

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL DE MOVIMIENTO DE TIERRAS APLICANDO LA METODOLOGÍA BIM EN UN PROYECTO DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título
profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Luis Diego Acevedo Alfaro

Asesor:

Mg. Ing. Neicer Campos Vasquez
<https://orcid.org/0000-0003-1508-6575>

Lima - Perú

2024

INFORME DE SIMILITUD



Página 2 of 50 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid::1:3039437166

16% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...


Filtrado desde el informe


▶ Bibliografía


Exclusiones

▶ N.º de fuentes excluidas

Fuentes principales

14%  Fuentes de Internet

2%  Publicaciones

9%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión



Texto oculto

90 caracteres sospechosos en N.º de página

El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

El presente informe es dedicado a mi padre celestial, ya que gracias a él culminé mi carrera, a mi familia que han sido un soporte incondicional, brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona y para todas aquellas personas que de una u otra manera aportaron para el logro de mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradecerle a Dios por guiarme y darme la fortaleza para seguir adelante y permitirme tener una familia y disfrutar de ella, gracias a mi esposa por todo su apoyo y comprensión, a mis padres por haberme apoyado en cada decisión y proyecto que decidí emprender, a mi familia por estar siempre presente para darme aliento, gracias por sus palabras de motivación.

TABLA DE CONTENIDO

INFORME DE SIMILITUD	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO.....	4
TABLA DE CONTENIDO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN EJECUTIVO	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	17
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	28
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	37
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	40
REFERENCIAS.....	42
ANEXOS	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Reporte de Avance Acumulado Semanal por tipo de Material	35
Tabla 2: Reporte de Avance Semanal por Tipo de Material	35
Tabla 3: Tabla de Rango de Elevaciones	36
Tabla 4: Mejora en la presentación de Resultados con la Implementación BIM	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa Global de la presencia de SACYR SAC	10
Figura 2: Organigrama de la empresa SACYR Construcción SAC	12
Figura 3: Comparación de flujos de trabajo con y sin Entorno Común de Datos (Autodesk, 2021)	24
Figura 4: Flujo de trabajo para el control del avance de Movimiento de Tierras	30
Figura 5: Alerta de nuevos datos a través del canal de comunicaciones del área.....	32
Figura 6: Ventana de configuración del trabajo en Civil 3D	33

RESUMEN EJECUTIVO

Durante mi experiencia laboral en un proyecto de Infraestructura, enfrentamos el desafío de establecer la metodología Building Information Modeling (BIM) en el área de Topografía, para poder medir los avances de movimiento de tierras cumpliendo con los estándares de esta metodología. Inicialmente carecíamos de plantillas y procesos definidos, por lo que para integrar los modelos diseñados en software Autodesk (Civil 3D y Revit), decidimos utilizar Civil 3D, haciendo uso de su herramienta Data Shortcuts, lo cual nos permitió realizar mediciones y controlar los movimientos de tierra de manera más eficiente. Además, se tuvo una problemática la cual fue trasladar los modelos a los equipos topográficos para replantear con una alta precisión, para solucionarlo, utilizamos Trimble Business Center y adoptamos Trimble Connect como CDE, ya que nos permite exportar a formatos compatibles con los equipos y compartir los modelos a ejecutar, además, permite alertar las actualizaciones en los modelos. Estas mejoras permitieron ejecutar las excavaciones y rellenos dentro del cronograma acordado, cumpliendo con las tolerancias y reduciendo el tiempo de cálculo del reporte mensual considerablemente. Este Proyecto destacó la aplicación de habilidades en gestión de proyectos, modelado BIM, manejo de software especializado y coordinación interdisciplinaria para lograr resultados exitosos y eficientes.

Palabras Clave: Movimiento de Tierras, Topografía, BIM, CDE, Civil

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En el presente informe de suficiencia profesional se desarrolla el proceso de optimización en el control del Movimiento de Tierras desarrollado por el área de Topografía en un proyecto de Construcción, en el cual participé como Analista BIM del área de Topografía, donde desarrollé un sistema de procesos para la correcta medición de avances, para lo cual se tuvo que tener comunicación frecuente con las áreas involucradas, para siempre contar con los modelos aprobados a la fecha, y así poder transmitir los cambios a los coordinadores en campo, también realizando la verificación del avance, comparando los modelos con los datos recopilados en campo. La Sociedad Anónima de Caminos y Regadíos (SACYR) inició su andadura en 1986 como una pequeña firma constructora. Casi cuatro décadas después es una gran empresa, referente en los sectores de las concesiones, los servicios y la construcción. Desde su fundación, Sacyr siempre ha buscado la excelencia a través de la innovación, la promoción del mejor talento, el trabajo en equipo y la sostenibilidad. Ingredientes que guían un proyecto empresarial fiel a sus principios: compromiso, excelencia y espíritu de equipo. A lo largo de estos 38 años, Sacyr ha hablado a través de los proyectos que han desarrollado en las áreas de concesiones, construcción y servicios.

Actualmente la empresa está llevando a cabo proyectos en diversos países de América, Europa y África, como se puede apreciar en la siguiente imagen que ilustra la presencia global de la empresa:

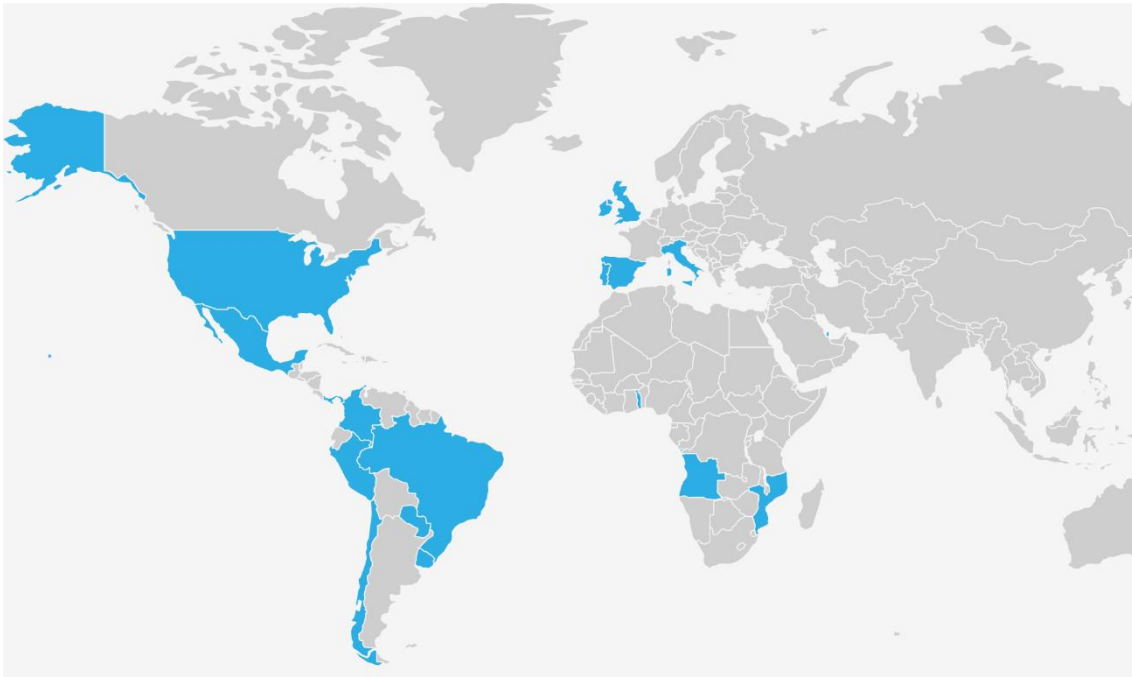


Figura 1: Mapa Global de la presencia de SACYR SAC

Proyectos entre los cuales se puede destacar la siguiente lista:

- Aprovechamiento hidroeléctrico de Laúca – Angola
- Línea este del metro de Fortaleza – Brasil
- Autopista Pamplona – Cúcuta – Colombia
- Tranvía de Edimburgo – Reino Unido
- Franjo roadway improvements – Estados Unidos
- AP-7, Castellón-Tarragona - España
- Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chavez – Perú

Sacyr Ingeniería e Infraestructuras inició su actividad en Perú en 2013. En estos años se ha convertido en un importante actor del desarrollo de Perú, con proyectos diferentes áreas como infraestructuras de transporte, deportivas y mineras. La compañía cuenta con una decena de proyectos, entre públicos y privados, que dan respuesta a las necesidades de la sociedad peruana en materia de infraestructuras.

Perú se ha convertido en un mercado doméstico de Sacyr. Los proyectos desarrollados en el país reflejan el potencial de expansión de los servicios de construcción de la multinacional. Destacan los relacionados con el área de las infraestructuras deportivas (Juegos Panamericanos), proyectos de infraestructuras aeroportuarias, ingeniería para proyectos mineros, hospitales, hidroeléctricas y construcción de carreteras.

Actividad Principal de la empresa:

Enfoque en actividades de construcción tales como construcción de infraestructura civil y de transporte, construcción residencial y no residencial, proyectos de suministro de agua, diseño y construcción de proyectos inmobiliarios.

Objetivo Social:

Gestión de planes, orientación y realización de todo tipo de obras y construcciones en sentido amplio, tanto públicas como privadas, incluidas obras viales, hidráulicas, ferroviarias, marítimas, edificaciones, etc. Proporciona todo tipo de servicios relacionados con el medio ambiente, incluida la gestión del humo y el ruido y la gestión integrada de residuos.

Misión, Visión y Valores:

Misión: Aspiramos a ser un referente en el desarrollo de infraestructuras gracias a nuestra propuesta innovadora, al compromiso con el medio ambiente y a la apuesta por el desarrollo profesional y personal de una plantilla diversa.

Visión: Desarrollar infraestructuras que promuevan el bienestar y el desarrollo sostenible de las regiones en las que estamos presentes, generando valor a todos nuestros grupos de interés: empleados, clientes, socios, accionistas, sociedades.

Valores: Excelencia, Innovación, Espíritu de equipo, Compromiso social, Adaptabilidad, Ética Medioambiental.

Estos seis valores nos definen, guían nuestro camino y marcan nuestra acción. Inspiran todas las etapas de nuestros proyectos y marcan nuestra acción.

Posicionamiento:

Somos un grupo global y trabajamos cada día con esfuerzo y pasión para convertir cualquier reto en un desafío cumplido. Transformamos la sociedad, mejorando las infraestructuras y los servicios a los ciudadanos. Somos talento al servicio del progreso.

A continuación, se muestra el Organigrama de la empresa SACYR:

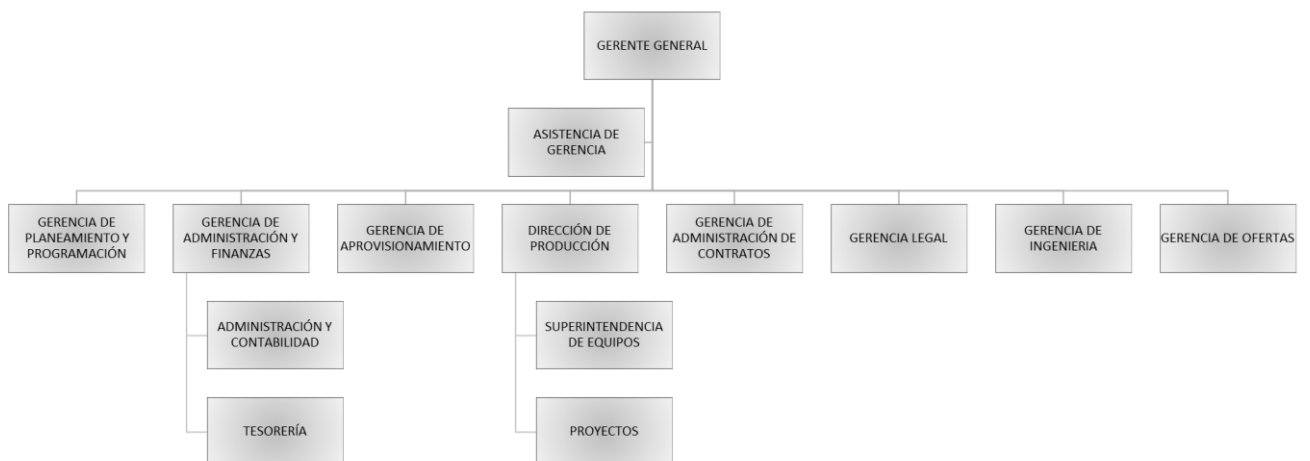


Figura 2: Organigrama de la empresa SACYR Construcción SAC

Descripción del Organigrama

El organigrama de la empresa SACYR Construcción SAC muestra una estructura jerárquica clara y bien definida, diseñada para asegurar una eficiente distribución de responsabilidades y una comunicación efectiva entre los diferentes niveles de la organización. La estructura organizativa se centra en la dirección estratégica, la gestión operativa y el apoyo administrativo, todos alineados para cumplir con los objetivos corporativos.

Estructura del Organigrama:

1. Gerente General: Es el máximo responsable de la toma de decisiones estratégicas y operativas de la empresa. Supervisa directamente todas las gerencias y garantiza que la empresa avance hacia sus metas.
2. Asistente de Gerencia: Apoya al Gerente General en la gestión diaria, coordinando agendas, comunicaciones y proporcionando soporte administrativo.
3. Gerencias Bajo el Gerente General:
 - a. Gerencia de Planeamiento y Programación: Encargada de la planificación a largo plazo, el desarrollo de estrategias y la programación de actividades para asegurar que los proyectos se completen en tiempo y forma.
 - b. Gerencia de Administración y Finanzas: Gestiona los recursos financieros y administrativos de la empresa, asegurando la estabilidad financiera y el cumplimiento de las políticas internas y normativas externas.

- i. Equipo de Administración y Contabilidad: Se encarga de la contabilidad, la gestión de registros financieros y la administración interna.
- ii. Tesorería: Administra los flujos de caja, las inversiones y las relaciones con instituciones financieras.
- c. Gerencia de Aprovisionamiento: Responsable de la adquisición de materiales y servicios necesarios para el funcionamiento de la empresa, asegurando la calidad y el coste-eficiencia.
- d. Dirección de Producción: Supervisa todos los aspectos relacionados con la producción y ejecución de los proyectos. Asegura que se sigan los cronogramas y estándares de calidad.
 - i. Superintendencia de Equipos: Administra y mantiene el equipo y la maquinaria necesarios para la producción.
 - ii. Equipo de Proyectos: Se enfoca en la ejecución de proyectos específicos, asegurando que se cumplan los objetivos de tiempo, calidad y presupuesto.
- e. Gerencia de Administración de Contratos: Gestiona todos los contratos relacionados con los proyectos y operaciones de la empresa, asegurando el cumplimiento de los términos y condiciones.
- f. Gerencia Legal: Proporciona asesoramiento legal a la empresa, gestiona riesgos legales y asegura el cumplimiento de las normativas y regulaciones.
- g. Gerencia de Ingeniería: Desarrolla y supervisa el diseño técnico de los proyectos, asegurando que las soluciones ingenieriles sean seguras, eficientes y rentables.

- h. Gerencia de Ofertas: Se encarga de la preparación y presentación de propuestas y licitaciones para asegurar la obtención de nuevos proyectos y contratos.

Justificación

Justificación Práctica

Este trabajo se realizó en respuesta a la necesidad de integrar la metodología BIM (Building Information Modeling) en un proyecto del sector construcción. Dado que todas las áreas del proyecto debían adoptar esta metodología, desde el área de Topografía se decidió aplicarla para la optimización del control de movimiento de tierras. Esta adopción no solo ha permitido una mejora significativa en la productividad, sino que también ha proporcionado una mayor precisión en las operaciones.

La implementación de la metodología BIM resulta particularmente beneficiosa para los profesionales del sector construcción, ya que ofrece una herramienta avanzada y cada vez más adoptada en la industria. Esta metodología no solo aporta valor al proyecto, sino que también enriquece el conocimiento y las habilidades del profesional, facilitando la ejecución de tareas relacionadas con el control de movimiento de tierras de manera más eficiente y efectiva. Además, permite realizar análisis de progreso de manera periódica (diaria, semanal, mensual o según lo requiera el proyecto), lo que contribuye a una mejor gestión y seguimiento de este.

Al aplicar la metodología BIM, aprovechamos su enfoque colaborativo, centralizando toda la información del proyecto en un único modelo digital en el que participan todos los agentes involucrados. Esto no solo reduce los posibles errores de ejecución, sino que también permite la detección temprana de modificaciones o inconsistencias, mejorando así la calidad y la seguridad del proyecto en su conjunto

Problema General

¿Cómo optimizar el control del Movimiento de Tierras aplicando la metodología BIM en proyectos del Sector Construcción?

Objetivo General

Determinar el proceso eficiente de Control de avance del Movimiento de Tierras en un proyecto del Sector Construcción aplicando la Metodología BIM

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

TOPOGRAFÍA

La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles tanto naturales como artificiales. Esta representación tiene lugar sobre superficies planas, limitándose a pequeñas extensiones de terreno en las cuales se desprecia la curvatura que posee la Tierra.

Según la Real Academia Española (RAE): “Técnica de describir y delinear con detalle la superficie de un terreno”.

“La topografía tiene como objetivo estudiar los instrumentos y métodos utilizados para obtener la representación gráfica de una porción del terreno sobre una superficie plana” (Doubek, 1989, citado en Machado, 2022, p. 11).

“La topografía está destinada a determinar el contorno, la dimensión y la posición relativa de una porción limitada de la superficie terrestre, sin tener en cuenta la curvatura resultante de la esfericidad terrestre” (Espartel, L., 1987, citado en Machado, 2022, p. 11).

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Según Hernandez, E. (2020), “El levantamiento topográfico es el estudio técnico y descriptivo de un terreno, examinando la superficie terrestre en la cual se tienen en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas del terreno, pero también sus variaciones y alteraciones; se denomina a éste, acopio de datos o plano el cual refleja el detalle y sirve como instrumento de planificación para distintos proyectos de ingeniería como lo son edificaciones y construcciones”. Existen distintos tipos de levantamientos topográficos según su campo de aplicación, entre los cuales se destacan los siguientes:

- Los levantamientos topográficos urbanos.
- Los levantamientos topográficos catastrales.
- Los levantamientos topográficos de construcción.
- Los levantamientos topográficos hidrográficos.
- Los levantamientos topográficos forestales.
- Los levantamientos topográficos mineros

Existen otros tipos de levantamientos, pero los principales tipos utilizados para el estudio de un terreno son:

- Levantamiento topográfico planimétrico.

De acuerdo con el Manual de Topografía – Planimetría (2008), “Representación horizontal de los datos de un terreno que tiene por objeto determinar las dimensiones de puntos proyectados en un plano horizontal, sin importar sus elevaciones. Dicho de otra manera, estamos representando el terreno visto desde arriba o de planta”

- Levantamientos topográfico altimétrico.

De acuerdo con el Manual de Topografía – Altimetría (2008), “Altimetría o nivelación se refiere al conjunto de operaciones por medio de las cuales se determina la elevación de uno o más puntos respecto a una superficie horizontal de referencia dada o imaginaria la cual es conocida como superficie o plano de comparación. El objetivo primordial de la nivelación es referir una serie de puntos a un mismo plano de comparación para poder deducir los desniveles entre los puntos observados. Se dice que dos o más puntos están a nivel cuando se encuentran en la misma cota o elevación respecto al mismo plano de referencia, en caso contrario se dice que existe un desnivel entre estos”.

Todo levantamiento topográfico se compone de dos partes, a saber, trabajos de campo, para toma de datos sobre el propio terreno, y trabajo de gabinete, que comprende los cálculos y la representación de los planos necesarios.

TRAZO Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO

El replanteo topográfico es una operación en la que se marcan sobre el terreno a construir, es decir, realizar esta tarea es colocar marcas sobre el terreno que indican toda la información que hay contenida en los planos. Según Serrano et al. (2009), “replantar es implantar en el terreno, de forma adecuada e inequívoca la posición de los puntos básicos y representativos de un proyecto, teniendo en cuenta dimensiones y formas indicadas en el plano de diseño”.

En el presente proyecto la información de los planos de diseño realizado por el área de Ingeniería son procesados en gabinete para obtener archivos digitales que son leídos en los equipos topográficos con el fin de replantear en campo el diseño original con precisión.

CONTROL TOPOGRÁFICO

Según el Manual de Procedimientos Geodésicos y Topográficos (2015), “Se verificará que la densidad de puntos y separación entre ellos cumple según la escala solicitada. De no ser así, el consultor debe densificar hasta lograr lo especificado. Luego de la revisión en gabinete, se medirán en terreno una serie de puntos para controlar la altimetría y planimetría del plano”.

Para un buen control topográfico en el proyecto, las mediciones y comprobaciones se realizaban de manera diaria, obteniendo data de campo de distintas zonas trabajadas, las cuales se procesan en gabinete y se realizan los planos de comparación para

observar que los distintos trabajos se estén realizando dentro de las tolerancias establecidas en el contrato del proyecto, además de realizar protocolos topográficos de calidad, en los cuales se representan las diferencias entre lo trabajado en campo y el diseño del proyecto.

MOVIMIENTO DE TIERRAS

Para Tiktin, J. (1997), se denomina movimiento de tierras al conjunto de operaciones que se realizan con los terrenos naturales, a fin de modificar las formas de la naturaleza o de aportar materiales útiles en obras públicas, minería o industria.

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

- Excavación o arranque
- Carga
- Acarreo
- Descarga
- Extendido
- Humectación o desecación. Compactación
- Servicios auxiliares (refinos, saneos, etc.)

En el presente proyecto, en cada zona de trabajo se llevaron a cabo movimientos de tierras con el objetivo de preparar la superficie del terreno según las especificaciones del diseño. Estas acciones se realizaron conforme a los estudios previos, incluyendo mecánica de suelos, geología, hidrología, pavimentos, entre otros.

BIM

Building Information Modeling (BIM), es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción.

Su objetivo es centralizar toda información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes.

Según Salazar (2018), “La aplicación de BIM permite que la labor sea más segura al momento de materializar los datos topográficos del proyecto en terreno, generando una visión proyectada de las dimensiones de la obra, evitando desfases e innumerables problemas constructivos, simplificando los diseños y la definición geométrica, dando lugar a la corrección en tiempo real que permite que los posibles conflictos se detecten mayormente en la fase de proyecto y no en la de la construcción, generando así una labor más involucrativa, colaborativa e inclusiva entre los distintos profesionales de un Proyecto”.

El contrato del presente proyecto indica que este debe adoptar la metodología BIM en todas sus fases, por lo que como parte del área de Topografía se implementó esta metodología para minimizar posibles errores en la ejecución, haciendo uso de softwares como Civil 3D y Trimble Business Center para el procesamiento y exportación de los modelos a formatos que los equipos topográficos puedan cargar, y haciendo uso del Trimble Connect como entorno común de datos (CDE).

CIVIL 3D

Civil 3D es un software desarrollado por Autodesk que se utiliza para el diseño y la documentación de proyectos de ingeniería civil, como carreteras, ferrocarriles, sistemas de drenaje, entre otros. Ofrece herramientas específicas para la creación de modelos de terreno, alineaciones, perfiles longitudinales y transversales, así como análisis hidráulicos y de movimientos de tierra.

"Civil 3D es un software de diseño de ingeniería civil que admite BIM (Building Information Modeling) con funciones integradas para mejorar el diseño y la extracción

de planos. Este software BIM permite a los profesionales del sector AECO (promotoras, estudios de arquitectura, constructoras, etc.) disfrutar de flujos de trabajo más eficientes para la definición de áreas geográficas, cartografía digital, el diseño de obras lineales y de drenaje, y la producción y documentación de planos 2D, además, una de las características más relevantes de Civil 3D es:

Collaboration for Civil 3D, lo cual permite acceder de forma segura a los archivos, con accesos directos y referencias externas desde varias ubicaciones, todo ello en un Entorno Común de Datos (CDE)" (Espacio BIM, 2024).

REVIT

“Autodesk Revit es un software de diseño inteligente de modelado BIM para arquitectura e ingeniería, que facilita las tareas de diseño de proyecto y los procesos de trabajo. Lo más característico de este software es que todo lo que se modela es mediante objetos inteligentes (familias paramétricas) y obtenidos en 3D sobre la marcha a medida que vamos desarrollando el proyecto desde la planta baja hacia las plantas superiores. Revit se basa en BIM: metodología de trabajo colaborativa y usando el modelado paramétrico de objetos y elementos constructivos del edificio. Revit permite construir virtualmente en 3D, lo que llamamos modelar en BIM. Además, en caso de realizarse algún cambio de proyecto, Revit tiene la capacidad de coordinarse automáticamente para mostrar la última versión trabajada, sin que los cambios influyan en todo el proceso, lo que agiliza el tiempo de trabajo, y minimizando el riesgo de cometer errores durante la ejecución del proyecto” (Vitorino, 2021).

TRIMBLE BUSINESS CENTER

“Es un software avanzado diseñado para el procesamiento y gestión de datos topográficos y geospaciales. Permite a los profesionales en topografía, ingeniería y construcción integrar, analizar y visualizar datos provenientes de estaciones totales, GPS, escáneres láser y drones. Con potentes herramientas para el diseño de proyectos, la generación de entregables y la automatización de tareas, TBC facilita una gestión eficiente y precisa de los datos, mejorando la toma de decisiones y la colaboración en equipos multidisciplinarios” (Isetek, s.f.).

CDE

Un CDE, Common Data Environment o Entorno Común de Datos en español, como su propio nombre indica, es un área de colaboración digital, habitualmente en la nube, donde se almacena toda la información del proyecto de manera estructurada, y a la que tienen acceso todos los miembros del equipo de trabajo para hacer revisiones o modificaciones según su rol. Su uso mejora la seguridad, reduce el riesgo de duplicidad de información y la falta de comunicación.

Autodesk destaca la importancia del Entorno Común de Datos (CDE) mediante la comparación entre un flujo de trabajo típico y uno en el que se ha implementado un CDE, tal como se muestra en la figura a continuación:

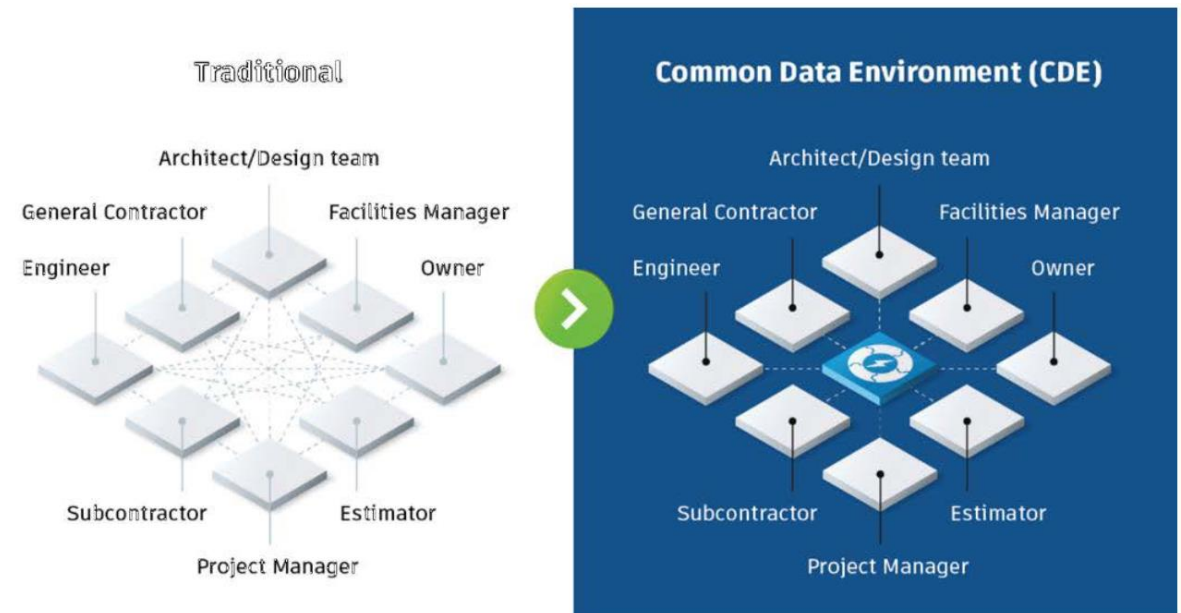


Figura 3: Comparación de flujos de trabajo con y sin Entorno Común de Datos (Autodesk, 2021)

En el presente proyecto se comparte la información por Trimble Connect, lugar en la nube donde se comparten los modelos actualizados y aprobados para construcción (APC) con todos los agentes involucrados, el jefe del área, analistas BIM, cadistas, coordinadores de campo y topógrafos, esta herramienta permite colocar tareas, dar aviso si se realizó una actualización a alguno de los modelos, para poder intervenir siempre con la última información aprobada.

TRIMBLE CONNECT

“Trimble Connect es una plataforma basada en la nube para cooperar y compartir información sobre proyectos BIM. Funciona con numerosos formatos de archivo, por lo que ya no es necesario comprimir y enviar archivos por correo electrónico. Todas las disciplinas implicadas pueden acceder a los datos de construcción actualizados en cualquier momento, haciendo que la información del proyecto sea transparente, accesible y trazable. Esta plataforma CDE ayuda a colaborar eficientemente ya que

todos los involucrados en el proyecto pueden ver desde una visión general

hasta el más mínimo detalle” (Construsoft, s.f.).

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

El sistema de aseguramiento de la calidad es un sistema de principios, métodos, protocolos y procedimientos establecidos y mantenidos por una empresa para garantizar que la calidad de sus productos y servicios sea consistentemente alta y cumpla con los estándares organizacionales y regulatorios.

Según las Normas ISO 9000:2000, “El aseguramiento de la calidad es el conjunto de acciones planificadas y sistemáticas necesarias para proporcionar la suficiente confianza de que una tarea realizada cumple las exigencias de calidad previamente establecidas” (Fundación Pfizer, s.f.).

En este proyecto, para garantizar la calidad en los trabajos realizados, se implementan protocolos específicos para la liberación de áreas. Una vez finalizados los trabajos de excavación según el diseño, se procede a realizar un levantamiento topográfico en campo. Este levantamiento es revisado tanto en campo como en gabinete para asegurar que cumpla con las tolerancias establecidas. La información recopilada se transfiere a un protocolo, en el cual se registran los puntos levantados y se comparan con el diseño original. Esta comparación permite dar conformidad al trabajo realizado, lo que autoriza la continuación de la siguiente actividad. Del mismo modo, se establecen protocolos para otras actividades del área.

A continuación, se presentan los algunos protocolos aplicados por el área de topografía:

		FORMATO										
		TRAZO Y REPLANTEO										
		Revisión										
		Fecha										
		Página										
PROYECTO:	_____	FECHA:	_____									
CONTRATISTA:	_____	N° REGISTRO:	_____									
FACILITY:	_____	ELEMENTO A LIBERAR:										
ÁREA:	_____											
UBICACIÓN (EJES, PISO):	_____											
PLANOS:	_____											
METODO DE MEDICIÓN:	DISTANCIA: <input type="checkbox"/>	COORDENADA: <input type="checkbox"/>										
DATOS DEL EQUIPO DE MEDICIÓN:												
INSTRUMENTO DE VERIFICACION:	_____	N° DE CERTIFICADO DE CALIBRACION:	_____									
MARCA / MODELO:	_____	FECHA DE CALIBRACION:	_____									
N° DE SERIE:	_____	FECHA DE VENCIMIENTO:	_____									
PRECISION ANGULAR:	_____	BM REFERENCIAL:	_____									
PRECISION LINEAL:	_____											
MEDICIONES												
PID N°	ELEMENTO	DATO DE PROYECTO			DATO DE CAMPO			DERIVACION (mm)			CONFORMIDAD	
		NORTE (Y)	ESTE (X)	COTA (Z)	NORTE (Y)	ESTE (X)	COTA (Z)	NORTE (Y)	ESTE (X)	COTA (Z)	SI	NO
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
GRAFICO												
OBSERVACIONES / COMENTARIOS												
TOPOGRAFIA INTI PUNKU		CONSTRUCCION INTI PUNKU		CALIDAD INTI PUNKU								
Nombre:	_____	Nombre:	_____	Nombre:								
Firma:	_____	Firma:	_____	Firma:								
Fecha:	_____	Fecha:	_____	Fecha:								

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

En mayo de 2021, la empresa Sacyr Construcción SAC se encontraba en búsqueda de un personal para desempeñar el cargo de “Cadista” en el área de Topografía para un proyecto de carreteras, el cual como requisitos debía de tener conocimiento en Diseño Geométrico y Topografía, además de tener dominio en el uso de softwares como Civil 3D e Istram Ispol, conocimientos que había adquirido en poco más de 5 años de experiencia laboral, para ese entonces, habiendo desempeñado cargos similares.

Mi función principal consistía en modelar el diseño aprobado del estudio de la carretera utilizando el software Istram, presentar láminas realizadas en Civil 3D y llevar el control del avance de obra de acuerdo con los levantamientos topográficos realizados en campo. Para ello, coordinaba directamente con los especialistas en Diseño Geométrico, Topografía, Geología y Geotecnia, Costos, Obras de Arte, entre otros, debido a que el proyecto incluye a una variedad de áreas y todas intervienen en el mismo.

En abril del 2022, la empresa me transfirió a otro proyecto de construcción, donde se desarrolló una infraestructura, la cual incluye vías de acceso, plataformas, calles de rodaje, áreas de servicio y apoyo logístico.

El presente proyecto presentaba dificultades técnicas, como la identificación de interferencias, visualización del proyecto, limitaciones de procura y anticipación de problemas, debido a esta singularidad del proyecto es que se propuso dar solución apoyándonos en la metodología BIM, adoptando esta metodología en todas sus etapas, áreas y fases, desde la etapa de planificación, recogiendo las principales necesidades del proyecto y la organización respecto de BIM, considerando las etapas de diseño, construcción, mantenimiento y operación. Durante la ejecución del Proyecto,

realizando el diseño de especialidades en BIM, elaboración de documentos alrededor de los modelos BIM, coordinación 3D, extracción de metrados, cantidades directamente de los modelos BIM, generación del modelo BIM As-Built, destacando entre estos la coordinación como parte fundamental, debido a que los especialistas de diseño se encuentran en distintas partes del mundo, por lo que se decidió emplear BIM 360, para realizar un diseño 3D colaborativo, facilitando el acceso a los diseñadores A través de reuniones integradas de ingeniería concurrente, durante la etapa de diseño y construcción para analizar problemas de coordinación, propuestas de ingeniería de valor o cambios debidos a complicaciones de la procura. También como parte de esta etapa se realizó la verificación de incidencias o interferencias haciendo uso del Navisworks, identificando y reportando estas incidencias, para que el área a cargo de una solución oportuna.

Debido a lo expuesto líneas arriba, es que en este proyecto se me asignó el puesto de "Analista BIM de Topografía", con el fin de implementar la metodología BIM en el área, principalmente en los trabajos de control de los Movimientos de Tierras para lograr una precisión más certera de los avances, debido a que esta es una de las partidas más importantes. Esta implementación fue un desafío, ya que no se contaba con una plantilla de trabajo ni antecedentes por parte de la empresa sobre cómo se había manejado anteriormente. Por ello, se creó un procedimiento de trabajo, el cual incluía al área completamente, tanto el personal de campo como de oficina, necesitando que cada colaborador cumpla un rol en este procedimiento, desde el jefe del área hasta el auxiliar de topografía.

Como parte de mis funciones como Analista BIM de Topografía, se mencionan las siguientes:

- Descarga, revisión y georreferenciación de planos para el avance de obra.

- Exportaciones de los modelos BIM emitidos para su uso en equipos topográficos.
- Procesamiento de Nube de Puntos obtenidas a través de láser escáner.
- Recopilación y procesamiento de información proveniente de campo mediante software Civil 3D.
- Revisión y detección de incidencias del modelo federado, haciendo uso del Clash Detection en el software Navisworks.
- Coordinación con los agentes intervinientes para el adecuado desarrollo de actividades.
- Control del avance de movimiento de tierras y pavimentos en relación con los modelos vigentes.

Además de estas funciones, también realicé la implementación de un sistema de procesos para el correcto control del avance de movimiento de tierras y pavimentos. A continuación, se presenta el gráfico de flujo que ilustra estos procesos, seguido de una explicación de cada uno de ellos:

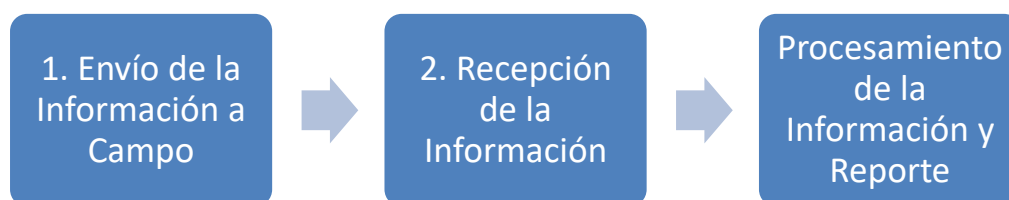


Figura 4: Flujo de trabajo para el control del avance de Movimiento de Tierras

Envío de la Información a Campo

Para transmitir la información necesaria a campo, se debía descargar los modelos compartidos por el área de Ingeniería, los cuales debían revisarse y procesarse para luego ser compartidos a través del entorno común de datos (CDE) con los colaboradores de campo, facilitando la importación de la información a sus equipos para la ejecución de los trabajos de Movimiento de Tierras.

Es importante mencionar que los modelos compartidos eran archivos de Civil 3D, los cuales contenían alineamientos y superficies de diseño de cada zona de trabajo. Estos modelos se revisaban, y en caso de no tener inconvenientes, se exportaban en formato *.xml desde Civil 3D, para posteriormente se transformarlos a formatos leídos por los equipos topográficos, utilizando Trimble Business Center para su uso en campo. Los formatos utilizados para los equipos son los formatos “ttm”, “rxl” y “dxf”.

TTM: La extensión “ttm” permite visualizar Modelos Digitales de Terreno en los equipos de topografía, facilitando la comparación entre el diseño y el terreno trabajado in situ, logrando una mayor precisión en los trabajos.

RXL: Los archivos en formato “rxl” cuentan con la información de alineamientos, se utilizan para para delimitar el avance de acuerdo con las progresivas del eje de diseño. Esta delimitación, lograda a través de los equipos de topografía, facilitaba la posterior elaboración de los protocolos de liberación de trabajos realizados.

DXF: Los archivos exportados en “dxf” contienen la delimitación de la zona a trabajar o superficie en planta, es decir, es el borde o límite constructivo.

Una vez transformados los distintos archivos necesarios para el replanteo, se procedía a subirse los archivos al Trimble Connect, generando la alerta dentro del Connect, y a

la vez, se comunicaba a través del canal de comunicaciones del área, como

se muestra a continuación:

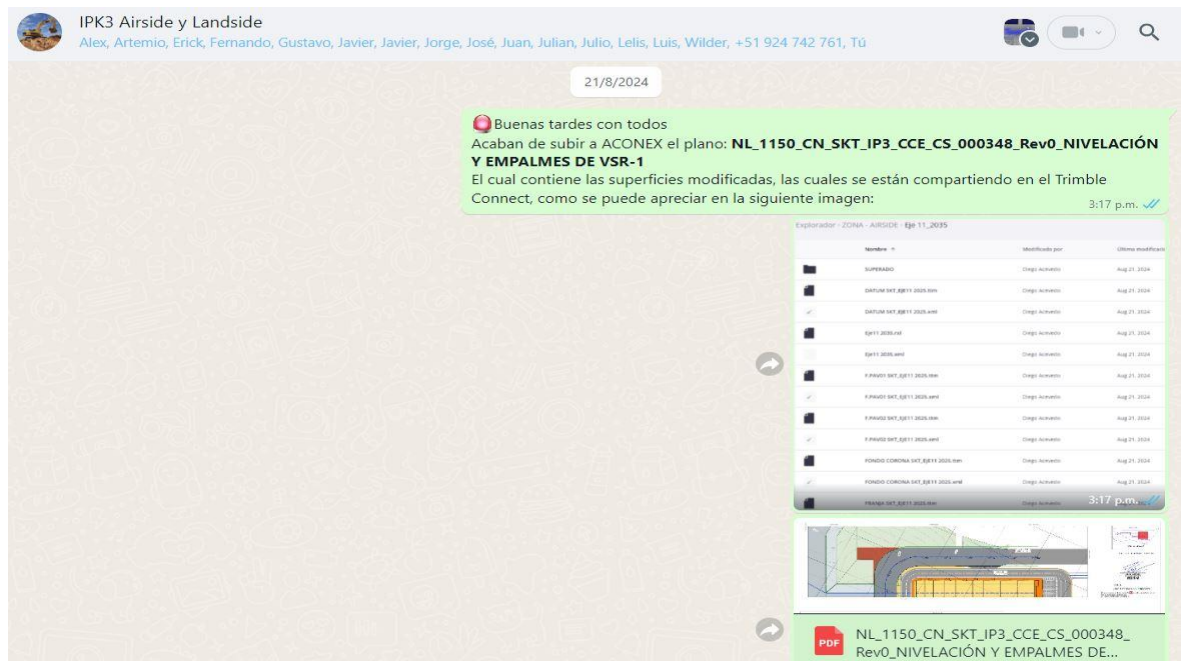


Figura 5: Alerta de nuevos datos a través del canal de comunicaciones del área.

La comunicación continua con el área de Ingeniería fue esencial para detectar y prevenir posibles actualizaciones en los modelos, evitando así retrabajos y demoras en los plazos pactados.

Recepción de la Información

Los topógrafos en campo tienen la tarea de colocar marcas, las cuales delimitan el trabajo en posición, y también deben colocar plantillas que indican el nivel al cual debe llegar el material, tanto excavación como relleno, haciendo uso de los modelos compartidos a través del CDE. Luego de realizar el trabajo de excavación o relleno, se realiza un levantamiento, el cual se encontrará en extensión “csv”, este debe ser nombrado colocando la fecha de la liberación, el tipo de material, el número de capa en el que se encuentra, el nombre del Eje y progresivas trabajadas, como se presenta a continuación:

210524_TC_Cap9_Eje37_PK0+130-0+170.csv

Una vez transmitida la información de campo a través de los canales de trabajo, se procede a almacenar en una carpeta de “Levantamientos”, la cual está compuesta por dos carpetas, una para los Movimientos de Tierras, y otra para Pavimentos, a su vez estas carpetas contienen carpetas por fechas (años, meses y número de semana), debido a que los reportes de avances se solicitan de manera semanal.

Procesamiento de la información y Reporte

Estos archivos una vez colocados en la carpeta que corresponde, son importados a un archivo de Civil 3D, el cual debe encontrarse configurado de acuerdo con la zona de trabajo, como se aprecia a continuación:

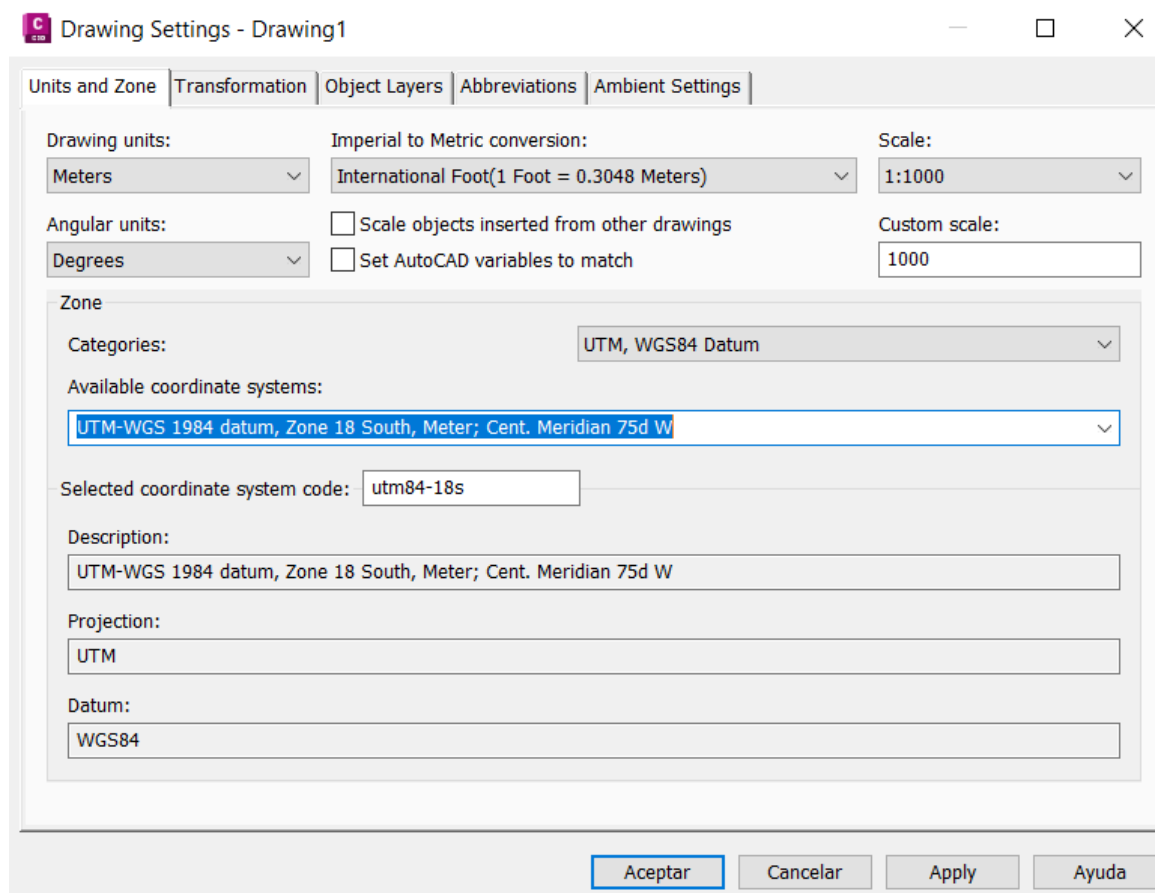


Figura 6: Ventana de configuración del trabajo en Civil 3D

Al importar el archivo “csv” en el software aparecerán puntos del levantamiento, por lo que se procede a crear una superficie por cada levantamiento con el mismo nombre

del levantamiento, para mantener el orden, este archivo con los levantamientos realizados dentro de una semana, es guardado de igual manera que el archivo “csv”, en una carpeta semanal dentro de una carpeta de archivos Civil 3D, y para poder realizar los trabajos, es necesario que en este archivo Civil, se creen superficies del avance semanal por tipo de material, es decir, si dentro de la semana se tuvieron varios levantamientos de un tipo de material, en la misma o distintas zonas de trabajo, estas se deben unir en una superficie de avance, de acuerdo con la fecha de liberación, la cual figura en los nombres de cada archivo, a su vez se deben crear carpetas dentro del archivo, para ordenar las superficies que pertenecen a los levantamientos de las superficies de avances por material, una vez ordenado el archivo y generadas las superficies se procede a crear “Data Shortcuts” en Civil, lo cuales son accesos directos a datos, aquí se exportarían de manera ordenada en carpetas de meses y número de semanas los avances por tipo de material, lo cual aligera el peso de los archivos.

Una vez obtenido los avances de la semana, y habiéndose guardado cada archivo Civil semanal, se crea un archivo Civil 3D para el avance mensual, el cual recopilará a través de los shortcuts creados la información necesaria para crear las superficies por tipo de material de los avances del mes, los cuales también se exportarán a través de shortcuts en carpetas, de acuerdo con el mes que le corresponda. También se crea otro archivo Civil, el cual servirá para el reporte de avances totales, este archivo recopila la información de los avances mensuales por tipo de material, aquí también se crean superficies para el avance total a la fecha, por tipo de material, uniendo las superficies de cada mes, generando una superficie consolidada, la cual se compara con las superficies de diseño utilizando la herramienta “Volumes Dashboard”, dando un reporte de avances el cual se puede exportar como “html”, dando los avances totales a

la fecha, debido a que se solicita el avance semanal, de forma interna, se procede a hacer uso de Microsoft Excel, para poder tener el reporte semanal en cada hoja, y en una hoja resumen por fórmulas obtener el avance semanal, mensual y total por tipo de material, como se puede apreciar a continuación:

	JULIO	
	Sem.72	Sem.73
MATERIAL A	3,120.13 m ³	2,065.55 m ³
MATERIAL B	3,440.51 m ³	2,622.72 m ³
MATERIAL C	2,312.44 m ³	1,712.73 m ³

Tabla 1: Reporte de Avance Acumulado Semanal por tipo de Material

	JULIO	
	Sem.72	Sem.73
MATERIAL A	138,763.19 m ³	140,828.74 m ³
MATERIAL B	481,078.71 m ³	483,701.43 m ³
MATERIAL C	223,779.29 m ³	225,492.02 m ³

Tabla 2: Reporte de Avance Semanal por Tipo de Material

Además de medir el avance de los trabajos, haciendo uso del Civil 3D, también se realizaba una comprobación de que las superficies de avance se encuentren dentro de las tolerancias establecidas en el contrato, realizando Mapa de Calor, los cuales a través de una escala de colores y una simbología dan a conocer los niveles de diferencia en el cual se encuentra la zona de trabajo. En el proyecto por tipo de material se tenía establecida la tolerancia del nivel en el que podía quedar el material, por ejemplo $\pm 30\text{mm}$, como se puede apreciar en la siguiente tabla se coloca el rango de tolerancia en el medio con color claro, y rangos fuera de tolerancia con colores rojos en rangos inferiores (indicando que el terreno quedó debajo de la tolerancia del diseño) y colores azules en rangos superiores (indicando que el terreno quedó por encima de la tolerancia del diseño):

TABLA DE ELEVACIONES			
Item	Elevación Mínima	Elevación Máxima	Color
1	-0.050	-0.040	Red
2	-0.040	-0.030	Brown
3	-0.030	0.030	Yellow
4	0.030	0.040	Light Blue
5	0.040	0.050	Dark Blue

Tabla 3: Tabla de Rango de Elevaciones

Estos rangos ayudan a poder intervenir a tiempo en las zonas a trabajar y en futuras zonas, para tener en cuenta la compactación que se está realizando y/o el esponjamiento que se está considerando para ese tipo de material, para así evitar los retrabajos a la medida de lo posible, también se utiliza para el control de espesores a colocar, como se puede apreciar en el ANEXO 1, de acuerdo a los rangos y áreas por color que se muestran en el cuadro inferior del plano, se aprecia que en su mayoría ingresará entre 8 a 10 centímetros, esto debido a que en estos casos se compara el levantamiento del terreno actual con la superficie de diseño siguiente, esto ayuda a la toma de decisiones en el proyecto.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Al inicio del proyecto, la presentación de resultados relacionados con el control de movimiento de tierras se realizaba de manera mensual, utilizando el software Civil 3D, importando los avances y exportando secciones transversales, para luego exportar los datos de áreas de corte y/o relleno en cada sección a Excel, y aplicando la siguiente fórmula:

$$\frac{(A_1 + A_2)}{2} d$$

Donde:

d: Distancia entre secciones evaluadas

A₁: Área de la primera sección

A₂: Área de la segunda sección

Esta fórmula se utiliza tanto para el cálculo de cortes como para el cálculo de rellenos. Este enfoque no estaba optimizado, lo que resultaba en una demora de 10 días para la entrega de los resultados mensuales. Esto se debía, principalmente, a la falta de claridad en la presentación de datos, lo que retrasaba la evaluación del progreso del proyecto.

Cuantificación de Beneficios

Con la implementación parcial de la metodología BIM en el segundo mes, se comenzó a observar una mejora significativa. El tiempo de presentación de resultados se redujo a 4 días, lo que representa una disminución del 60% en el tiempo de procesamiento comparado con el mes anterior. Esto permitió una mayor eficiencia y facilitó la toma de decisiones de manera más oportuna.

Una vez que el sistema BIM estuvo completamente implementado en el tercer mes, los resultados podían ser entregados al día siguiente de finalizados los trabajos, logrando una mejora del 90% en los tiempos de entrega comparado con el método original. Este nivel de eficiencia no solo permitió que el proyecto se mantuviera alineado con los cronogramas, sino que también generó un ahorro significativo en tiempo y recursos.

Beneficios adicionales

La reducción de los tiempos de presentación mejoró la capacidad de respuesta ante los problemas de campo, permitiendo la identificación temprana de áreas donde los trabajos no cumplían con las tolerancias establecidas, lo que evitó No Conformidades por parte del cliente.

La intervención oportuna contribuyó a una disminución de los costos asociados con retrabajos y ajustes, mejorando la rentabilidad del proyecto.

En el siguiente cuadro se aprecia las mejoras en la presentación de los resultados gracias a la implementación de la metodología BIM:

Mes	Método de Trabajo	Tiempo de Presentación de Resultados	Observaciones
Mes 1	Cálculo por secciones	10 días después del fin de mes	Falta de claridad en el procesamiento y presentación de los resultados.
Mes 2	Implementación parcial de BIM	4 días después del fin de mes	Mejora en la presentación, aunque

Mes	Método de Trabajo	Tiempo de Presentación de Resultados	Observaciones
			aún en proceso de optimización.
Mes 3 (Post-Implementación)	BIM completamente implementado y sistematizado	Al día siguiente	Resultados disponibles de forma casi inmediata, permitiendo una mejor toma de decisiones.

Tabla 4: Mejora en la presentación de Resultados con la Implementación BIM

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La adopción de la metodología BIM en el control de movimiento de tierras, como parte del área de Topografía, resultó en una notable mejora en la eficiencia operativa. Al implementar Trimble Connect como CDE, y utilizar el Data Shortcuts en el Civil 3D, se logró reducir significativamente el tiempo de procesamiento y entrega de los reportes mensuales, pasando de 10 días a tan solo un día, lo cual permitió una toma de decisiones más rápida y efectiva, optimizando los recursos y cumpliendo con los plazos de las valorizaciones.

El uso de Trimble Connect como CDE, facilitó la integración y colaboración entre el equipo de topografía en campo y oficina, asegurando que los modelos más recientes estuvieran siempre disponibles para su uso en campo, reduciendo la posibilidad de errores y malentendidos.

La generación de Mapas de Calor en Civil 3D permitió una revisión exhaustiva de los avances en el terreno, asegurando que las obras se ejecutaran conforme al diseño y dentro de las tolerancias establecidas en el contrato. Esta herramienta fue fundamental para identificar con rapidez desviaciones y reportarlas rápidamente, para intervenir y corregirlas antes de que se convirtieran en problemas mayores, mejorando así el control de calidad.

La creación de una herramienta en Excel que desglosaba y generaba del informe de avances, utilizando el reporte del Civil 3D, no solo aceleró la generación del informe, sino que también minimizó la posibilidad de errores humanos. Esta automatización fue clave para mantener la precisión y consistencia en los reportes, contribuyendo a un proceso más confiable y transparente.

Recomendaciones

Ampliar la Implementación de BIM: Se recomienda extender la implementación de la metodología BIM a otras áreas dentro de un proyecto, dado el éxito obtenido en el control de movimiento de tierras. Integrar otras disciplinas como la gestión de costos y la planificación podría traer beneficios similares en términos de eficiencia y control.

Capacitación Continua: Es crucial continuar con la capacitación del equipo en el uso de herramientas BIM y softwares como Civil 3D y Trimble Connect. Esto garantizará que todos los miembros del equipo estén al día con las mejores prácticas y puedan maximizar el uso de estas tecnologías para mejorar los resultados del proyecto.

Revisión y Mejora Continua: Se sugiere establecer un proceso de revisión y mejora continua del flujo de trabajo implementado. Esto incluiría la actualización periódica de la herramienta de Excel desarrollada, así como la evaluación de nuevas funcionalidades de software que podrían optimizar aún más los procesos actuales.

Comunicación y Documentación Eficiente: Asegurar que la comunicación entre campo y oficina se mantenga eficiente y que toda la documentación relevante se almacene adecuadamente en el Centro de Datos. Mantener un registro claro y accesible de los avances y cambios realizados es vital para la transparencia y para facilitar revisiones futuras.

REFERENCIAS

- Ministerio de Agricultura Chile. (2015). Manual de Procedimientos Geodésicos y Topográficos. <https://www.cnr.gob.cl/wp-content/uploads/2019/03/ManualdeProcedimientosGeodesicosyTopograficosdelaCNRv2015.pdf>
- Hernandez, E. (2020). Control Topográfico en la actividad de Pilotaje para Obra Civil [UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS]. <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/47a22f24-83e8-491e-814c-5667db4abda9/content>
- Machado, J. (2022). Topografía Básica en Español (1st ed.). https://repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/3379/1/Livro_topografiabasicaenespanol.pdf#:~:text=TOPOGRAF%C3%8DA%20B%C3%81SICA%20EN%20ESPA%C3%91OL%20I%20Ed.%20E2%80%93%20Jos%C3%A9%20Machado%20J%C3%BAnior
- Navarro, S. (2008a). Manual de Topografía - Altimetría. <https://sjnavarro.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/08/modulo-i-introduccion-a-altimetria1.pdf>
- Navarro, S. (2008b). Manual de Topografía - Planimetría. <https://es.studenta.com/content/141969030/manual-de-topografia-planimetria-2008>
- Salazar, F. (2018). Análisis de la Metodología BIM en el desarrollo de obras de construcción en el marco de Ingeniería Geomática [Tesis Pregado, Universidad de Concepción]. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/3083>
- Serrano, P., Palacios José, Soledispa, L., & Santos, E. (2009). Metodología para el Replanteo y Trazado del Proyecto Horizontal de la Vía: Tramos Cerecita-Tamarindo-La Bajada de Progreso. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/4877>
- Tiktin, J. (1997). Procedimientos Generales de Construcción - Movimiento de Tierras (3rd ed.). https://oa.upm.es/67524/1/movimiento_tierras.pdf
- Autodesk. (2021). ISO 19650: Common Data Environment and Autodesk Construction Cloud. Autodesk. <https://www.autodesk.com/autodesk-university/es/article/ISO-19650-Common-Data-Environment-and-Autodesk-Construction-Cloud-2021>
- Espacio BIM. (2024). Civil 3D: Todo lo que necesitas saber sobre AutoCAD Civil 3D. Recuperado de <https://www.espaciobim.com/civil-3d>
- Vitorino, P. (2021, 23 de octubre). ¿Qué es y para qué sirve Revit Arquitectura? [Entrada de blog]. KonstruEdu. <https://konstruedu.com/es/blog/que-es-y-para-que-sirve-revit-arquitectura-2>
- Isetek. (s.f.). Trimble Business Center (TBC) - Software de oficina para topografía y geodesia. Isetek. <https://isetek.pe/producto/trimble-business-center-tbc-software-de-oficina-para-topografia-y-geodesia/>
- Construsoft. (s.f.). Trimble Connect. Construsoft. <https://www.construsoft.es/es/software-bim/trimble-connect>
- Fundación Pfizer. (n.d.). Normas ISO 9000:2000. Fundación Pfizer. <https://www.fundacionpfizer.org/catedra/servicios/lineas-trabajo-calidad/normas-iso-9000-2000>

ANEXOS

ANEXO N° 1. Ejemplo de Mapa de Calor para control de espesores.

