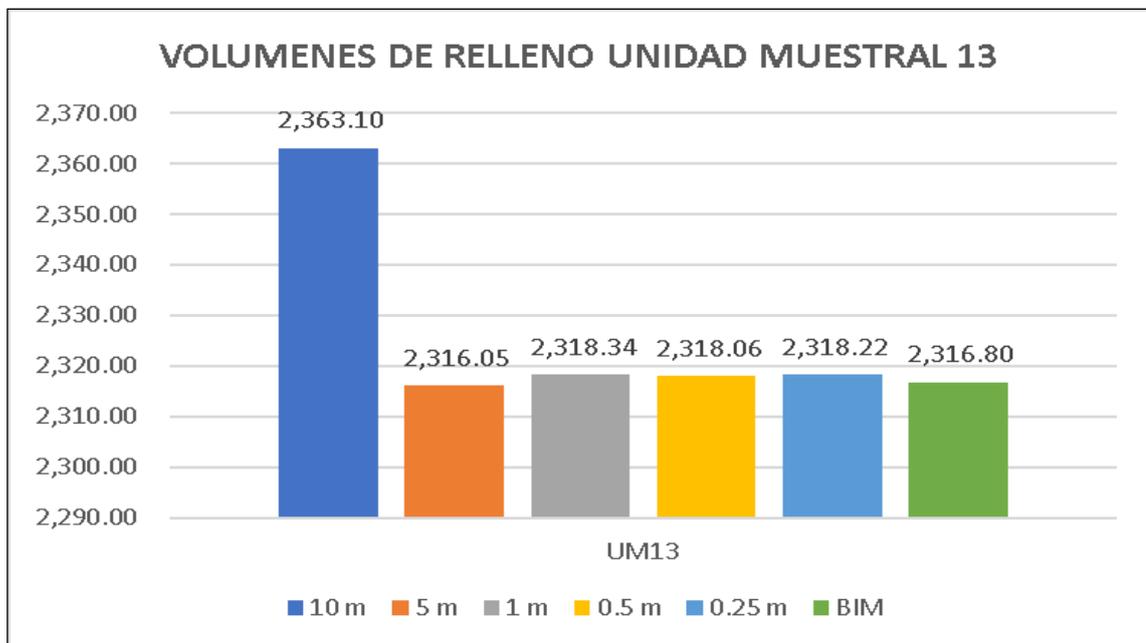
Volúmenes de relleno (m³), método tradicional y BIM en UM12



Nota: el gráfico de barras muestra los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 12.

Figura 96.

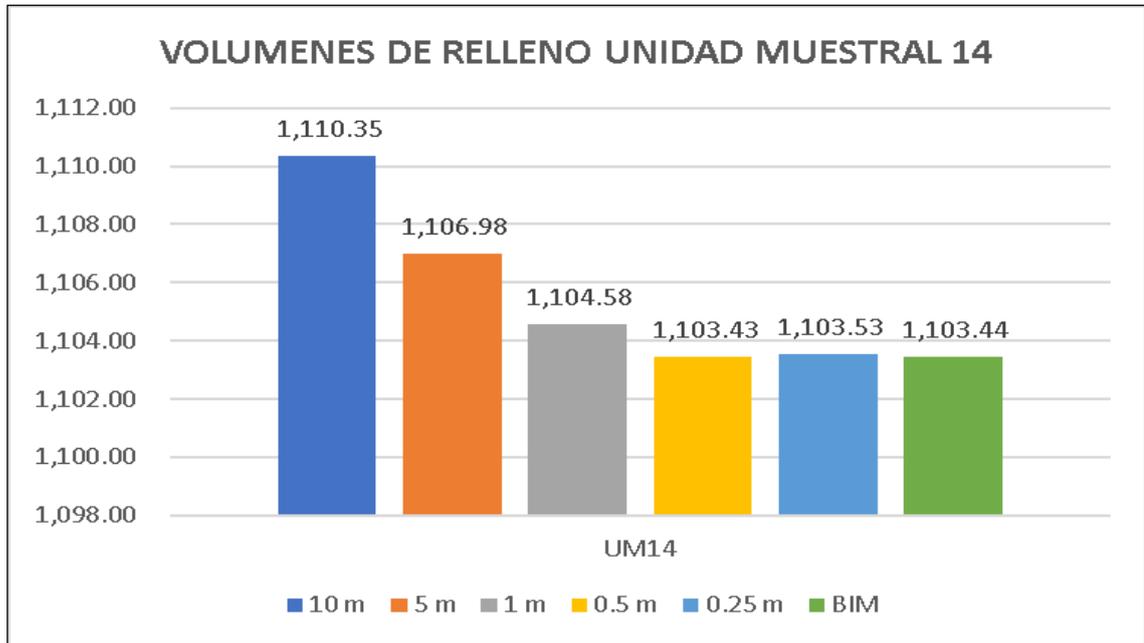
Volúmenes de relleno (m³), método tradicional y BIM en UM13



Nota: el gráfico de barras muestra los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 13.

Figura 97.

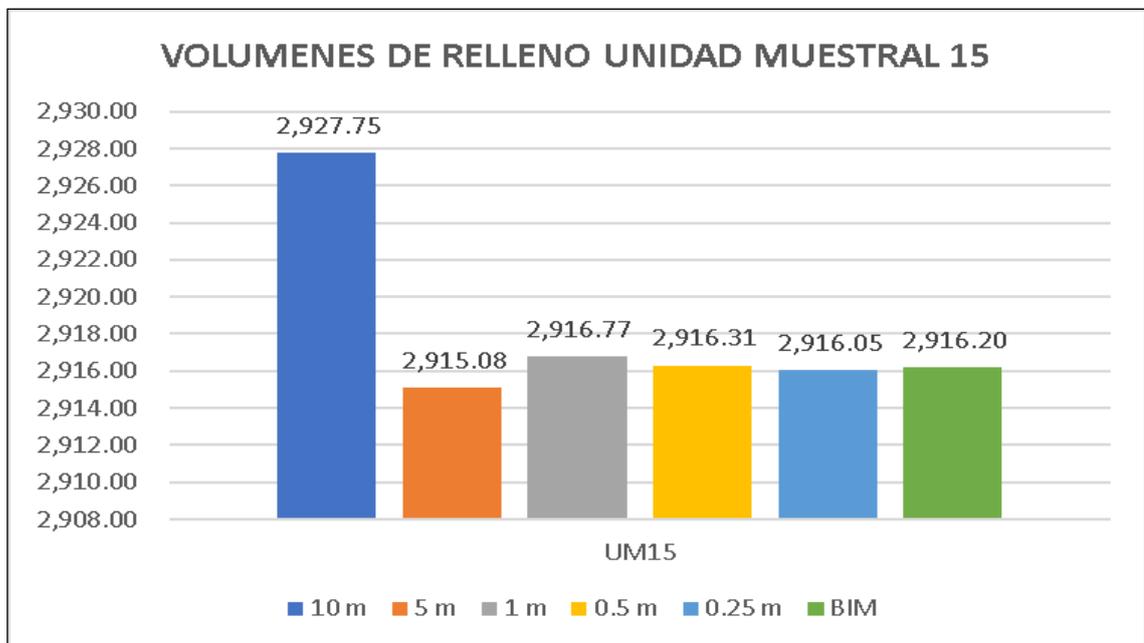
Volúmenes de relleno (m³), método tradicional y BIM en UM14



Nota: el gráfico de barras muestra los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 14.

Figura 98.

Volúmenes de relleno (m³), método tradicional y BIM en UM15



Nota: el gráfico de barras muestra los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional y BIM en la unidad muestral 15.



De acuerdo a la generación de gráfico de barras para el análisis, podemos decir que hay una similitud entre volúmenes de relleno (terraplén) obtenidos en tramos de 1m, 0.5m y 0.25m por el método tradicional, así mismo estos resultados son similares al volumen obtenido por la metodología BIM mediante ficheros *.IFC

Queda demostrado mediante gráfico de barras que el uso de la metodología BIM para el cálculo de volúmenes de corte (terraplén) en movimiento de tierras mediante ficheros *.IFC, es eficaz lo cual si sirve para ser aplicado en los proyectos de infraestructura vial.

Análisis superficie de volumen.

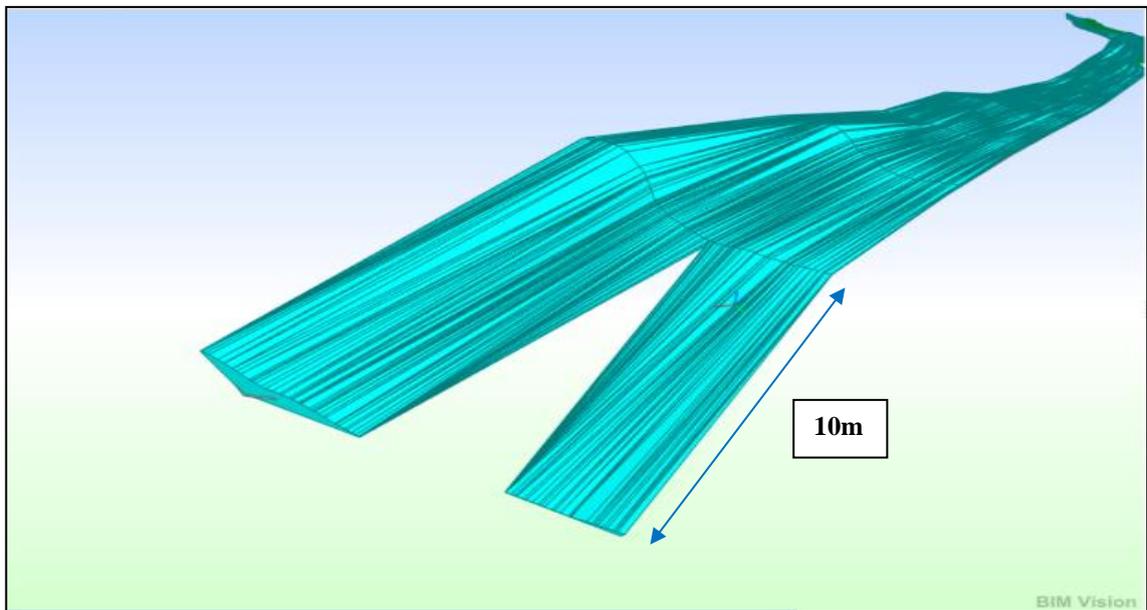
Se procedió a analizar los volúmenes obtenidos en corte por el método tradicional y se usó la siguiente lógica “**A menor distancia de sección mayor, será el acercamiento al volumen real**”, en comparación a los volúmenes obtenidos con la metodología BIM.

Esto podemos explicarlo mediante la generación de superficies de volúmenes de corte y relleno.

Generación de Modelos de Superficie de corte

Figura 99.

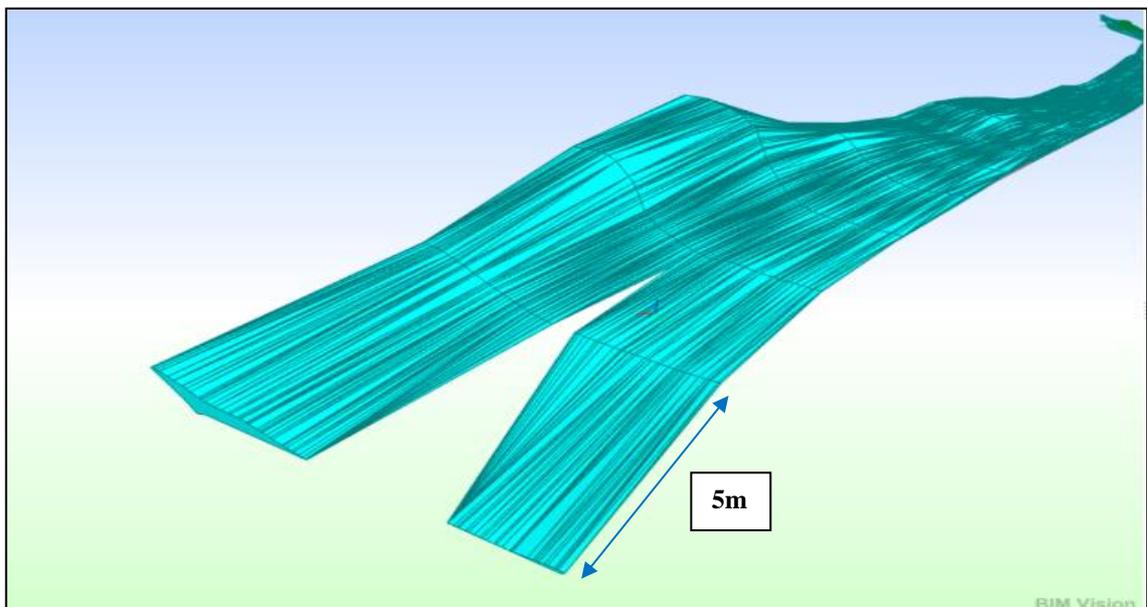
superficie de corte por el método tradicional en tramos de 10 m.



Nota: en la figura podemos observar la superficie tridimensional de corte obtenido por el método tradicional en tramos de 10m.

Figura 100.

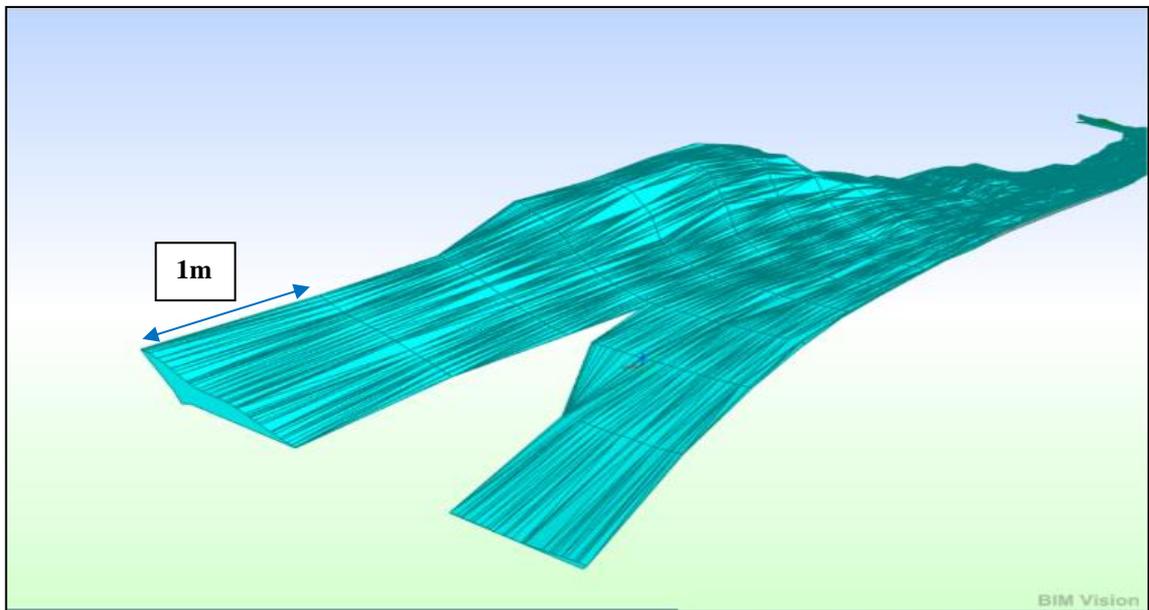
Superficie de corte por el método tradicional en tramos de 5 m.



Nota: en la figura podemos observar la superficie tridimensional de corte obtenido por el método tradicional en tramos de 5m.

Figura 101.

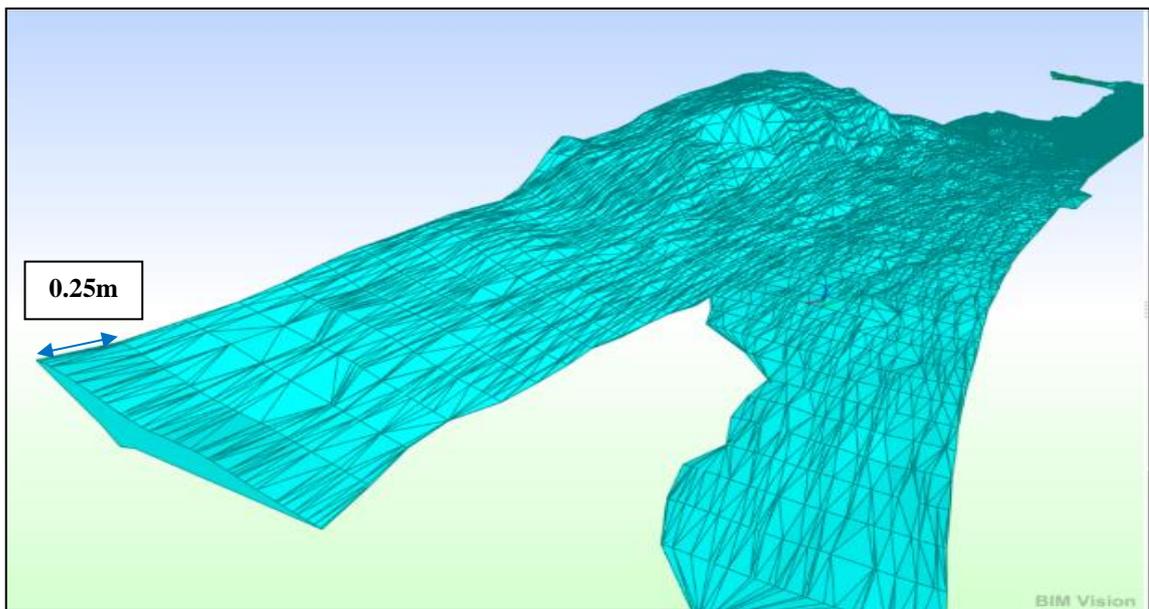
Superficie de corte por el método tradicional en tramos de 1 m.



Nota: en la figura podemos observar la superficie tridimensional de corte obtenido por el método tradicional en tramos de 1m.

Figura 102.

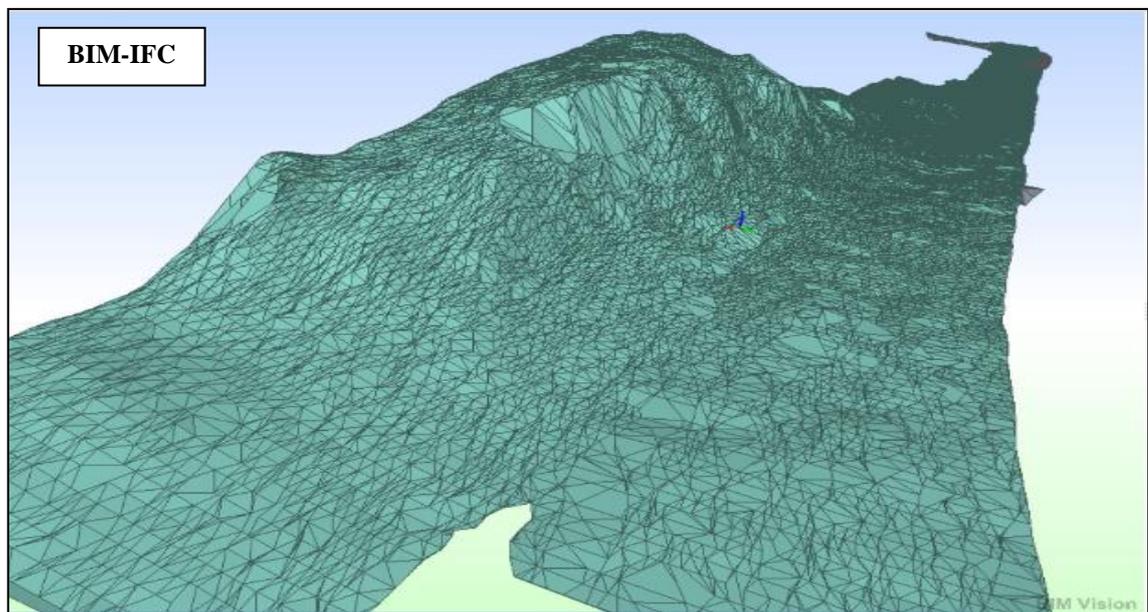
Superficie de corte por el método tradicional en tramos de 0.25 m.



Nota: en la figura podemos observar la superficie tridimensional de corte obtenido por el método tradicional en tramos de 0.25m.

Figura 103.

*Superficie de corte por el método BIM mediante *.IFC*



Nota: en la figura podemos observar la superficie tridimensional de corte obtenido por la metodología BIM, mediante ficheros *.IFC.

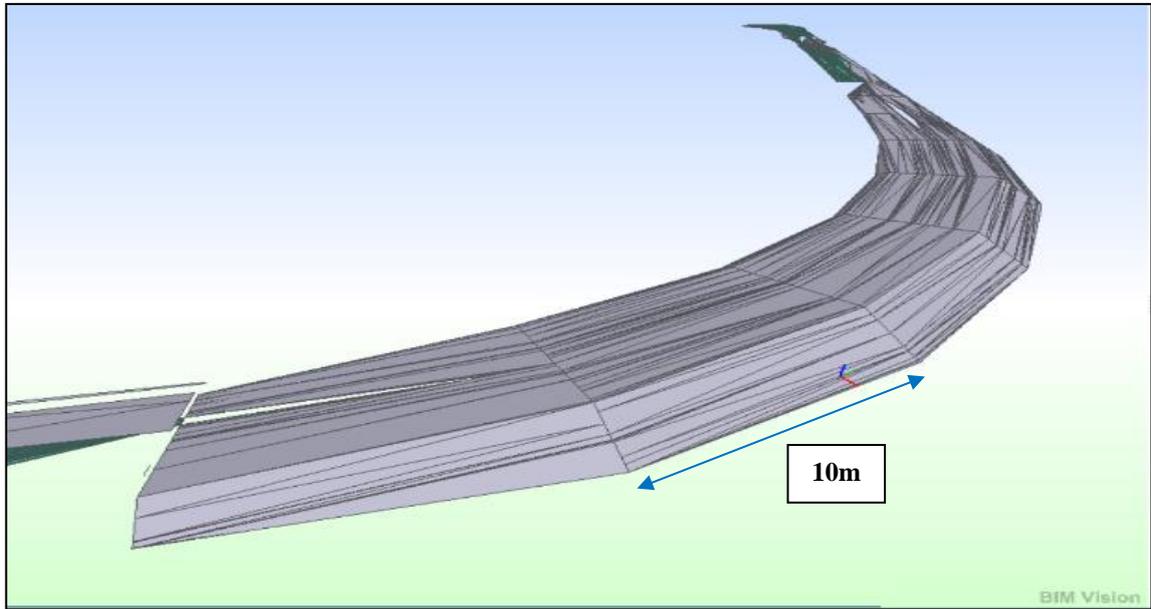
De acuerdo a las superficies de volúmenes de corte para el análisis, podemos observar tridimensionalmente que los volúmenes calculados a partir del método tradicional entramos de secciones de distancias de 10m, 5m, 1m, 0.5m, 0.25m. El volumen se acerca a la realidad cuando la distancia de cálculo es menor. así mismo podemos observar que la superficie de volumen de corte calculado por la metodología BIM mediante fichero *.IFC se adapta más a una superficie real.

Gráficamente podemos afirmar que la metodología BIM si permite obtener mejores resultados para el cálculo de volúmenes de corte (excavación) ya que la superficie que se genera se adapta más a la superficie real, conteniendo todos los accidentes morfológicos y el detalle de la topografía terrestre en estudio.

Generación de Modelos de Superficie de relleno

Figura 104.

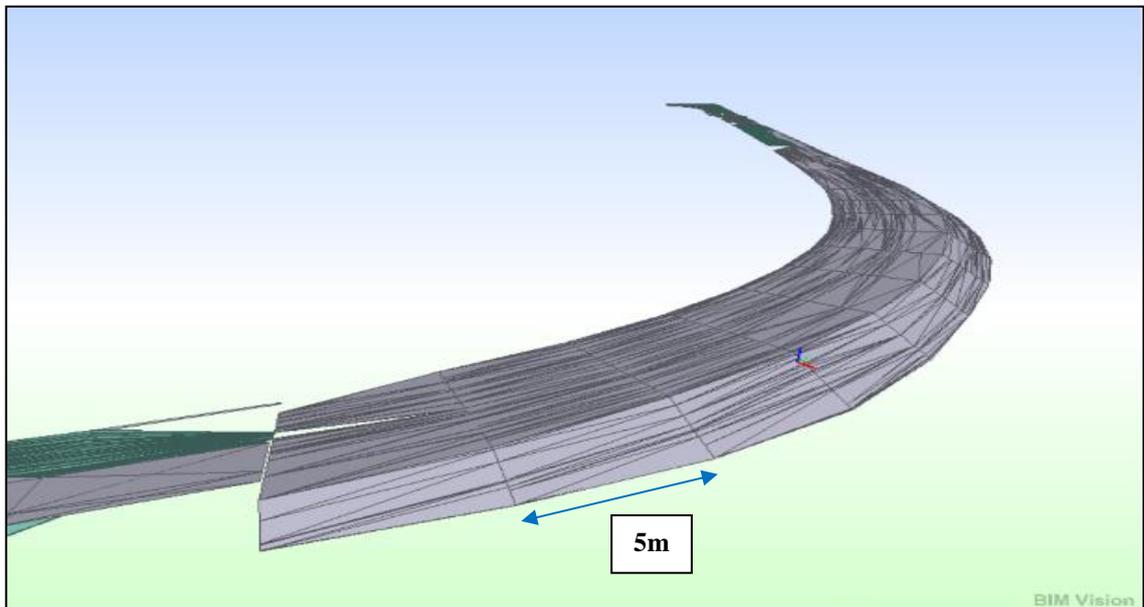
Superficie de relleno por el método tradicional en tramos de 10 m.



Nota: en la figura podemos observar la superficie tridimensional de relleno obtenido por el método tradicional en tramos de 10m.

Figura 105.

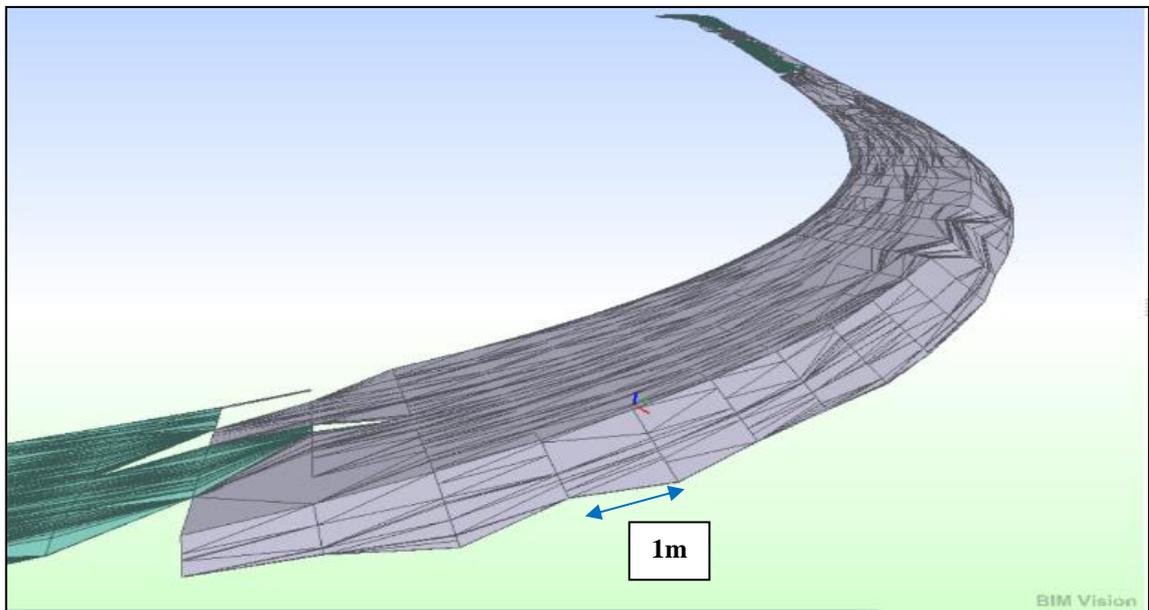
Superficie de relleno por el método tradicional en tramos de 5 m.



Nota: en la figura podemos observar la superficie tridimensional de relleno obtenido por el método tradicional en tramos de 5m.

Figura 106.

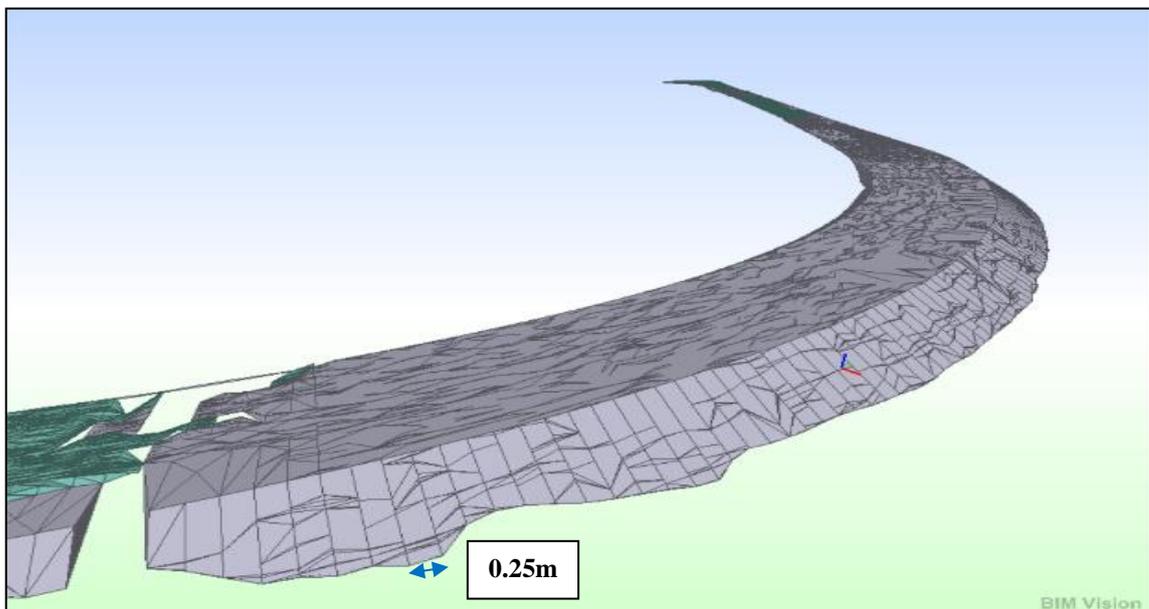
Superficie de relleno por el método tradicional en tramos de 1 m.



Nota: en la figura podemos observar la superficie tridimensional de relleno obtenido por el método tradicional en tramos de 1m.

Figura 107.

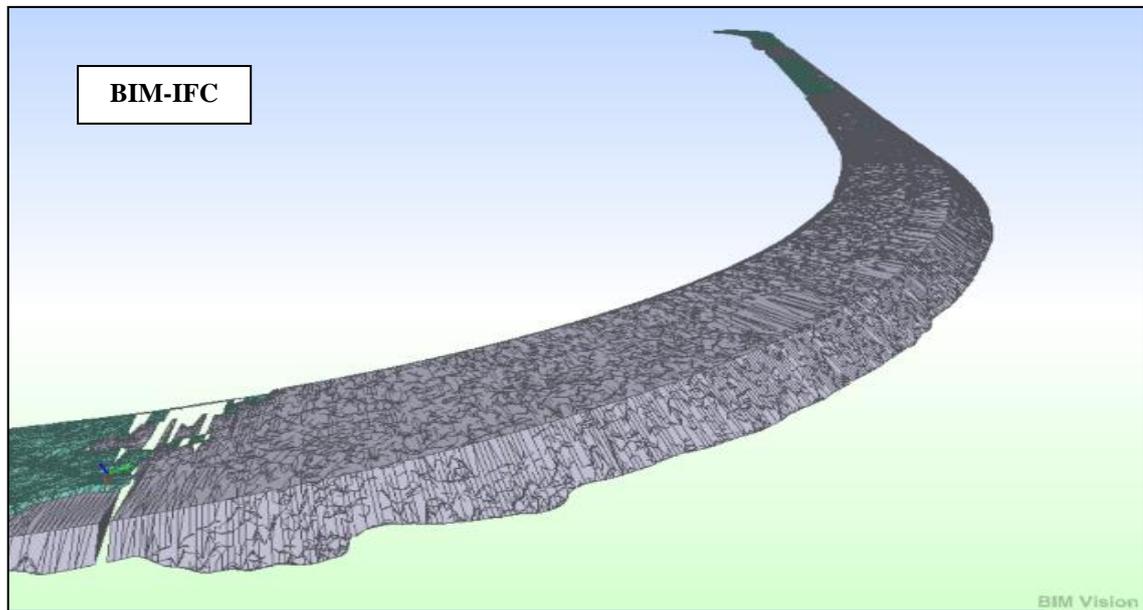
Superficie de relleno por el método tradicional en tramos de 0.25 m.



Nota: en la figura podemos observar la superficie tridimensional de relleno obtenido por el método tradicional en tramos de 0.25m.

Figura 108.

*Superficie de relleno por el método BIM mediante *.IFC*



Nota: en la figura podemos observar la superficie tridimensional de relleno obtenido por la metodología BIM, mediante ficheros *.IFC.

De acuerdo a las superficies de volúmenes de relleno para el análisis, podemos observar tridimensionalmente que los volúmenes calculados a partir del método tradicional entramos de secciones de distancias de 10m, 5m, 1m, 0.5m, 0.25m. El volumen se acerca a la realidad cuando la distancia de cálculo es menor. así mismo podemos observar que la superficie de volumen de corte calculado por la metodología BIM mediante fichero *.IFC se adapta más a una superficie real.

Gráficamente podemos afirmar que la metodología BIM si permite obtener mejores resultados para el cálculo de volúmenes de relleno (Terraplén) ya que la superficie que se genera se adapta más a la superficie real, conteniendo todos los accidentes morfológicos y el detalle de la topografía terrestre en estudio.

Análisis mediante cálculos matemáticos.



Cálculos Matemáticos para volúmenes de corte.

Se obtuvo la diferencia algebraica entre los volúmenes de corte (excavación) obtenidos del método tradicional en tramos de secciones de 10m, 5m, 1m, 0.5m, y 0.25m y los volúmenes obtenidos por la metodología BIM.

Tabla 21.

Diferencia algebraica entre método tradicional 10m y BIM

UM	10m	BIM	DIFERENCIA	% DE DIFERENCIA
UM1	5093.60	5114.50	20.90	-0.41%
UM2	3182.30	3182.72	0.42	-0.01%
UM3	3083.25	3081.90	-1.35	0.04%
UM4	1223.10	1221.53	-1.57	0.13%
UM5	1554.80	1573.20	18.40	-1.18%
UM6	4915.10	4865.54	-49.56	1.01%
UM7	3773.50	3792.20	18.70	-0.50%
UM8	2016.55	1986.91	-29.64	1.47%
UM9	3920.40	3884.13	-36.27	0.93%
UM10	3593.75	3584.27	-9.48	0.26%
UM11	882.35	879.20	-3.15	0.36%
UM12	524.50	531.45	6.95	-1.33%
UM13	349.30	352.50	3.20	-0.92%
UM14	2313.25	2314.56	1.31	-0.06%
UM15	137.45	141.92	4.47	-3.25%

Nota: en la tabla podemos observar la diferencia algebraica y el porcentaje de diferencia entre los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional (10m) y BIM (*.IFC)



Tabla 22.

Diferencia algebraica entre método tradicional 5m y BIM

UM	5m	BIM	DIFERENCIA	% DE DIFERENCIA
UM1	5123.95	5114.50	-9.45	0.18%
UM2	3178.15	3182.72	4.57	-0.14%
UM3	3056.38	3081.90	25.53	-0.84%
UM4	1214.45	1221.53	7.08	-0.58%
UM5	1560.05	1573.20	13.15	-0.84%
UM6	4883.20	4865.54	-17.66	0.36%
UM7	3780.45	3792.20	11.75	-0.31%
UM8	1994.68	1986.91	-7.76	0.39%
UM9	3879.10	3884.13	5.03	-0.13%
UM10	3600.18	3584.27	-15.91	0.44%
UM11	875.08	879.20	4.12	-0.47%
UM12	525.30	531.45	6.15	-1.17%
UM13	349.65	352.50	2.85	-0.82%
UM14	2313.13	2314.56	1.43	-0.06%
UM15	140.28	141.92	1.65	-1.17%

Nota: en la tabla podemos observar la diferencia algebraica y el porcentaje de diferencia entre los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional (5m) y BIM (*.IFC)

Tabla 23.

Diferencia algebraica entre método tradicional 1m y BIM

UM	1m	BIM	DIFERENCIA	% DE DIFERENCIA
UM1	5114.62	5114.50	-0.12	0.00%
UM2	3184.14	3182.72	-1.42	0.04%
UM3	3082.47	3081.90	-0.57	0.02%
UM4	1222.09	1221.53	-0.56	0.05%
UM5	1574.53	1573.20	-1.33	0.08%
UM6	4866.16	4865.54	-0.62	0.01%
UM7	3795.03	3792.20	-2.83	0.07%



UM8	1987.17	1986.91	-0.26	0.01%
UM9	3883.35	3884.13	0.78	-0.02%
UM10	3585.50	3584.27	-1.22	0.03%
UM11	879.95	879.20	-0.75	0.09%
UM12	529.80	531.45	1.65	-0.31%
UM13	351.45	352.50	1.05	-0.30%
UM14	2314.18	2314.56	0.38	-0.02%
UM15	141.13	141.92	0.79	-0.56%

Nota: en la tabla podemos observar la diferencia algebraica y el porcentaje de diferencia entre los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional (1 m) y BIM (*.IFC)

Tabla 24.

Diferencia algebraica entre método tradicional 0.5m y BIM

UM	0.5m	BIM	DIFERENCIA	% DE DIFERENCIA
UM1	5114.87	5114.50	-0.36	0.01%
UM2	3184.18	3182.72	-1.46	0.05%
UM3	3082.32	3081.90	-0.42	0.01%
UM4	1221.72	1221.53	-0.18	0.02%
UM5	1574.41	1573.20	-1.20	0.08%
UM6	4866.36	4865.54	-0.82	0.02%
UM7	3794.37	3792.20	-2.17	0.06%
UM8	1986.57	1986.91	0.34	-0.02%
UM9	3883.41	3884.13	0.72	-0.02%
UM10	3584.95	3584.27	-0.68	0.02%
UM11	879.80	879.20	-0.60	0.07%
UM12	529.97	531.45	1.49	-0.28%
UM13	351.41	352.50	1.09	-0.31%
UM14	2314.88	2314.56	-0.32	0.01%
UM15	141.17	141.92	0.75	-0.53%

Nota: en la tabla podemos observar la diferencia algebraica y el porcentaje de diferencia entre los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional (0.5m) y BIM (*.IFC)

Tabla 25.*Diferencia algebraica entre método tradicional 0.25m y BIM*

UM	0.25m	BIM	DIFERENCIA	% DE DIFERENCIA
UM1	5114.54	5114.50	0.04	0.001%
UM2	3183.99	3182.72	1.27	0.040%
UM3	3082.12	3081.90	0.22	0.007%
UM4	1221.86	1221.53	0.33	0.027%
UM5	1574.41	1573.20	1.21	0.077%
UM6	4866.09	4865.54	0.55	0.011%
UM7	3794.51	3792.20	2.31	0.061%
UM8	1986.69	1986.91	-0.22	-0.011%
UM9	3882.88	3884.13	-1.25	-0.032%
UM10	3584.88	3584.27	0.61	0.017%
UM11	879.82	879.20	0.62	0.071%
UM12	529.92	531.45	-1.53	-0.288%
UM13	351.41	352.50	-1.09	-0.311%
UM14	2315.09	2314.56	0.53	0.023%
UM15	141.11	141.92	-0.81	-0.575%

Nota: en la tabla podemos observar la diferencia algebraica y el porcentaje de diferencia entre los volúmenes de corte obtenidos por el método tradicional (0.25m) y BIM (*.IFC)

Tabla 26.*Resumen de diferencia algebraica método tradicional y BIM (corte).*

UM	10m -BIM	5m -BIM	1m -BIM	0.5m -BIM	0.25m -BIM
UM1	-0.41%	0.18%	0.00%	0.01%	0.00%
UM2	-0.01%	-0.14%	0.04%	0.05%	0.04%
UM3	0.04%	-0.84%	0.02%	0.01%	0.01%
UM4	0.13%	-0.58%	0.05%	0.02%	0.03%
UM5	-1.18%	-0.84%	0.08%	0.08%	0.08%
UM6	1.01%	0.36%	0.01%	0.02%	0.01%
UM7	-0.50%	-0.31%	0.07%	0.06%	0.06%



UM8	1.47%	0.39%	0.01%	-0.02%	-0.01%
UM9	0.93%	-0.13%	-0.02%	-0.02%	-0.03%
UM10	0.26%	0.44%	0.03%	0.02%	0.02%
UM11	0.36%	-0.47%	0.09%	0.07%	0.07%
UM12	-1.33%	-1.17%	-0.31%	-0.28%	-0.29%
UM13	-0.92%	-0.82%	-0.30%	-0.31%	-0.31%
UM14	-0.06%	-0.06%	-0.02%	0.01%	0.02%
UM15	-3.25%	-1.17%	-0.56%	-0.53%	-0.57%

Nota: en la tabla podemos observar el resumen de la diferencia algebraica y el porcentaje de diferencia entre los volúmenes de corte obtenidos por el método BIM y el método tradicional.

En secciones de tramos de distancias de 0.25 metros se obtuvo una variación de -0.81m^3 , lo cual representa un 0.57% de error máximo en comparación con los volúmenes de corte obtenidos por la metodología BIM por *.IFC.

En secciones de tramos de distancias de 0.5 metros se obtuvo una variación de 0.75m^3 , lo cual representa un 0.53% de error máximo en comparación con los volúmenes de corte obtenidos por la metodología BIM por *.IFC.

En secciones de tramos de distancias de 1 metros se obtuvo una variación de 0.79m^3 , lo cual representa un 0.56% de error máximo en comparación con los volúmenes de corte obtenidos por la metodología BIM por *.IFC.

En secciones de tramos de distancias de 5 metros se obtuvo una variación de 1.65m^3 , lo cual representa un 1.17% de error máximo en comparación con los volúmenes de corte obtenidos por la metodología BIM por *.IFC.

En un caso real, en vista de que en las entidades públicas y privadas sus planillas de cálculo de volumen de corte se realizan por el método tradicional en secciones de tramos de distancias de 10 metros se obtuvo una variación de 4.47m^3 , lo cual representa un 3.25% de error máximo en comparación con los

volúmenes de corte obtenidos por la metodología BIM por *.IFC. Lo cual se puede afirmar que las entidades público y privadas tiene un grado de error en sus cálculos de volúmenes de corte en sus proyectos de infraestructura vial. Para aminorar estos errores es posible el uso de la metodología BIM, mediante ficheros *.IFC para el cálculo de volúmenes de corte ya que queda demostrado matemáticamente por una diferencia algebraica.

Cálculos Matemáticos para volúmenes de relleno.

Se obtuvo la diferencia algebraica entre los volúmenes de relleno (Terraplén) obtenidos del método tradicional en tramos de secciones de 10m, 5m, 1m, 0.5m, y 0.25m y los volúmenes obtenidos por la metodología BIM.

Tabla 27.

Diferencia algebraica entre método tradicional 10m y BIM (relleno).

UM	10 m	BIM	DIFERENCIA	% DE DIFERENCIA
UM1	335.90	326.70	9.20	2.74%
UM2	1,026.50	1026.44	0.06	0.01%
UM3	354.90	366.50	-11.60	-3.27%
UM4	806.90	799.85	7.05	0.87%
UM5	1,105.65	1092.22	13.43	1.21%
UM6	472.65	494.60	-21.95	-4.64%
UM7	547.20	548.05	-0.85	-0.16%
UM8	1,325.15	1325.42	-0.27	-0.02%
UM9	964.45	934.89	29.56	3.06%
UM10	466.35	477.87	-11.52	-2.47%
UM11	2,625.50	2626.40	-0.90	-0.03%
UM12	1,932.25	1937.41	-5.16	-0.27%
UM13	2,363.10	2316.80	46.30	1.96%
UM14	1,110.35	1103.44	6.91	0.62%



UM15	2,927.75	2916.20	11.55	0.39%
------	----------	---------	-------	-------

Nota: en la tabla podemos observar la diferencia algebraica y el porcentaje de diferencia entre los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional (10m) y BIM (*.IFC).

Tabla 28.

Diferencia algebraica entre método tradicional 5m y BIM (relleno).

UM	5 m	BIM	DIFERENCIA	% DE DIFERENCIA
UM1	328.10	326.70	1.40	0.43%
UM2	1,024.65	1026.44	-1.79	-0.17%
UM3	371.55	366.50	5.05	1.36%
UM4	781.35	799.85	-18.50	-2.37%
UM5	1,097.38	1092.22	5.15	0.47%
UM6	486.08	494.60	-8.53	-1.75%
UM7	543.70	548.05	-4.35	-0.80%
UM8	1,312.98	1325.42	-12.45	-0.95%
UM9	905.73	934.89	-29.16	-3.22%
UM10	476.98	477.87	-0.89	-0.19%
UM11	2,645.35	2626.40	18.95	0.72%
UM12	1,917.73	1937.41	-19.68	-1.03%
UM13	2,316.05	2316.80	-0.75	-0.03%
UM14	1,106.98	1103.44	3.54	0.32%
UM15	2,915.08	2916.20	-1.12	-0.04%

Nota: en la tabla podemos observar la diferencia algebraica y el porcentaje de diferencia entre los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional (5m) y BIM (*.IFC).

Tabla 29.

Diferencia algebraica entre método tradicional 1m y BIM (relleno).

UM	1 m	BIM	DIFERENCIA	% DE DIFERENCIA
UM1	329.11	326.70	2.41	0.73%
UM2	1,027.65	1026.44	1.21	0.12%
UM3	366.23	366.50	-0.27	-0.07%
UM4	800.26	799.85	0.41	0.05%
UM5	1,093.75	1092.22	1.53	0.14%



UM6	493.76	494.60	-0.84	-0.17%
UM7	547.96	548.05	-0.09	-0.02%
UM8	1,325.69	1325.42	0.26	0.02%
UM9	934.79	934.89	-0.10	-0.01%
UM10	477.63	477.87	-0.25	-0.05%
UM11	2,626.41	2626.40	0.01	0.00%
UM12	1,937.42	1937.41	0.01	0.00%
UM13	2,318.34	2316.80	1.54	0.07%
UM14	1,104.58	1103.44	1.14	0.10%
UM15	2,916.77	2916.20	0.56	0.02%

Nota: en la tabla podemos observar la diferencia algebraica y el porcentaje de diferencia entre los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional (1m) y BIM (*.IFC).

Tabla 30.

Diferencia algebraica entre método tradicional 0.5m y BIM (relleno).

UM	0.5 m	BIM	DIFERENCIA	% DE DIFERENCIA
UM1	329.18	326.70	2.47	0.75%
UM2	1,028.53	1026.44	2.09	0.20%
UM3	366.21	366.50	-0.30	-0.08%
UM4	800.50	799.85	0.64	0.08%
UM5	1,093.76	1092.22	1.54	0.14%
UM6	494.31	494.60	-0.29	-0.06%
UM7	548.18	548.05	0.13	0.02%
UM8	1,325.53	1325.42	0.11	0.01%
UM9	935.89	934.89	1.00	0.11%
UM10	477.62	477.87	-0.25	-0.05%
UM11	2,625.98	2626.40	-0.42	-0.02%
UM12	1,937.20	1937.41	-0.21	-0.01%
UM13	2,318.06	2316.80	1.26	0.05%
UM14	1,103.43	1103.44	-0.01	0.00%
UM15	2,916.31	2916.20	0.11	0.00%

Nota: en la tabla podemos observar la diferencia algebraica y el porcentaje de diferencia entre los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional (0.5m) y BIM (*.IFC).

Tabla 31.

Diferencia algebraica entre método tradicional 0.25m y BIM (relleno).

UM	0.25 m	BIM	DIFERENCIA	% DE DIFERENCIA
UM1	329.18	326.70	2.47	0.75%
UM2	1,028.25	1026.44	1.81	0.18%
UM3	366.18	366.50	-0.32	-0.09%
UM4	800.55	799.85	0.70	0.09%
UM5	1,093.74	1092.22	1.52	0.14%
UM6	494.67	494.60	0.07	0.01%
UM7	548.19	548.05	0.14	0.03%
UM8	1,325.51	1325.42	0.09	0.01%
UM9	936.32	934.89	1.43	0.15%
UM10	477.65	477.87	-0.22	-0.05%
UM11	2,625.17	2626.40	-1.23	-0.05%
UM12	1,937.30	1937.41	-0.11	-0.01%
UM13	2,318.22	2316.80	1.42	0.06%
UM14	1,103.53	1103.44	0.09	0.01%
UM15	2,916.05	2916.20	-0.15	-0.01%

Nota: en la tabla podemos observar la diferencia algebraica y el porcentaje de diferencia entre los volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional (0.25m) y BIM (*.IFC).

Tabla 32.

Resumen de diferencia algebraica método tradicional y BIM (relleno).

UM	10m -BIM	5m -BIM	1m -BIM	0.5m -BIM	0.25m -BIM
UM1	2.74%	0.43%	0.73%	0.75%	0.75%
UM2	0.01%	-0.17%	0.12%	0.20%	0.18%
UM3	-3.27%	1.36%	-0.07%	-0.08%	-0.09%
UM4	0.87%	-2.37%	0.05%	0.08%	0.09%
UM5	1.21%	0.47%	0.14%	0.14%	0.14%
UM6	-4.64%	-1.75%	-0.17%	-0.06%	0.01%
UM7	-0.16%	-0.80%	-0.02%	0.02%	0.03%



UM8	-0.02%	-0.95%	0.02%	0.01%	0.01%
UM9	3.06%	-3.22%	-0.01%	0.11%	0.15%
UM10	-2.47%	-0.19%	-0.05%	-0.05%	-0.05%
UM11	-0.03%	0.72%	0.00%	-0.02%	-0.05%
UM12	-0.27%	-1.03%	0.00%	-0.01%	-0.01%
UM13	1.96%	-0.03%	0.07%	0.05%	0.06%
UM14	0.62%	0.32%	0.10%	0.00%	0.01%
UM15	0.39%	-0.04%	0.02%	0.00%	-0.01%

Nota: en la tabla podemos observar el resumen de la diferencia algebraica y el porcentaje de diferencia entre los volúmenes de relleno obtenidos por el método BIM y el método tradicional

En secciones de tramos de distancias de 0.25 metros se obtuvo 2.47m³ de variación, lo cual representa un 0.75% de error máximo en comparación con los volúmenes de relleno obtenidos por la metodología BIM por *.IFC.

En secciones de tramos de distancias de 0.5 metros se obtuvo una variación de 2.47m³ de variación, lo cual representa un 0.75% de error máximo en comparación con los volúmenes de relleno obtenidos por la metodología BIM por *.IFC.

En secciones de tramos de distancias de 1 metros se obtuvo 2.41m³ de variación, lo cual representa un 0.73% de error máximo en comparación con los volúmenes obtenidos por la metodología BIM por *.IFC.

En secciones de tramos de distancias de 5 metros se obtuvo 29.16m³ de variación, lo cual representa un 3.22% de error máximo en comparación con los volúmenes obtenidos por la metodología BIM por *.IFC.

En un caso real, en vista de que en las entidades públicas y privadas sus planillas de cálculo de volumen de corte se realizan por el método tradicional en secciones de tramos de distancias de 10 metros se obtuvo 21.95m³ de diferencia,

lo cual representa un 4.64% de error máximo en comparación con los volúmenes de relleno obtenidos por la metodología BIM por *.IFC. Lo cual se puede afirmar que las entidades público y privadas tiene un grado de error en sus cálculos de volúmenes de corte en sus proyectos de infraestructura vial. Para aminorar estos errores es posible el uso de la metodología BIM, mediante ficheros *.IFC para el cálculo de volúmenes de relleno ya que queda demostrado matemáticamente por una diferencia algebraica.

4.2 DISCUSIÓN

Tabla 33.

Discusión entre Autores

SEGÚN	M.T. - BIM	M.T. - D.S.	DESCRIPCION
(Ramírez León, 2018)	13.83%	-	Diferencia en volúmenes de corte
(Pacheco Borja, 2017)	2.54%	-	Diferencia en volúmenes de corte y relleno
(Rodríguez Cabellos, 2022)	1.14%	-	El BIM logra una mayor precisión en volúmenes de corte
(Coaquira Quispe, 2020)	17.75%	-	BIM es más óptimo y preciso en volúmenes de corte
(Coaquira Quispe, 2020)	0.28%	-	BIM es más óptimo y preciso en volúmenes de relleno
(Alca Arpasi & Gutierrez Yana, 2021)	-	5.33%	Diferencia de superficies es mejor en volúmenes de corte
(Alca Arpasi & Gutierrez Yana, 2021)	-	2.76%	Diferencia de superficies es mejor en volúmenes de relleno

M.T.= Método Tradicional

BIM= Building Information Modeling

D.S.= Diferencia de Superficies

Nota: esta tabla muestra los resultados obtenidos por otros autores, para materia de discusión con la presente investigación.

Según Ramírez León, (2018) obtuvo 13.83% de diferencia en volúmenes de **corte** (excavación), entre los volúmenes obtenidos por el método tradicional y BIM, así mismo dice que al implementar la metodología BIM ofrece un análisis riguroso en comparación



con la metodología tradicional. En discusión con la presente investigación se obtuvo 3.25% de diferencia entre los volúmenes de **corte** (excavación) obtenidos por el método tradicional y BIM, lo cual se afirma también que la metodología BIM ofrece un análisis riguroso demostrado mediante el cálculo matemático, mediante gráfico de barras y generación de superficie 3D, así mismo existe un vacío en cuanto a la normatividad y los costos para implementar en el sector público.

Según Pacheco Borja, (2017) obtuvo una diferencia de 2.54% en volúmenes de **corte y relleno** obtenidos por el método tradicional y BIM, dice que las cantidades no varían mucho, pero recomienda analizar proyectos de gran envergadura. En discusión con la presente investigación se obtuvo 3.25% de diferencia en volúmenes de **corte** y 4.64% de diferencia en volúmenes de **relleno** obtenidos por el método tradicional y BIM, lo cual se afirma también que es necesario estudiar proyectos de gran envergadura ya que la distancia para esta investigación fue de 7.5 kilómetros y viendo la realidad en infraestructura vial a nivel nacional se diseñan y construyen carreteras que pasan los 30 kilómetros llegando hasta los 400 kilómetros y se piensa que en proyectos de gran envergadura se encontraría grandes cantidades de diferencia lo cual afectaría los presupuestos del proyecto.

Según Rodríguez Cabellos, (2022) obtuvo una diferencia de 1.14% en volúmenes de **corte** (excavación) obtenidos por el método tradicional y BIM, y dice que el uso de nuevas tecnologías como el VDC/BIM en la infraestructura vial, logra una mayor precisión en el presupuesto. En discusión con la presente investigación se obtuvo 3.25% de diferencia en volúmenes de **corte** (excavación) obtenidos por el método tradicional y BIM, Lo cual se afirma que la metodología BIM te permite obtener mejores resultados en el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras, esto queda demostrado mediante el cálculo matemático, mediante gráfico de barras y generación de superficie 3D.



Según Coaquira Quispe, (2020) obtuvo una diferencia de 17.75% en volúmenes de **corte** (excavación) obtenidos por el método tradicional y BIM, así mismo menciona que la diferencia es porque cuando se usa la metodología BIM nos brinda trabajos colaborativos y con programas esto hace que sean más preciso en comparación con el diseño tradicional. En discusión con la presente investigación se obtuvo 3.25% de diferencia en volúmenes de **corte** (excavación) obtenidos por el método tradicional y BIM, lo cual se afirma también que la metodología BIM es colaborativa por forma de manejabilidad de sus datos y te permite obtener mejores resultados demostrándose por cálculo matemático, mediante gráfico de barras y generación de superficie 3D.

Según Coaquira Quispe, (2020) obtuvo una diferencia de 0.28% en volúmenes de **relleno** obtenidos por el método tradicional y BIM, así mismo menciona que la diferencia es porque cuando se usa la metodología BIM nos brinda trabajos colaborativos y con programas esto hace que sean más preciso en comparación con el diseño tradicional. En discusión con la presente investigación se obtuvo 4.64% de diferencia en volúmenes de **relleno** obtenidos por el método tradicional y BIM, lo cual se afirma también que la metodología BIM es colaborativa por forma de manejabilidad de sus datos y te permite obtener mejores resultados demostrándose por cálculo matemático, mediante gráfico de barras y generación de superficie 3D.

Según (Alca Arpasi & Gutierrez Yana, 2021) obtuvo una diferencia de 5.33% en volúmenes de **corte** obtenidos por el método tradicional y diferencia de superficies, así mismo menciona que el volumen de corte calculado por el método de diferencia de superficies representa el volumen real con lo que respalda con mayor rigor que los resultados obtenidos con el método tradicional. En discusión con la presente investigación se obtuvo 3.25% de diferencia en volúmenes de **corte** obtenidos por el método tradicional y BIM, en este caso podemos suponer que el volumen de corte calculados por diferencia



de superficies y BIM tienen resultados muy similares, para sacarnos de esta duda y como materia de investigación sería bueno realizar una comparación entre los volúmenes de **corte** calculados a partir del método diferencia de superficies y BIM.

Según (Alca Arpasi & Gutierrez Yana, 2021) obtuvo una diferencia de 2.76% en volúmenes de **relleno** obtenidos por el método tradicional y diferencia de superficies, así mismo menciona que el volumen de relleno calculado por el método de diferencia de superficies representa el volumen real con lo que respalda con mayor rigor que los resultados obtenidos con el método tradicional. En discusión con la presente investigación se obtuvo 4.64% de diferencia en volúmenes de **relleno** obtenidos por el método tradicional y BIM, en este caso podemos suponer que el volumen de corte calculados por diferencia de superficies y BIM tienen resultados muy similares, para sacarnos de esta duda y como materia de investigación sería bueno realizar una comparación entre los volúmenes de relleno calculados a partir del método diferencia de superficies y BIM.

Respecto a las discusiones anteriormente descritas podemos decir que quizás sea una de las causas principales de los mayores metrados que han sido la causa principal de los adicionales de obra tanto en proyectos de infraestructura vial ejecutados por administración directa como por contrata. (Chino Quispe, 2020). Lo que queda es analizar a fondo cada proyecto usando la metodología tradicional y la metodología BIM.



V. CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN GENERAL

Se concluye que el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras corte y relleno por la metodología BIM si contribuye de manera eficaz en comparación a los volúmenes obtenidos por el método tradicional en el diseño geométrico de la carretera Huaquina-Chucasuyo.

PRIMERA

Se concluye que se determinó satisfactoriamente los volúmenes de **corte y relleno** obtenidos por la metodología tradicional. En volúmenes de corte en la suma total de todas las unidades muestrales en secciones de distancia de 10 metros se obtuvo 36,563.20 m³, en secciones de distancia de 5 metros se obtuvo 36,474.03 m³, en secciones de distancia de 1 metro se obtuvo 36,511.57 m³, en secciones de distancia de 0.5 metros se obtuvo 36,510.39 m³ y en secciones de distancia de 0.25 metros se obtuvo 36,509.32 m³. Así mismo en volúmenes de relleno en la suma total de todas las unidades muestrales en secciones de distancia de 10 metros se obtuvo 18,364.60 m³, en secciones de distancia de 5 metros se obtuvo 18,229.69 m³, en secciones de distancia de 1 metro se obtuvo 18,300.35 m³, en secciones de distancia de 0.5 metros se obtuvo 18,300.69 m³ y en secciones de distancia de 0.25 metros se obtuvo 18,300.51 m³.

SEGUNDA

Se concluye que se determinó satisfactoriamente los volúmenes de **corte y relleno** obtenidos por la metodología BIM mediante ficheros *.IFC. En volúmenes de corte en la suma total de todas las unidades muestrales se obtuvo 36,506.53 m³, Así mismo en volúmenes de relleno en la suma total de todas las unidades muestrales se obtuvo 18,293.79 m³.



TERCERA

Se concluye que al comparar los volúmenes obtenidos de corte y relleno por la metodología tradicional y BIM, mediante gráfico de barras, superficie de volumen y cálculo matemático. En tramos de distancias de 0.25 metros se obtuvo una variación de -0.81m³, lo cual representa un 0.57% de diferencia, en distancias de 0.5 metros se obtuvo una variación de 0.75m³, lo cual representa un 0.53% de diferencia, en distancias de 1 metros se obtuvo una variación de 0.79m³, lo cual representa un 0.56% de diferencia, en distancias de 5 metros se obtuvo una variación de 1.65m³, lo cual representa un 1.17% de diferencia, en distancias de 10 metros se obtuvo 4.47m³ de variación, lo cual representa un 3.25% de diferencia, en comparación con los volúmenes de corte obtenidos por la metodología BIM por *.IFC. así mismo en tramos de distancias de 0.25 metros se obtuvo 2.47m³ de variación, lo cual representa un 0.75% de diferencia, en distancias de 0.5 metros se obtuvo 2.47m³ de variación, lo cual representa un 0.75% de diferencia, en distancias de 1 metros se obtuvo 2.41m³ de variación, lo cual representa un 0.73% de diferencia, en distancias de 5 metros se obtuvo 29.16m³ de variación, lo cual representa un 3.22% de diferencia, en distancias de 10 metros se obtuvo 29.95m³ de variación, lo cual representa un 4.64% de diferencia, en comparación con los volúmenes de relleno obtenidos por la metodología BIM por *.IFC. Lo cual se puede afirmar que las entidades público y privadas tiene un grado de error en sus cálculos de volúmenes de corte y relleno en sus proyectos de infraestructura vial. Para aminorar estos errores es posible el uso de la metodología BIM, mediante ficheros *.IFC para el cálculo de volúmenes de corte y relleno ya que queda demostrado matemáticamente por una diferencia algebraica. Podemos concluir que la metodología BIM permite obtener con mayor precisión los volúmenes de movimiento de tierras.



VI. RECOMENDACIONES

El aporte de esta investigación es que la Metodología BIM si está bien adaptada para obras de infraestructura vial, se recomienda utilizar la metodología BIM en proyectos de infraestructura vial tanto en diseño y ejecución.

Se recomienda al Ministerio de Transportes y Comunicaciones a su Dirección General de Caminos y Ferrocarriles la utilización de modelos BIM mediante archivos *IFC para el cálculo de cantidades de movimiento de tierras en todos sus proyectos viales.

En vista de que los proyectos de infraestructura vial se calculan en secciones de tramos a 10 metros, se recomienda usar las tecnologías actuales y realizar sus cálculos en secciones menores a un metro para poder disminuir errores en el cálculo de volúmenes de corte y relleno.

Se invita incluir la metodología BIM en la malla curricular de las universidades, así mismo crear proyectos pilotos en las entidades del gobierno central y gobiernos descentralizados, proponiendo que los expedientes se realicen con la metodología BIM en donde se adjunte al expediente los archivos *IFC, esto para poder permitir la interoperabilidad entre el diseñador y el ejecutor.

Como materia de investigación se recomienda hacer una comparación de volúmenes obtenidos por el método diferencia de superficies y los volúmenes obtenidos por la metodología BIM.

Se recomienda comparar las demás dimensiones la metodología BIM, ya que en este caso se comparó la dimensión 3D (modelado) y 5D (cantidades).



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña Correa, F. X. (2016). *Aplicación de Modelo BIM para Proyectos de Infraestructura Vial* [Tesis de grado, Pontifica Universidad Católica del Ecuador].
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/13466>
- Agudelo Ospina, J. J. (2002). *Diseño Geometrico de Vías, Ajustado al manual Colombiano* (1st ed., Vol. 1). Universidad Nacional de Colombia.
- Alca Arpasi, G. A., & Gutierrez Yana, D. A. (2021). *Análisis de movimiento de tierras en carreteras generado por el método de diferencia de superficies con drone en contraste al método de prisma de carretera* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/17320>
- Almeida Del Savio, A. (2019). BIM en el Perú. *RPP Noticias*.
<https://hdl.handle.net/20.500.12724/8269>
- Almonacid Flores, K. L., Navarro Luna, J. karen, & Rodas Benites, I. (2015). *Propuesta de metodología para la implementación de la tecnología BIM en la empresa constructora e inmobiliaria "IJ Proyecta"* [Tesis de maestria, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/617477>
- Autodesk. (2015). *Desing and Build with BIM Building Information Modeling*.
<https://www.autodesk.com/industry/aec/bim>
- Autodesk. (2020). *Software de diseño y documentación de infraestructura civil*.
<https://latinoamerica.autodesk.com/products/civil-3d/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- BIMCommunity. (2022). *What is IFC?*
<https://www.bimcommunity.com/news/load/910/ifc>



- BuildingSMART International. (2022). *Industry Foundation Classes (IFC) - An Introduction*. <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>
- buildingSMART Spain. (2021). *Introducción a la Serie en ISO 19650* (1st ed., Vol. 1). buildingSMART Spain . <https://www.buildingsmart.es/recursos/en-iso-19650/>
- CadBIMSurveys. (2022). *Entiende las Dimensiones BIM – 3D, 4D, 5D, 6D y 7D*. <https://es.cadbimsurveys.com/entiende-dimensiones-bim>
- Candelario Garrido, A., Sanz Calcedo, J. G., & Reyes Rodríguez, A. M. (2017). A quantitative analysis on the feasibility of 4D Planning Graphic Systems versus Conventional Systems in building projects. *Sustainable Cities and Society*, 35, 378–384. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.08.024>
- Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño Geometrico de Carreteras* (2nd ed., Vol. 1). Ecoe Ediciones.
- Chino Quispe, L. N. (2020). *Adicionales de obra en la ejecución de proyectos de inversión pública de infraestructura vial en el Gobierno Regional Puno, periodo 2008 - 2018* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15959>
- Coaquira Quispe, A. M. (2020). *Análisis comparativo con el diseño tradicional 2D y la implementación del Building Information Management* [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión]. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/4069>
- Dirección General de Movilidad e Infraestructuras Viarias. (2020). *GuiaBIM* (1st ed., Vol. 1). Junta de Extremadura.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and*



- Contractors* (2nd ed., Vol. 11). John Wiley & Sons, Inc.
<https://www.textbooks.com/Bim-Handbook-2nd-Edition/9780470541371/Chuck-Eastman.php>
- Ekon. (2020, August 17). *¿Qué es el BIM (Building Information Modeling)? Significado y metodología.* <https://www.ekon.es/blog/que-es-bim/>
- Farfán Tataje, E. Z., & Chavil Pisfil, J. D. (2016). *Análisis y evaluación de la implementación de la metodología BIM en empresas peruanas* [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/621662>
- García, A., Camacho Terregrosa, F. J., Pérez Zuriaga, A., & Tsui Moreno, A. (2013). *Nuevo proceso de diseño geométrico para unas carreteras convencionales más seguras* (Vol. 6). Plataforma tecnológica de la carretera. https://www.researchgate.net/publication/261249386_Nuevo_proceso_de_diseno_geometrico_para_unas_carreteras_convencionales_mas_seguras
- García Fernández, M. (2017). Dimensiones BIM el alcance del programa. *Revitalacarta*. <https://online.revitalacarta.com/2017/06/06/dimensiones-bim-alcance-del-programa/>
- Gómez Figueroa, P. G. (2011). *Proceso y Equipo Utilizado en la Construcción de Carreteras* [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3289_C.pdf
- Helloauto. (2021). *Helloauto*. Glosario de Terminos. <https://helloauto.com/glosario>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6th ed.). MCGRAW-HILL. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>



- Hildebrandt Gruppe. (2016). *Profundidad de las dimensiones BIM en proyectos de alta complejidad*. [http:// www.hildebrandt.cl/dimensiones-bimproyectos-de-alta-complejidad/](http://www.hildebrandt.cl/dimensiones-bimproyectos-de-alta-complejidad/)
- Ibáñez, W. (2011). *Costos y tiempos en carreteras* (3rd ed.). Macro E.I.R.L.
- Imasgal. (2022). *Nivel de desarrollo (LOD) en BIM*. Imasgal. <https://imasgal.com/nivel-desarrollo-bim-lod/>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2021). *MTC aplicará nueva metodología BIM en proyectos de infraestructura vial*. MTC. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/noticias/508737-mtc-aplicara-nueva-metodologia-bim-en-proyectos-de-infraestructura-vial>
- Montaño De León, J. A., Zúñiga De León, D., & Rodríguez Esparza, M. A. (2015). Consideraciones, procedimientos y conceptos para la realización de un proyecto geométrico de carreteras. *Culcyt*, 12(57), 42–52. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7137425>
- Nicał, A. K., & Wodyński, W. (2016). Enhancing Facility Management through BIM 6D. *Procedia Engineering*, 164, 299–306. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.623>
- Orta Amaro, P. A. (2013). *Tecnología de construcción de las Explanaciones* (1st ed., Vol. 1). <https://www.geologiaviva.info/ingenieria/tecnologia-de-construccion-de-las-explanaciones/>
- Pacheco Borja, R. (2017). *Comparación del Sistema Tradicional Vs la Implementación del BIM (Building Information Management) en la Etapa De Diseño y*



- Seguimiento en Ejecución* [Tesis de grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/7616>
- Paz García, M. G. (2019). *Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño de una glorieta en la carretera CV-310 PK 15+750 en la provincia de Valencia* [Tesis de master, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/130864>
- Ramírez León. (2018). *Comparación entre Metodologías Building Information Modeling (Bim) y Metodologías Tradicionales en el Cálculo de Cantidades de Obra y Elaboración de Presupuestos. Caso de Estudio: Edificación Educativa en Colombia* [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <http://hdl.handle.net/11349/7820>
- Ramos Mamani, J. F. (2019). *Eficiencia de la metodología BIM a través de la simulación 4D, 5D en el control de tiempos y costos para la obra mejoramiento del servicio de seguridad ciudadana en el distrito de Puno, 2017 - 2018* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/10636>
- Rodríguez Cabellos, J. (2022). *Aplicación de la metodología VDC/BIM para el rediseño y construcción en proyecto de infraestructura vial* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4613>
- Rojas Pinilla, J. A. (2017). *Metodología para el Diseño Geométrico de Vías con el Uso de Building Information Modeling*. Tesis de grado, Universidad Industrial de Santander.
- Sánchez Agustín, O. (2016, December 9). *Dimensiones BIM, las 7 y blanca-BIM*. EspacioBIM. <https://www.espaciobim.com/dimensiones-bim>



- Seys. (2022). *¿Qué es BIM y cuál es la historia del Building Information Modelling?*
Seys. <https://seystic.com/bim-la-historia-del-building-information-modelling>
- Smith, P. (2014). BIM & the 5D Project Cost Manager. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 475–484. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.053>
- Smith, P. (2016). Project Cost Management with 5D BIM. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 226, 193–200. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.179>
- Tiktin Ferreiro, J. (1993). *Procedimientos Generales de Cosntrucción: Movimiento de Tierras* (3rd ed., Vol. 1). Escuela Técnica superior de Ingenieros de caminos, canales y puertos. <https://oa.upm.es/67524/>
- Zapana Zapata, L. M. (2021). *Análisis de los errores más comunes de expedientes técnicos en infraestructuras civiles en base a estudios de sus expedientes y su afectación en su ejecución, Cajamarca – 2021* [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/28873>



ANEXOS