



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**PROGRAMA ACADÉMICO DE MAESTRÍA EN  
INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN DIRECCIÓN DE  
EMPRESAS DE LA CONSTRUCCIÓN**

**Aplicación de la metodología BIM en el diseño del Pad de  
Lixiviación de la Unidad Minera Pucamarca – Tacna**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:**

Maestra en Ingeniería Civil con Mención en Dirección de Empresas de  
la Construcción

**AUTORA:**

Cacho Munenaka, María Elena (ORCID: 0000-0003-3164-3837)

**ASESOR:**

Mg. Ávila Llacsahuanga, Luis Alberto (ORCID: 0000-0003-2514-3078)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Dirección de Empresas de la Construcción

**TRUJILLO - PERÚ**

**2022**

### **Dedicatoria**

A mi esposo, quien me acompaña en el camino  
emprendido hacia el éxito.

A mi madre y hermanas quienes me brindan su apoyo  
incondicional siempre.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por permitirme continuar cumpliendo con los objetivos profesionales trazados y a todos mis conocimientos en la metodología BIM para el desarrollo de este trabajo de investigación.

## Índice de Contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN:.....	1
II. MARCO TEÓRICO:.....	4
III. METODOLOGÍA:.....	17
3.1. Tipo de investigation.....	17
3.2. Variables y operacionalización.....	18
3.3. Población, muestra y muestreo.....	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.5. Procedimientos.....	21
3.6. Métodos de análisis de datos.....	21
3.7. Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS:.....	23

4.1. DISEÑO DE CADA ESPECIALIDAD .....	23
V. DISCUSIÓN:.....	41
VI. CONCLUSIONES: .....	44
VII. RECOMENDACIONES:.....	48
REFERENCIAS:.....	49
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1: índices de Validez del instrumento .....	20
Tabla 2: Características del Pad de Lixiviación .....	25
Tabla 3: Tipo de Incompatibilidad .....	29
Tabla 4: Nivel de severidad de las Incompatibilidades .....	29
Tabla 5: Metrados – Movimiento de Tierras .....	33
Tabla 6: Metrados del Revestimiento .....	34
Tabla 7: Metrados de las Tuberías HDPE .....	34
Tabla 8: Planificación Accesorios de conexión .....	36
Tabla 9 : Presupuesto con BIM.....	37
Tabla 10: Costo de las Interferencias .....	38

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Topografía de nivelación – Fase 3A .....	24
Figura 2: Modelamiento 3D de superficie de nivelación – Fase 3A.....	24
Figura 3: Modelamiento de Apilamiento proyectado – Pad Fase 3A.....	25
Figura 4 : Sistema de Colección de Solución Rica – Pad Fase 3A .....	26
Figura 5 : Modelamiento Sistema de Colección – Pad Fase 3A.....	27
Figura 6 : Detección de cruce entre tuberías colectoras.....	30
Figura 7: Detección de interferencia entre nivel de superficie y tubería colectora.....	30
Figura 8: Nivel de tubería de ingreso por debajo del nivel de la superficie de apoyo.....	31
Figura 9: Tubería diseñada fuera del área de proyección de construcción de la Fase 3A.....	31
Figura 10: Cronograma Contractual – Instalación Tuberías HDPE .....	39
Figura 11: Cronograma Actualizado - Metodología BIM .....	40

## Resumen

Utilizar la metodología BIM durante la etapa de diseño de un proyecto, permitirá que cada una de las disciplinas involucradas pueda trabajar colaborativamente, visualizando los defectos, fallas o interferencias para solucionarlas antes de la emisión de los planos para construcción, evitando tiempos muertos y retrabajos, además de la identificación de partidas contractuales que no fueron consideradas en el presupuesto, cronograma o especificaciones técnicas de obra, lo cual nos permitirá elaborar un proyecto que podrá ser ejecutado de manera eficiente en costo y plazo.

Respecto a la planificación de los recursos, con BIM es posible realizar programaciones con tiempos más reales y con un dimensionamiento de equipos y mano de obra acordes a los metrados proyectados por ejecutarse

Siendo esta metodología una herramienta que optimiza el desarrollo del diseño de los proyectos de construcción es importante promover su uso e implementación, sobre todo en proyectos donde se tienen grandes volúmenes de materiales y diferentes especialidades que intervienen en su ejecución como es el caso de la construcción de los pad de lixiviación, los cuales cuentan con un sistema de tuberías colectoras que recogen y trasladan la solución disuelta del mineral extraído (solución rica) hasta las plantas de procesos para luego pasar al área de fundición y refinación.

Palabras Clave: Metodología, colección, unidad.

## **Abstract**

Using the BIM methodology during the design stage of a project will allow each of the disciplines involved to work collaboratively, visualizing defects, failures or interferences to solve them before the issuance of construction plans, avoiding downtime and rework. In addition to the identification of contractual items that were not considered in the budget, schedule or technical specifications of the work, which will allow us to develop a project that can be executed efficiently in terms of cost and time.

Regarding the planning of resources, with BIM it is possible to carry out programming with more real times and with a dimensioning of equipment and labor in accordance with the projected meters to be executed.

Being this methodology a tool that optimizes the development of the design of construction projects, it is important to promote its use and implementation, especially in projects where there are large volumes of materials and different specialties that intervene in its execution, as is the case of construction. of the leaching pads, which have a system of collecting pipes that collect and transfer the dissolved solution of the extracted ore (rich solution) to the process plants and then pass to the smelting and refining area.

Keywords: Methodology, collection, unit.

## **I. INTRODUCCIÓN:**

La planificación es la determinación metodológica que permite establecer la secuencia de actividades que se ejecutarán, considerando los medios con los que se cuentan en la actualidad y la influencia del entorno para cumplir con los objetivos en la organización.

Generalmente, los indicadores de éxito para un proyecto incluyen lograr culminar las actividades programadas sin exceder el costo estimado, el plazo y con los estándares de calidad solicitados por el cliente.

Existe una manera gráfica de representar la relación de los criterios mencionados anteriormente, que suele ser denominada como el “triángulo de tiempo, costo y desempeño” o “triángulo de triple restricción”.

Para el desarrollo de la planificación que incluye estos tres indicadores (costo, de tiempo y calidad) que son los objetivos principales por alcanzar, nos sirven para identificar las acciones requeridas para cumplirlos con éxito, por lo tanto, la primera acción primordial que debemos tomar como responsables de la planificación y gestión de un proyecto es asegurarnos que el proyecto se encuentre verificado en todos sus niveles: Diseño de ingeniería, Presupuesto y Especificaciones Técnicas.

Uno de los grandes inconvenientes que posee la industria de la construcción es que los involucrados del proyecto trabajan de una manera aislada o descentralizada, lo que genera un gran volumen de retrabajos, ocasionando que el proceso de diseño y construcción sea deficiente.

De acuerdo con la NTP-ISO 19650-1:2021, BIM es el “uso de una representación digital compartida de un activo construido, para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, con la finalidad de contar con una base confiable para la toma de decisiones” (Instituto Nacional de Calidad, 2021a, pág. 8). Esta representación digital integra toda la información de una inversión, tanto gráfica (como, por ejemplo, tuberías tridimensionales) como no gráfica (por ejemplo, presupuestos).

Utilizar la metodología BIM durante la etapa de diseño de un proyecto, permitirá que cada una de las disciplinas involucradas pueda trabajar colaborativamente, visualizando los defectos, fallas o interferencias para solucionarlas antes de la emisión de los planos para construcción, evitando tiempos muertos y retrabajos además de la identificación de partidas contractuales que no fueron consideradas en el presupuesto, cronograma o especificaciones técnicas de obra, lo cual nos permitirá elaborar un proyecto que podrá ser ejecutado de manera eficiente en costo y plazo.

Siendo la metodología BIM una herramienta que optimiza el desarrollo del diseño de los proyectos de construcción es importante promover su uso e implementación, sobre todo en proyectos donde se tienen grandes volúmenes de materiales y diferentes especialidades que intervienen en su ejecución como es el caso de la construcción de los pad de lixiviación, los cuales cuentan con un sistema de tuberías que recogen la solución disuelta del mineral extraído (solución rica) y la trasladan hasta las plantas de procesos para obtener los productos finales: oro, plata, cobre, etc.

Este sistema de colección debe ser diseñado de forma precisa para garantizar que no sufra interrupciones o fallas durante su operación, pues se encarga de recolectar la materia prima principal de la extracción minera.

## II. MARCO TEÓRICO:

Para el desarrollo de este trabajo de investigación, se tomaron trabajos anteriores que realizaron el análisis de la metodología BIM en sus diferentes dimensiones y su aplicación en proyectos de construcción en el Perú y en otros países.

La efectividad de la aplicación de la metodología BIM en el sector privado ha generado que las autoridades nacionales inicien el proceso de implementación en la elaboración de los proyectos que se ejecutan con presupuesto del estado. En nuestro país, se ha publicado la Guía Nacional BIM (Diario Oficial El Peruano, 2021, p.7), el cual describe la aplicación del Entorno de Datos Comunes o CDE (en inglés, Common Data Environment) como elemento principal durante la gestión de las inversiones desarrolladas utilizando esta metodología. Esta guía forma parte del El Plan BIM Perú, la cual establece las acciones y objetivos para que en los proyectos de inversión pública se implemente BIM de manera progresiva siguiendo con el marco de desarrollo del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones hacia el año 2030. De la Guía Nacional BIM se tomarán como referencia los términos y definiciones de los conceptos básicos de esta investigación.

Autodesk Inc (2020), BIM para Infraestructura, recuperado de <https://www.sonda-mco.com/productos/pdf/fy15-bim-for-infrastructure/>, describe esta metodología como un proceso inteligente basado en modelos 3D que otorga herramientas el desarrollo de planificación, diseño y otros procesos de una manera más eficiente, menciona además que la aplicación de BIM para la Infraestructura

se ha incrementado a gran velocidad los beneficios del modelado en 3D son reconocidos y valorados por quienes desarrollan servicios de ingeniería y por los propietarios.

Chanduvi, Jack (2020). *La Metodología BIM y la Gestión de Proyectos de construcción en la Provincia de Sullana* (tesis de posgrado). Universidad Cesar Vallejo, Perú, que tuvo como objetivo relacionar la Metodología BIM y la gestión de Proyectos de Construcción en la Provincia de Sullana, utilizó la metodología correlacional y realizó la recolección de datos con a través de encuestas utilizando un Cuestionario Metodología BIM y otro de Gestión de Proyectos los que fueron sometidos a pruebas de confiabilidad, utilizaron una población en 70 profesionales de diferentes consultoras de obras, obteniendo como resultado la verificación de la existencia de una relación significativa entre la metodología BIM y la gestión de proyectos de construcción en la Provincia de Sullana y para continuar son su desarrollo es necesario emplear nuevas tecnologías disponibles son necesarias en el proceso de diseño y construcción. Los criterios de la correlación evaluada se tomarán como referencia para el análisis de la influencia de las interferencias en los planos de diseño y su impacto en el cronograma de obra.

Murguía, D., Tapia, G., Collantes, J. (2017). *Primer Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao 2017*. Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, presenta en este artículo el análisis del uso de la metodología BIM y como se relaciona con el aumento de la calidad de los proyectos de obras civiles (edificaciones) en Lima y Callao, utilizando encuestas aplicadas en diferentes empresas locales de su área de estudio. Su línea de estudio fue del tipo teórico-práctico y obtuvo como resultado que la mayoría de encuestados

reconoce una mejoría en el impacto del uso de BIM en la calidad de la definición, información y alcance del proyecto, además un 40% de los encuestados indicó que el uso de las herramientas del BIM ha permitido reducir el plazo y un 50% indica que esta metodología permite reducir el costo durante la construcción. Este trabajo de investigación sirve como referencia para el análisis del dimensionamiento eficiente de la compra de materiales, suministro de equipos y la contratación de mano de obra utilizando las herramientas del BIM.

Moreno, R. (2017) *Implementación BIM en la etapa de Diseño* (tesis de grado) Universidad Tecnológica del Perú, Perú, desarrolla dentro de su trabajo de investigación la identificación de los instrumentos y oportunidades de mejora para el proceso de tradicional de diseño integrando el proceso de trabajo colaborativo entre especialidades y la metodología BIM, utilizó el programa REVIT para realizar el modelamiento integral del proyecto en 3D y de manera simultánea desarrolló el proyecto en 2D (metodología tradicional de elaboración de planos). El resultado de su investigación nos muestra que se detectaron más de 200 incompatibilidades en cada etapa de diseño que no fueron identificadas en los planos elaborados mediante el proceso tradicional, estas desviaciones en el diseño detectadas de manera oportuna a través del modelamiento 3D fueron cuantificadas en una suma económica significativa, por lo tanto se demuestra que aplicar una gestión BIM durante el desarrollo de un proyecto permite generar ahorros significativos, reducir el plazo de elaboración y evita retrasos durante la fase de construcción, de este trabajo de investigación se tomará como referencia el procesamiento de un proyecto en tres dimensiones con el programa REVIT.

Saavedra, A. (2017) Metodología BIM herramienta con potencial, *Construcción Minera (N°22)* (p.8 – p.14) menciona que el uso de la metodología BIM se inició en el sector minero mucho antes que esta tuviera un auge en el sector de la construcción dentro de las ciudades, “ debido a la magnitud y complejidad de los proyectos en minería, fue necesario utilizar hardwares y softwares de alto costo en ese periodo de tiempo, utilizar la metodología BIM al principio fue solo desarrollada en la etapa de diseño y era elaborada por grandes empresas de ingeniería extranjeras. El modelamiento hace posible la construcción tridimensional asociando al modelo 3D información paramétrica de elementos y componentes del proyecto tales como detalles de ingeniería, volumen, terminaciones, superficie, etcétera. En este artículo se hace mención que el uso de la metodología BIM en los proyectos mineros viene siendo implementada hace varios años atrás sin embargo aún no se ha logrado extender su uso a todos las empresas contratistas que brindan los servicios de construcción de las obras civiles y mecánicas. Este artículo sirve como referencia para analizar la realidad problemática de aplicar BIM durante el desarrollo y gestión de proyectos para las unidades mineras.

Farfán, Edwin y Chavil, Jorge (2016) *Análisis y Evaluación de la Implementación De La Metodología Bim En Empresas Peruanas* (tesis de grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, presentaron como objetivo de investigación determinar los impactos del BIM en los proyectos de construcción a través del análisis cualitativo y cuantitativo de los resultados de la implementación de esta metodología durante el proceso constructivo de una edificación en la ciudad de Lima, los resultados obtenidos en la investigación demostraron que se obtienen mejores resultados económicos después de implementar el BIM durante la etapa de la planificación de obra y plantean que los contratistas que ejecutan los

proyectos podrían notar la mejora del uso de esta metodología a través de la gestión de costos, la cual es una dimensión de esta metodología denominada como 5D.

Mora, B. (2020). *Detección de interferencias constructivas y cuantificación de materiales mediante el modelado en 3D. Caso: edificio de la Oficina de Ingeniería del TEC* (tesis de pregrado). Instituto Tecnológico Costa Rica, Costa Rica, tuvo como objetivo la implementación de la metodología BIM para cuantificar los costos de materiales de las interferencias detectadas en la edificación y para mostrar las ventajas del modelamiento en 3D con el programa REVIT, la metodología utilizada fue experimental - aplicada, este trabajo utilizó para tablas de control para recoger los datos de las interferencias obtenidas después de modelar los planos de arquitectura, estructuras y mecánicas de la edificación y para la cuantificación de los costos de estas utilizó el programa Excel. El proceso para la recolección de datos del programa REVIT servirá como referencia para la elaboración de los cuadros resumen del análisis de interferencias y detalles de materiales de cada una de ellas.

Estudios en América Latina respecto a la aplicación de esta metodología en empresas dedicadas al rubro de la construcción e ingeniería muestran los siguientes resultados:

V. Roig y S. Muñoz (2019). Estudio de macro adopción BIM en España. *Building Smart Spain*. Recuperado de <https://www.buildingsmart.es/>, describe que la implementación de BIM en España está siendo promovida por el sector privado, donde destacan algunas asociaciones como buildingSART Spain, los grupos de usuarios BIM entre otros. En Cataluña aun no existen directivas o reglamentos específicos que faciliten el uso de modelos de información, pero cuentan con la Ley

de Contratos del Sector Público 9/2017 que brinda algunos alcances respecto al uso de herramientas BIM y el Gobierno de Cataluña tiene algunos acuerdos para ejecutar obras y proyectos de presupuesto mínimo donde el uso del BIM es obligatorio. En este artículo se menciona que los profesionales y organizaciones tienen acceso a los softwares que utiliza el BIM para su desarrollo pero que para muchas empresas el costo inicial de la implementación genera una barrera que impide su desarrollo.

C. Briones & C. Soto (2017). La enseñanza de BIM en Chile, el desafío de un cambio de enfoque centrado en la metodología por sobre la tecnología, Conference: XXI Congreso Internacional de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, Blucher Design Proceedings, 3(12), 1-8. doi: 10.5151/sigradi2017-068, menciona que en base a la revisión de las encuestas y estudios desarrollados en Chile en los último años, que demuestran que no ha habido un incremento importante en la adopción y uso de BIM por parte de la industria, sería muy beneficioso para el país la definición de un marco que trace una estrategia nacional de enseñanza de BIM. Este artículo indica que el estudio de los beneficios de estas nuevas tecnologías se pueden centrar dos aspectos, por una parte, impulsar la promoción de los métodos de aprendizaje para ejecutar un trabajo colaborativo, cual es el nuevo paradigma que trae BIM para la industria de la ingeniería y construcción, y por otro lado determinar cuáles son los aspectos del BIM que deben ser asumidas a lo largo de todo el proceso de desarrollo y operación de un proyecto.

Jobim, C., Stumpf, M., Edelweiss, R. y Kern, A. (2017). Análisis de la implantación de tecnología BIM en oficinas de proyecto y construcción en la ciudad de Porto Alegre - Brasil 2015, *Ingeniería de Construcción* 32(3), 185-194, realizó el

estudio del proceso de implantación de BIM en cinco oficinas de proyecto y construcción. Las empresas analizadas estaban ubicadas en Porto Alegre, São Leopoldo y Novo Hamburgo, ciudades ubicadas en el sur de Brasil. Estas compañías estaban especializadas en el rubro de proyectos de arquitectura y las otras desarrollan proyectos de construcción de edificaciones. Los profesionales entrevistados fueron evaluados en su desempeño dentro de las oficinas durante el desarrollo de sus labores bajo la metodología tradicional y después de usar BIM en sus actividades, este estudio obtuvo como resultado, que las existían restricciones en los procesos de implantación de BIM las cuales se debían a problemas con la adaptación del uso del programa REVIT en la etapa de creación de un proyecto, la mayor incidencia se tuvo debido al desconocimiento del uso de los softwares del BIM en algunos de los miembros de algunos equipos. La mayoría de los entrevistados solo realizaba diseño en CAD 2D, donde solo los dibujos tienen un fin ilustrativo y no integran otras variables como relevancia, secuencia ejecutiva u otros aspectos que intervienen durante la construcción. El modelamiento en 3D eficiente requiere que los involucrados conozcan de manera detallada como se ejecutan las actividades en obra, las características de los materiales y el planeamiento de la construcción.

Este último caso de estudio nos permite entender que si bien es cierto la metodología BIM presenta muchas ventajas al ser implementada desde el inicio del ciclo de vida de un proyecto, los profesionales que se encargan de elaborar el Modelo en 3D deben tener los conocimientos necesarios para poder elaborar a detalle la ingeniería y además deben poseer conocimientos de los procesos constructivos para tomar las previsiones necesarias para la etapa de la planificación

y durante la construcción, por lo tanto la capacitación de los profesionales es un factor indispensable para que esta metodología sea efectiva.

### Visualización

Respecto el modelamiento 3D con un software y el Modelo BIM se debe tener en que son conceptos diferentes.

*“La plataforma BIM no tiene solo la función de modelaje en tres dimensiones (3D). Es una la nueva filosofía de trabajo que reúne los profesionales del sector de la construcción civil, a fin de elaborar un modelo virtual integrado, el cual genera un banco de datos que sirve de referencia y subsidio para presupuestos, simulación de eficiencia energética, cronograma de las actividades, entre otros”* (Menezes, 2011,p.45).

Es decir, BIM utiliza diversos *softwares* de modelaje 3D y otros programas que facilitan el planeamiento eficiente de un proyecto. Los programas de modelamiento en 3D empleados de manera independiente solo nos permiten modelar objetos tridimensionales en cambio si estos se complementan con otros programas que brindan otros aportes al proceso de planificación se convierten automáticamente en una gestión de proyectos enmarcada bajo la metodología BIM. La ventaja principal de esta metodología de trabajo es que al tener todos los aspectos del proyecto sincronizados nos permite realizar cambios en tiempo real y es posible clasificar los materiales que intervendrán y cuantificarlos, lo cual se resume en presupuestos con menor riesgo de omisiones respecto al uso de una metodología de planeamiento tradicional. Estos softwares como el Revit, Navisworks, Visicon y otros que existen ahora en el mercado permiten visualizar

con mayor detalle las características específicas de los componentes de cada estructura y como funcionarán en conjunto.

### Dimensiones del BIM y la Ingeniería de Detalle

Los niveles de madurez y desarrollo de BIM han sido ampliamente discutidos por distintos autores, Kassem y otros (2014), Succar (2009), sugieren las siguientes dimensiones del BIM:

El “Nivel 1” En este nivel incluye las prácticas iniciales para la gestión de diseño, es decir se implementa la transición de los datos o sistemas generados en los planos constructivos en CAD a nivel de 2D.

El “Nivel 2” Incluye el uso de herramientas 3D del BIM en cada una de las disciplinas del proyecto y se inicia con el trabajo colaborativo entre ellas.

El “Nivel 3” En este nivel se procede con la unión o integración de los datos de todas las especialidades en un único modelo el cual será utilizados por todas las partes para realizar el seguimiento durante la fase constructiva.

El “Nivel 4” hace referencia a la planificación de tiempos y actividades, si conseguimos vincular los elementos 3D de nuestro modelo BIM con un plan de ejecución, podremos hacer simulaciones de construcción, consultar interferencias entre los elementos, e incluso analizar alternativas de forma mucho más visual y práctica.

EL “Nivel 5” incluye la estimación de costes y presupuestos de los proyectos, los cuales se obtienen del procesamiento del modelo 3D, según el tipo de software que se utilice se pueden obtener los metrados y detalles de cantidades de equipos o materiales del proyecto.

El “Nivel 6” se relaciona a la energía y sostenibilidad de un proyecto, esta dimensión, todavía hoy, en desarrollo, a falta de una normativa o procesos globales y estandarizados, este nivel de información en nuestro modelo en 3D permite ejecutar simulaciones energéticas y productividad de los edificios u otras obras de construcción, con el objetivo de prever su comportamiento durante todo el ciclo de vida.

El “Nivel 7” comprende el mantenimiento y gestión del producto final. Aquí entran en juego todos los equipos mecánicos del sistema construido (equipamiento mecánico, eléctrico, instrumentación) y los protocolos de operación y de mantenimiento, tanto preventivos como correctivos, que deben llevarse a cabo durante toda la vida útil.

De Juan Cuartero, J. (2018). *Las Siete Dimensiones del BIM la metodología que cambiará la construcción en América Latina*. Recuperado de <https://gestion.pe/>, menciona que *“la incorporación de la dimensión temporal al proceso de diseño, la gestión y mantenimiento durante los períodos de ciclo de vida de las infraestructuras, permiten la optimización de las fases de diseño, construcción y mantenimiento en todas sus vertientes, además contribuyen con la generación de acciones de cooperación en cada una de las etapas de un proyecto”*. Lo mencionado anteriormente refuerza el concepto de BIM como herramienta de planificación y gestión optimizada en los proyectos de construcción de infraestructura y otras obras civiles.

Vico Software insertó el concepto “Level of Detail” (LoD), que desarrolló funciones en el campo de la cuantificación de metrados y presupuestos usando el Building Information Modeling (BIM). El nivel de detalle al cual lleguemos con

el desarrollo de nuestro modelamiento nos permitirá obtener mayor cantidad de información, con lo cual la planificación de un proyecto puede ser más preciso.

Este trabajo de investigación desarrolla el modelamiento del sistema de colección en 3D y se tendrá un nivel de detalle LOD 300, es decir los elementos incluirán sus características físicas y medidas .

#### BIM en el diseño por especialidades

Cuando existen defectos en la concepción del diseño de ingeniería de un proyecto específico su impacto cuando este pasa a la fase constructiva en muchas de las ocasiones genera problemas de calidad en los productos entregados, generando así en campo productos no conformes (Non-conformity report) además de costos y plazos mayores a los proyectados en el expediente de ejecución.

#### Aplicación del BIM en la construcción y su impacto en presupuesto

Elevar la productividad y la eficiencia es fundamental para las empresas que buscan prosperar en la próxima década, y las tecnologías anteriores han demostrado ser herramientas vitales para promover ambas. Pero también han inspirado nuevas prácticas que están siendo adoptadas por empresas de construcción más grandes, lo que hace que su impacto sea aún mayor, al permitir la creación de modelos tridimensionales complejos, las herramientas BIM han dado a las empresas de construcción la capacidad de planificar sus proyectos desde los procesos más complejos hasta los básicos. (Porrás-Díaz, Hernán, 2015).

Como se había mencionado anteriormente, el BIM permite la comprobación automática de interferencias de diseño, coordinación entre cada componente del proyecto, compatibilidad de planos de ingeniería, integración en un solo modelo de

análisis y el apoyo a la producción planificada para la ejecución. (Mohamed y Mohamed, 2014; Chen, Li, Tangirala, Shirole y Sweeney, 2006).

El cálculo del costo de un proyecto, la cual en el mercado de la construcción se conoce como “cálculo del presupuesto”, incluyen la mano de obra, herramientas, materiales y entre otros datos indicados en los alcances preliminares del expediente técnico de un proyecto (Mohamed y Mohamed, 2014; Sattineni y Bradford, 2011).

*“Los presupuestos se emplean en casi cualquier organización y los gerentes de proyectos generalmente se encuentran interesados en controlarlos y gestionarlos para reducir costos y maximizar las utilidades”* (Hitt, Stewart y Porter, 2006; Barlish y Sullivan, 2012).

#### Detección de problemas de Diseño

La adopción del modelo tradicional el cual está compuesto por el Diseño, Licitación y Construcción, omite muchas veces el análisis detallado de del diseño de ingeniería de las especialidades que intervienen en un proyecto pues cada una de ellas se elabora de manera independiente, es decir que existe una escasa interacción y comunicación entre los diseñadores.

Esta forma de trabajo continúa vigente en muchas empresas y en profesionales que se dedican al diseño de ingeniería y genera que cuando se llevan los planos elaborados en gabinete a campo se detecten en el sitio diseños con errores y en algunos casos con información incompleta lo cual puede ocasionar desperdicios de insumos y sobre todo de tiempo lo cual se refleja como mayores gastos en el presupuesto de ejecución (James Koch, 2010).

#### Control de materiales

Ante lo indicado, el control de los insumos que se emplearán para la construcción debe ser riguroso para que se eviten sobredimensionamientos en las compras o la gestión de compras de insumos que no se requieren para el proyecto.

Las herramientas del BIM ayudan a identificar los materiales que se utilizarán en el proyecto los cuales deben ser detallados de manera minuciosa, teniendo como referencia las especificaciones técnicas indicadas en el expediente de diseño contractual monitoreando la calidad de éstos y actualizando el modelo integral cuando exista algún cambio en los materiales usados. El programa Revit por ejemplo permite obtener reportes de metrados de los insumos del mismo tipo que son creados como “familias”.

Es decisión de la empresa que utiliza la metodología BIM definir el nivel de detalle el cual desarrollará su modelo 3D y es responsabilidad de los profesionales que realizan el modelado introducir de manera correcta las características, longitudes y demás detalles del proyecto para que la información que se obtenga como resultado sea real y brinde datos precisos para la planificación eficiente en la etapa de construcción.

### **III. METODOLOGÍA:**

#### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación de este trabajo de investigación es aplicada pues se confronta la teoría con la realidad ya que se utilizarán herramientas tecnológicas para la solución de incompatibilidades en los planos de diseño del sistema de colección del pad de lixiviación de la unidad minera Pucamarca – Tacna.

Este trabajo de investigación se encuentra dentro del enfoque cuantitativo, es decir, utiliza el análisis estadístico e inferencial para realizar la comprobación de la hipótesis generando tablas y gráficos de los resultados obtenidos Hernández, Fernández y Baptista, (2014), este método de estudio permitió precisar las variables y las dimensiones de los indicadores.

#### **Diseño de la investigación**

Hernández, R. (2014) Metodología de la Investigación. D.F, México: Editorial McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A, indica que *“la investigación no experimental está integrada por un conjunto de actividades metódicas y técnicas que se realizan para recabar la información y datos necesarios sobre el tema a investigar y el problema a resolver”*.

Esta investigación es de tipo no experimental de corte transversal, pues se analizará como la metodología BIM (variable dependiente) optimiza el planeamiento el diseño de un sistema de colección de solución rica de un pad de lixiviación (variable independiente).

### 3.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente: Metodología BIM

**Descripción conceptual:** *“BIM es el uso de una representación digital compartida de un activo construido, para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, con la finalidad de contar con una base confiable para la toma de decisiones”* (Instituto Nacional de Calidad, 2021, pág. 8). El modelo final integra toda la información recolectada del expediente técnico el cual incluye los detalles constructivos (planos), metrados de cantidades y presupuesto.

**Descripción operacional:** Utilizando BIM se busca la participación de los profesionales que participan en la elaboración de la ingeniería de diseño y construcción de un proyecto para garantizar la satisfacción del cliente.

Variable Dependiente: Diseño del sistema de colección

**Descripción conceptual:** El diseño es una actividad que sigue una secuencia para su desarrollo y tiene como finalidad cubrir una necesidad específica. El diseño inicia desde la identificación de la necesidad hasta la entrega final del producto desarrollado.

**Descripción operacional:** La planificación de los recursos e insumos es posible al tener un diseño de ingeniería bien definido, éstos deben garantizar que la ejecución del proyecto se realice dentro del cronograma de obra y costos presupuestados.

En el Anexo N° 01 se incluye la matriz de Operacionalización de las variables.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1. Población**

Para esta investigación se tomará como población al proyecto integral de ingeniería del PAD Fase 3A de la Unidad Minera Pucamarca – Tacna elaborado por la empresa Anddes Asociados S.A.

#### **3.3.2. Muestra**

La muestra está conformada por el presupuesto y planos de ejecución del sistema de colección de solución rica del PAD Fase 3A - Unidad Minera Pucamarca – Tacna.

#### **3.3.3. Muestreo**

El tipo de muestreo no probabilístico ha sido empleado para este trabajo de investigación, es decir no se utilizó ningún método para la elección de la muestra, solo se consideraron los problemas y características generales del diseño de ingeniería que se analizará.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas**

Para la recopilación de información se tomará como referencia la documentación contenida en el expediente técnico de ejecución del PAD Fase 3A de la Unidad Minera Pucamarca elaborado por la empresa Anddes Asociados SAC para luego modelar los planos de diseño con el software REVIT.

Recopilación de datos de trabajos de investigación previos

Se utilizarán estudios realizados anteriormente por otros investigadores para tomar en cuenta los criterios de evaluación y tratamiento de las interferencias durante el procesamiento del modelo 3D.

## **Instrumentos de recolección de datos**

Se utilizarán los siguientes instrumentos:

Fichas de Registro de Interferencias

Las fichas de control de interferencias serán elaboradas para registrar el número de interferencias detectadas en el diseño del sistema de colección, su ubicación y especialidad a la cual pertenecen.

Estas fichas de control nos permitirán llegar a cumplir con los objetivos propuestos en esta investigación pues contendrán la información de manera ordenada y resumida para el análisis de las soluciones que se adoptarán.

Validez del contenido

La validez de este trabajo de investigación se determinará antes de aplicar el instrumento, el cual será evaluado por 03 profesionales que han aplicado la metodología BIM en proyectos de ingeniería y que actualmente se desempeñan como BIM MANAGEMENT en diferentes empresas nacionales.

**Tabla 1: índices de Validez del instrumento**

0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Válida
0.66 a 0.71	Muy Válida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Valida perfecta

Fuente: Ybañez, 2018

### **3.5. Procedimientos**

Este trabajo se desarrollará en 7 etapas:

a) Se procederá a unir las superficie topográfica de nivelación y el trazo de las redes del sistema de colección en el programa REVIT para su visualización el modelamiento de los planos de ingeniería de diseño inicial del PAD Fase 3A.

b) Se realizará la detección de interferencias de manera visual en el programa Navisworks Manage 2020 entre cada una de las especialidades, empleando tablas de control para cada una de ellas ( Ver Anexo 8.5 y 8.6).

c) Evaluar cada una de las interferencias para estimar su impacto en la elaboración del presupuesto del proyecto, empleando el programa Excel.

d) Realizar la subsanación de las interferencias en el programa REVIT.

e) Se procederá a obtener los nuevos metrados de las partidas para actualizar el presupuesto de obra en el programa Excel.

f) Actualización del cronograma de obra basado en el programa Primavera.

g) Proyectar el diseño optimizado del sistema de colección de PAD Fase 3A en el programa REVIT.

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

Los datos obtenidos de manera cuantitativa serán evaluados a través de la estadística inferencial, con la finalidad de que la confiabilidad de los datos recogidos no sea afectada en los parámetros de estudio durante el desarrollo de la investigación.

### **3.7. Aspectos éticos**

Se respetará los derechos de autoría de la información obtenida de trabajos previos y artículos de investigación de otros autores, atribuyendo lo créditos correspondientes a cada autor, procesando la información con las herramientas citadas anteriormente y respetando los resultados obtenidos.

La investigación se realizará respetando las normas vigentes respecto al desarrollo de trabajos de investigación indicadas en las políticas de la Escuela de Posgrado de la Universidad César Vallejo.

## **IV. RESULTADOS:**

Para aplicar la metodología BIM en el diseño del sistema de colección de solución rica del PAD Fase 3A de la Unidad Minera Pucamarca, se procedió con el modelamiento de la superficie de fundación del pad sobre el cual se apoya el sistema de colección con la finalidad de obtener un modelo en 3D que permita visualizar las incompatibilidades de diseño entre especialidades y/o errores en el diseño inicial del expediente técnico.

### **4.1. DISEÑO DE CADA ESPECIALIDAD**

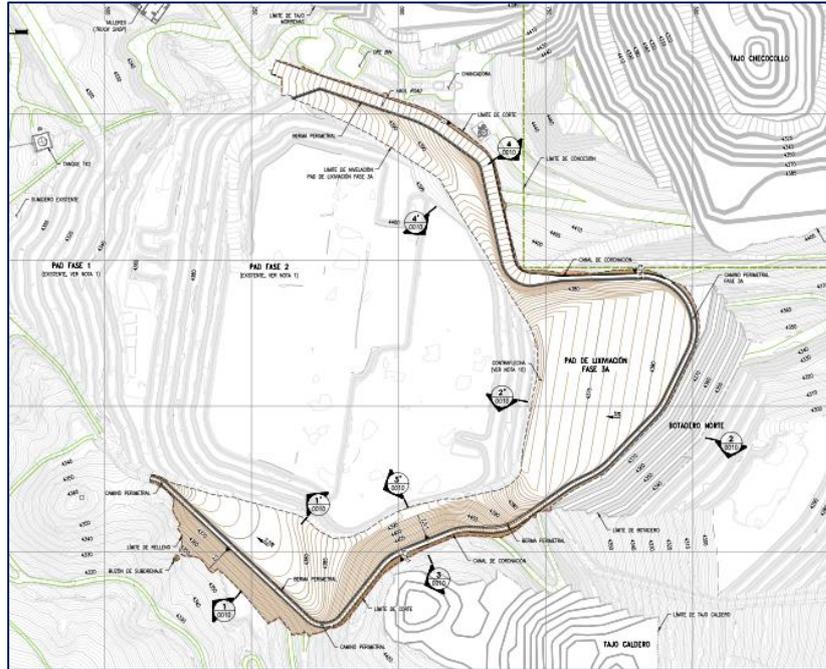
Para cumplir con el objetivo específico 1 indicado en la matriz de consistencia, se procedió con el modelamiento de todas las especialidades que intervienen en el diseño del sistema de colección del PAD Fase 3A de la unidad minera Pucamarca, como se describe a continuación:

#### **4.1.1. Modelo 3D – Topografía**

La superficie topográfica fue modelada utilizando el programa Autodesk REVIT 2021, la información fue obtenida de los planos de nivelación de la superficie de fundación del PAD Fase 3A.

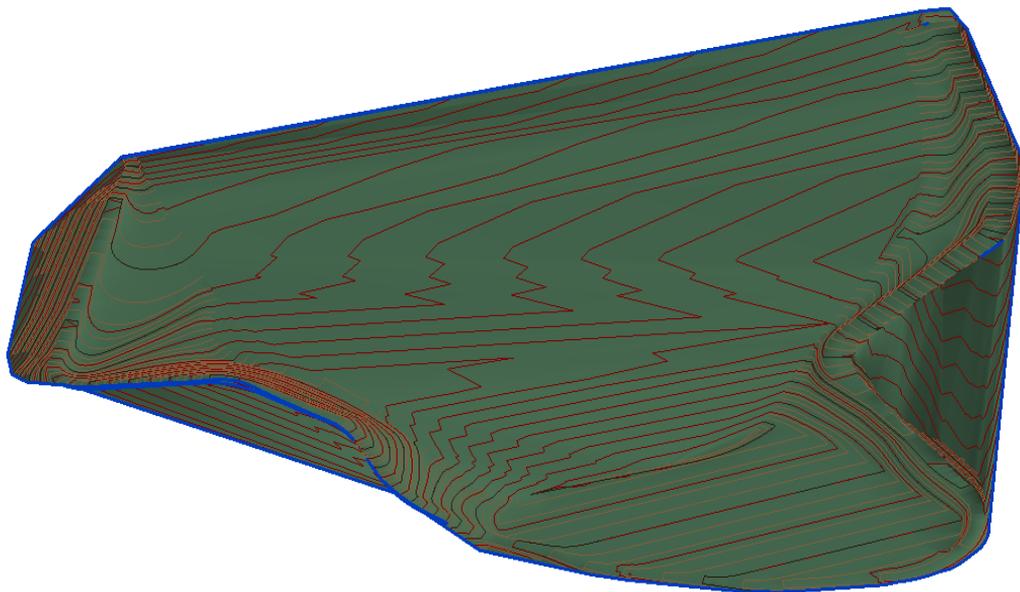
El modelo topográfico está conformado por las curvas de nivel, las cuales han sido georreferenciadas de acuerdo con las coordenadas de ubicación de PAD indicadas en el expediente técnico contractual.

La fundación del PAD está conformada por una capa de 0.30m de espesor de un material denominado SOIL LINER, el cual es un material arcilloso de baja impermeabilidad que impide la penetración de la solución de cianuro al terreno de fundación en caso se genere alguna rotura en el sistema de colección o en la geomembrana de protección de la superficie.



**Figura 2: Topografía de nivelación – Fase 3A**

Fuente: Expediente Técnico - Minsur



**Figura 1: Modelamiento 3D de superficie de nivelación – Fase 3A**

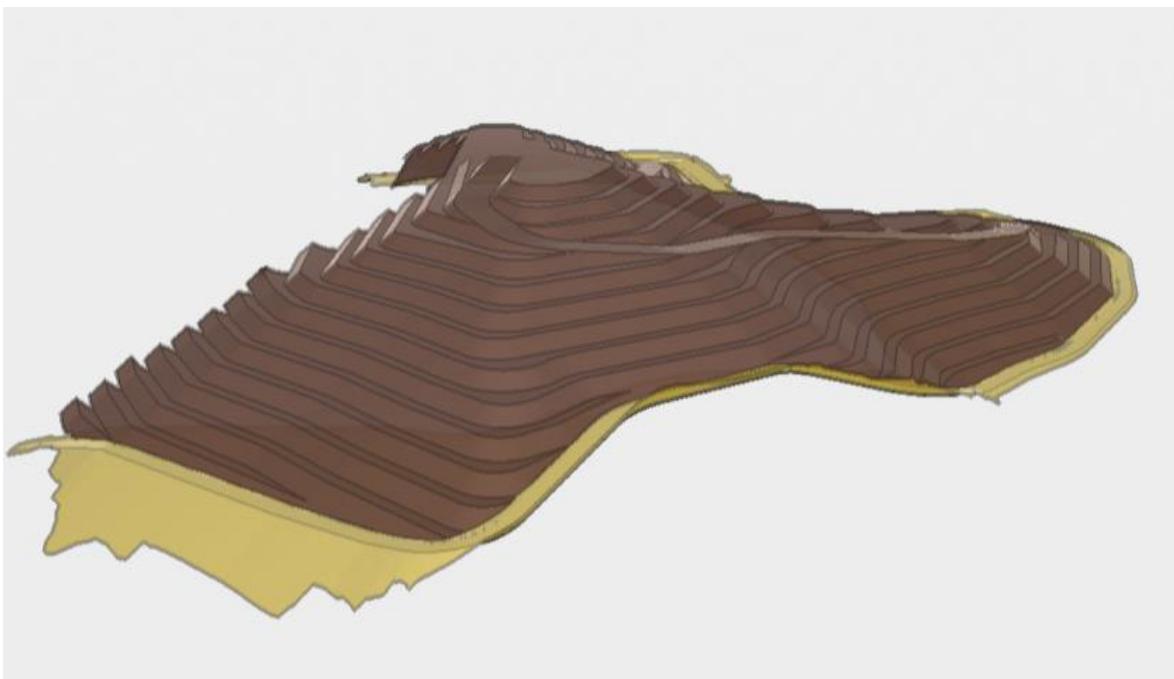
Fuente: Elaboración Propia

La capacidad de apilamiento de la Fase 3A del PAD es de 19.72 millones de toneladas de mineral con una altura máxima de acopio de 96.00 m.

**Tabla 2: Características del Pad de Lixiviación**

Etapas del Pad de Lixiviación	Área (ha)	Capacidad (Millones de toneladas, Mt)	Altura máxima (m)	Cota final (msnm)
<b>Pad Aprobado</b>				
Pad Fase 1	19.4	6.98	53	4356
Pad Fase 2A	13.8	7.30	55	4388
Pad Fase 2B	20.9	20.70	110	4468
<b>Subtotal</b>	<b>54.1</b>	<b>34.98</b>	-	
<b>Modificación de Pad Propuesto</b>				
Pad Fase 3A	7.57	19.72	96	4484

Fuente: Tabla 3.14 – Estudio de Impacto Ambiental – MINSUR

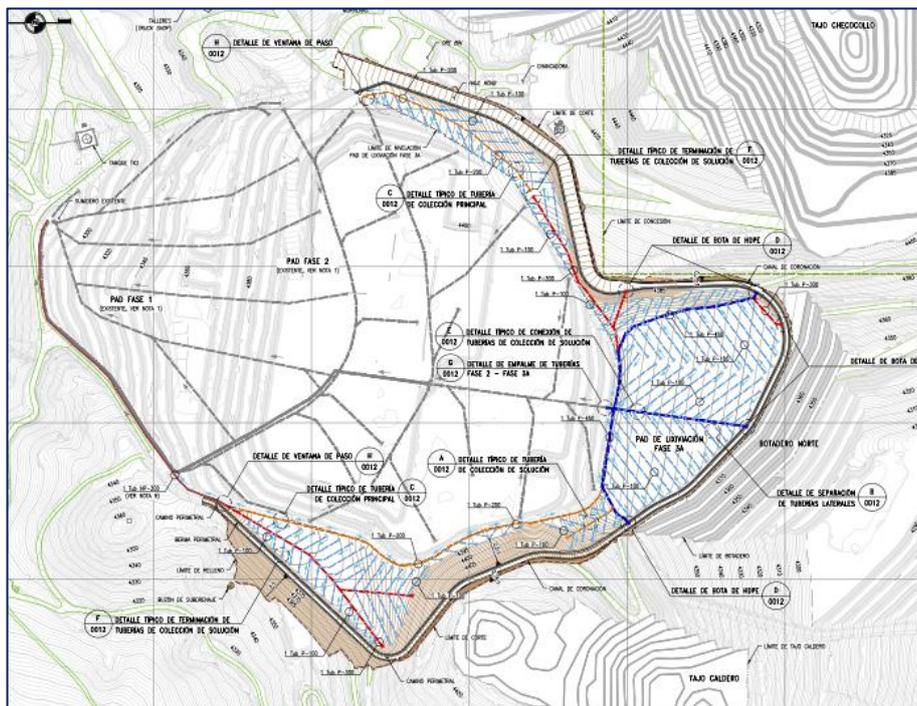


**Figura 3: Modelamiento de Apilamiento proyectado – Pad Fase 3A**

Fuente: Elaboración propia

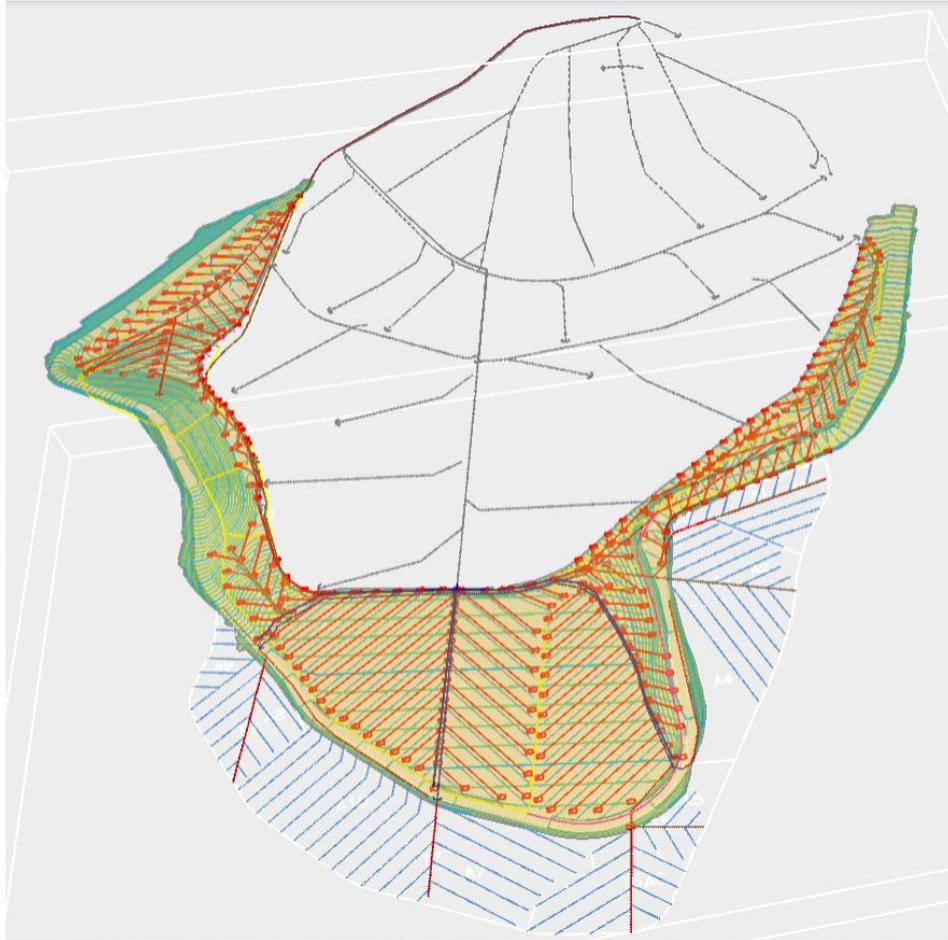
#### 4.1.2. Modelo 3D – Sistema de Colección

El sistema de colección del Pad está conformado por tuberías de HPDE de pared doble perforada de 450 mm ( $\varnothing$  15") y tuberías de pared doble no perforadas de 300 mm ( $\varnothing$  10"), 200 mm ( $\varnothing$  6") y 100 mm ( $\varnothing$  3"), las cuales se conectan con accesorios tipo YEE y coplas partidas del mismo material.



**Figura 4 : Sistema de Colección de Solución Rica – Pad Fase 3A**

Fuente: Expediente Técnico - Minsur



**Figura 5 : Modelamiento Sistema de Colección – Pad Fase 3A**

Fuente: Elaboración propia

El sistema de colección tiene como función canalizar la solución rica obtenida del proceso de lixiviación de las pilas de material acopiado en banquetas en el pad, el cual es obtenido previamente de los tajos de extracción de mineral.

La lixiviación se realiza a través del riego por goteo o aspersores para verter la solución ácida (cianuro o similar) en la superficie de las pilas del pad, esta solución disuelve el cobre contenido en los minerales oxidados, formando así una solución que es recogida por el sistema de colección y llevada fuera del sector de la pila hasta la plantas de procesos donde inicia la obtención de los metales con valor económico.

## **4.2. IDENTIFICACIÓN DE INTERFERENCIAS**

Respecto al objetivo específico 2 de la matriz de consistencia, para identificar las interferencias en el diseño inicial del PAD, se procedió a realizar la verificación con el programa Navisworks Manage 2021, a continuación, se describen los resultados obtenidos:

### **4.2.1. Resultados de Interferencias con Navisworks Manage 2021**

Para la detección de interferencias en los planos de diseño del sistema de colección se utilizó el programa Navisworks Manage 2021 la cual es otra herramienta del BIM durante la fase de diseño y construcción de un proyecto de construcción.

Con los modelos en 3D de la superficie de nivelación y el sistema de colección del pad finalizados, se procede a exportar los archivos digitales del programa Autodesk Revit al programa de análisis Navisworks Manage.

Este programa cuenta con la opción denominada "Clash Detection" el cual detecta interferencias entre las diferentes especialidades, permitiendo visualizar y posteriormente resolverlas en el diseño 2D.

El programa Navisworks Manage es de mucha ayuda para la visualización de los puntos donde se identifican las interferencias y/o incompatibilidades, por lo tanto, cuando se realiza el modelamiento en 3D debemos asegurar que todas las especializadas han sido dibujadas correctamente para evitar obtener datos con errores que podrían afectar la revisión del modelo integral de un proyecto.

Para este proyecto de investigación, se realizó la verificación detallada de la ubicación de todos los accesorios y las tuberías respetando las coordenadas y cotas de los planos contenidos en el expediente técnico contractual.

El programa Navisworks Manage nos muestra una tabla que identifica el número de interferencias y/o incompatibilidades, su ubicación y especialidad a la que pertenecen.

Los resultados del análisis de interferencias se detallan a continuación:

**Tabla 3: Tipo de Incompatibilidad**

Item	TIPO DE INCOMPATIBILIDAD	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Intereferencia en la misma especialidad	134	Las tuberías de colección no se conectan a la tubería matriz
3	Error en el diseño	6	Errores de dibujo en los planos de diseño
4	Error en los metrados de partidas contractuales	2	Variación en las cantidades estimadas en las partidas de topografía y las tuberías del sistema de colección
	<b>TOTAL</b>	<b>142</b>	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 4: Nivel de severidad de las Incompatibilidades**

IMPACTO	DESCRIPCIÓN
GRAVE	Información con errores que generan un impacto negativo en las partidas que forman parte de la ruta crítica del proyecto.
MODERADO	Información con errores que generan retrabajos y/o tiempos de espera hasta que el diseñador absuelva las desviaciones encontradas.
LEVE	Errores en la información que pueden ser solucionados durante el proceso constructivo sin afectar los metrados, costos y tiempo de ejecución del proyecto.

Fuente: Elaboración Propia

Se ha procedido a clasificar las desviaciones de los planos de diseño encontradas de acuerdo con el nivel de severidad respecto al presupuesto y cronograma de obra:

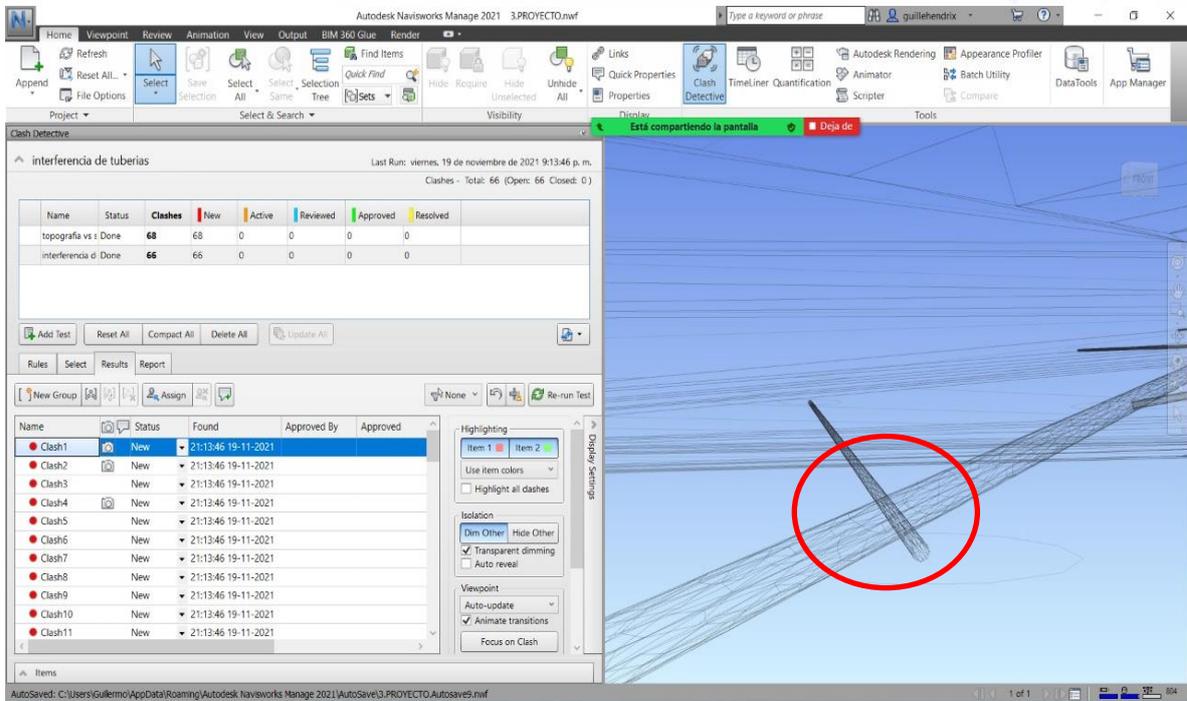


Figura 6 : Detección de cruce entre tuberías colectoras

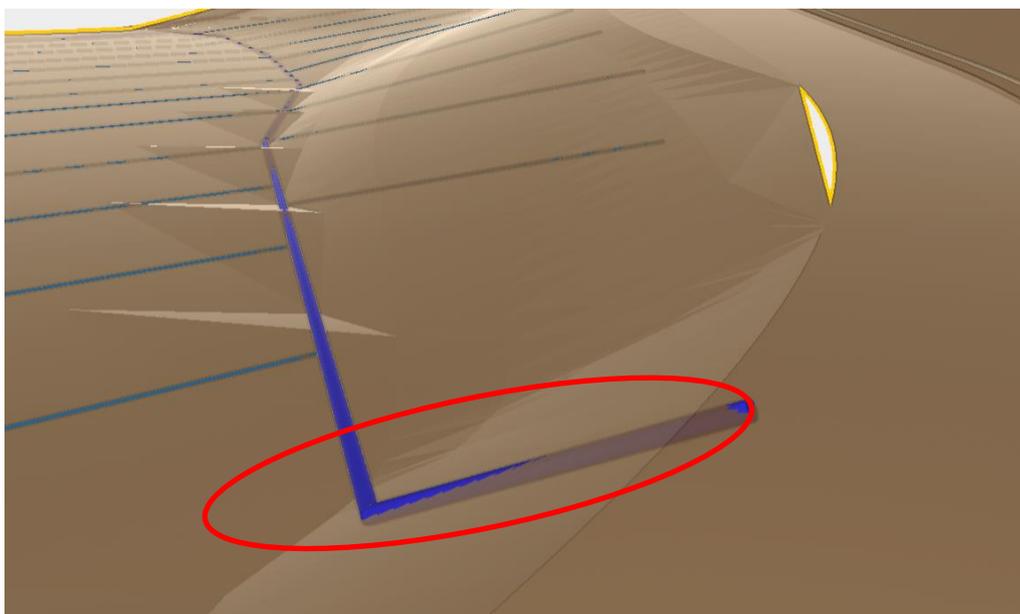
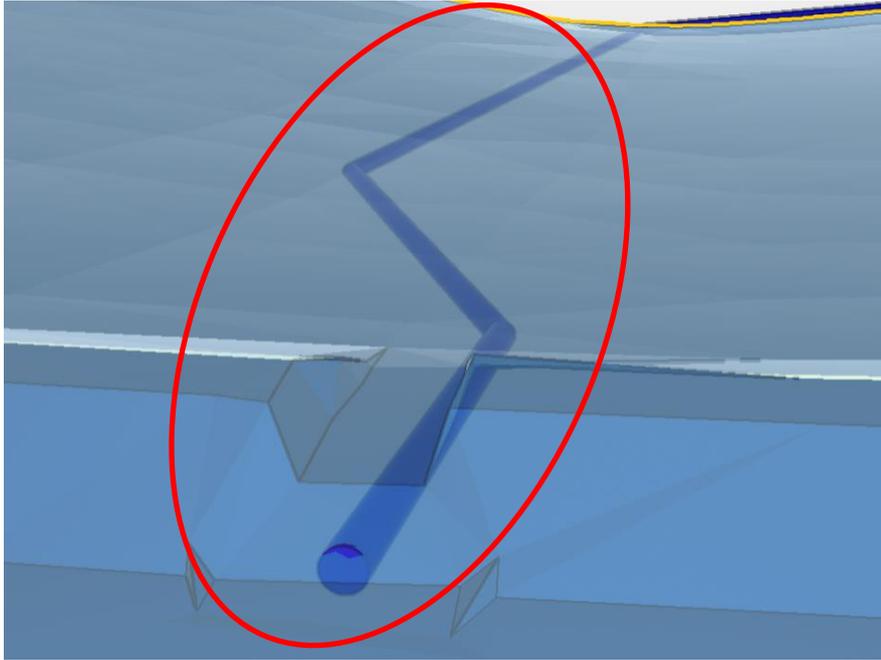


Figura 7: Detección de interferencia entre nivel de superficie y tubería colectoras



**Figura 8: Nivel de tubería de ingreso por debajo del nivel de la superficie de apoyo**



**Figura 9: Tubería diseñada fuera del área de proyección de construcción de la Fase 3A**

#### 4.2.2. Clasificación de las Interferencias

Las interferencias y/o inconsistencias encontradas se resumen el siguiente

gráfico:

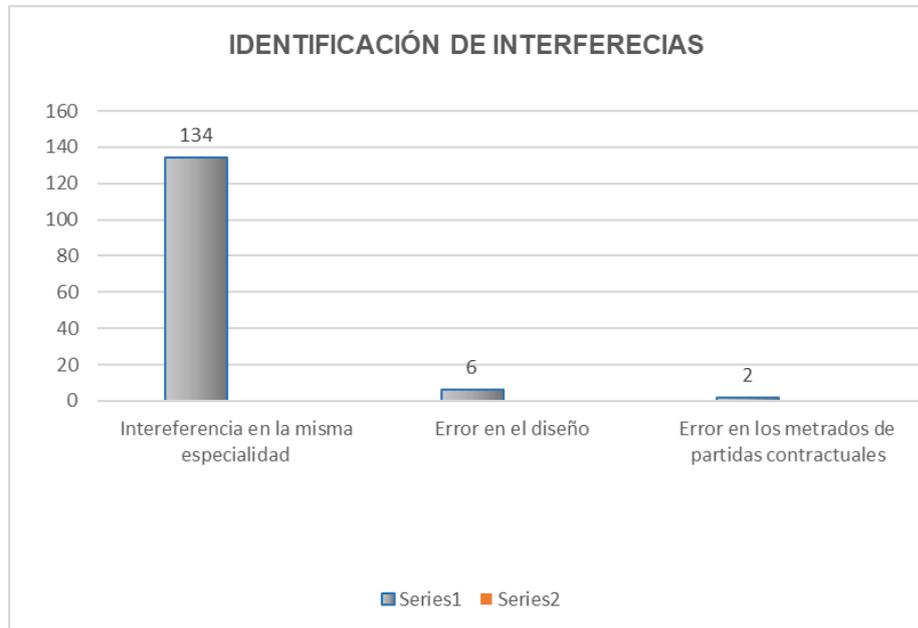
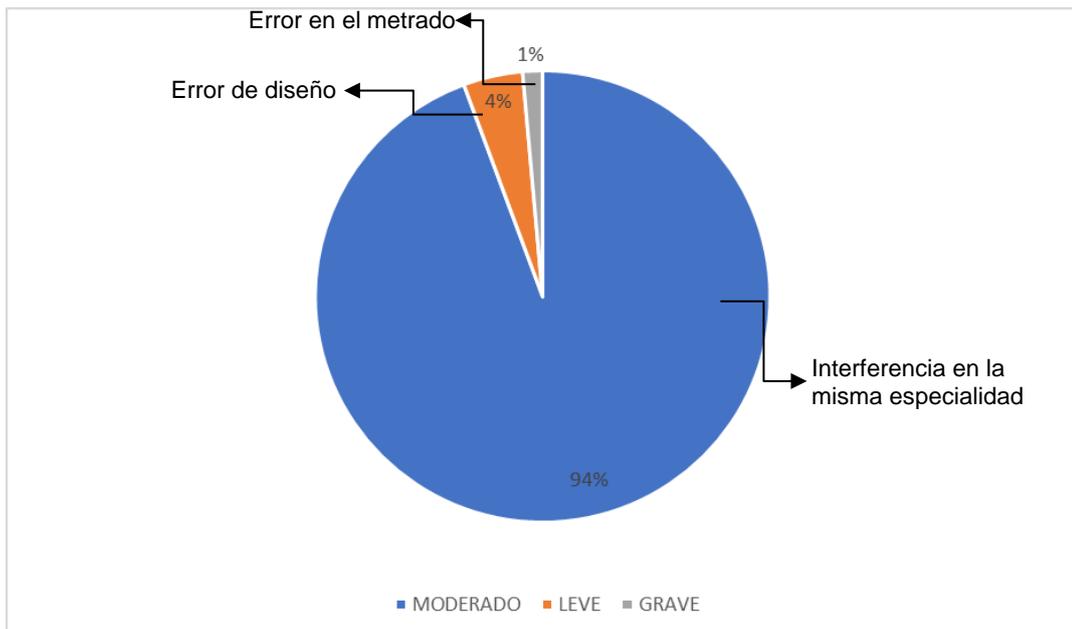


Gráfico 1 : Gráfico de Barras de resultados de identificación de interferencias

Según el tipo de impacto en el presupuesto y/o cronograma de obra:

Gráfico 2 : Gráfico de identificación de incidencia de las interferencias según su impacto



En el **Gráfico 2** podemos observar que el 94% de las interferencias detectadas con el programa Navisworks son de severidad moderada, el 4% severidad leve y 1% severidad grave, lo que nos indica que la mayor cantidad de errores se encuentran a en el diseño de la especialidad de topografía y del sistema de colección de la solución rica del Pad.

#### 4.2.3. Estimación del costo de las Interferencias

El objetivo específico 3 referido al cálculo de los metrados de las interferencias detectadas, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 5: Metrados – Movimiento de Tierras**

Área de superficie Real (m²)	Área de superficie Proyectada (m²)	Espesor de Capa (m)	Volumen de Superficie Real (m3)	Volumen de material Proyectado (m3)	Volumen de Material Adicional (m3)
176914.6092	151,410.00	0.30	53074.38276	49,973.00	<b>3,101.38</b>

		<b>COSTOS Y PRESUPUESTOS</b> Estimado de Cantidades			PU-022-03-S002-0000-18-52-0001 Revisión : A	
SIG AND		10-AND-03-FOR-0101 / RA / 27-05-15				
Proyecto	Actualización Ingeniería de Detalle Fase 3A y 3B	Código de Proyecto	1116.10.17			
Cliente	Minsur	Unidad Minera	Pucamarca			
<b>01.02.06</b>	<b>REVESTIMIENTO</b>					
<b>01.02.06.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.02.06.01.01	Procesamiento, transporte y compactación de suelo de baja permeabilidad, e=300 mm, D=1,4 km	m3	45,430.00	10%	49,973.00	
01.02.06.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de suelo de baja permeabilidad en bermas perimetrales d, e=300 mm, D=1,4 km	m3	6,100.00	10%	6,710.00	
01.02.06.01.03	Excavación y relleno con suelo de baja permeabilidad en zanja de anclaje, D=1,40 km	m3	670.00	10%	737.00	
<b>01.02.06.02</b>	<b>GEOSINTÉTICOS</b>					
01.02.06.02.01	Suministro e instalación de geomembrana LLDPE SST de 2 mm	m2	170,200.00	10%	187,220.00	

**Tabla 6: Metrados del Revestimiento**

Área de superficie Real (m²)	Área de superficie Proyectada (m²)	Área de anclaje (m²)	Área Real - Instalación de Geomembrana (m²)	Área Proyectada - Instalación de Geomembrana (m²)	Área Adicional de Geomembrana (m2)
176914.6092	178,710.00	18718.00	195632.61	178,710.00	16,922.61

Anddes		COSTOS Y PRESUPUESTOS		Estimado de Costos - Capex		
SIG AND						
Item	Descripción	Unidad	Cantidad Total	Precio Unitario (US\$)	Precio Parcial (US\$)	Sub Total (US\$)
<b>PAD DE LIXIVIACIÓN FASE 3A</b>						
03	OBRAS CIVILES					1,543,109.27
03.05	REVESTIMIENTO					1,430,159.94
03.05.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
03.05.01.01	Procesamiento, transporte y compactación de suelo de baja permeabilidad, e=300 mm, D=1 km	m3	49,973.00	17.52	875,526.96	
03.05.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de suelo de baja permeabilidad en bermas perimetrales, D=1 km	m3	6,710.00	18.56	124,537.60	
03.05.01.03	Excavación y relleno con suelo de baja permeabilidad en zanja de anclaje, D=2.00 km	m3	737.00	23.44	17,275.28	
03.05.02	GEOSINTÉTICOS					
03.05.02.01	Instalación de geomembrana LLDPE SST de 2 mm	m2	178,710.00	2.31	412,820.10	

03.06.01						
03.06.01.01	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de φ450 mm	m	812.70	10.49	8,525.22	
03.06.01.02	Instalac				6,410.44	
03.06.01.03	Instalac				9,516.53	
03.06.01.04	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de φ200 mm	m	1,102.50	10.49	11,565.23	

**Tabla 7: Metrados de las Tuberías HDPE**

	Tubería de HDPE de pared doble perforada de φ450 mm	Tubería de HDPE de pared doble no perforada de φ300 mm	Tubería de HDPE de pared doble perforada de φ300 mm	Tubería de HDPE de pared doble perforada de φ200 mm	Tubería de HDPE de pared doble perforada de φ100 mm
Tuberías Proyectadas	812.70	611.10	907.20	1102.50	7812.00
Tuberías Reales	763.66	190.55	959.88	1114.83	8253.06
<b>Diferencia</b>	<b>-49.04</b>	<b>-420.55</b>	<b>52.68</b>	<b>12.33</b>	<b>441.06</b>

Anddes		COSTOS Y PRESUPUESTOS		Estimado de Costos - Capex		
SIG AND						
Item	Descripción	Unidad	Cantidad Total	Precio Unitario (US\$)	Precio Parcial (US\$)	Sub Total (US\$)
<b>PAD DE LIXIVIACIÓN FASE 3A</b>						
03	OBRAS CIVILES					1,543,109.27
03.06	COLECCIÓN					112,949.33
03.06.01	TUBERIAS DE HDPE					
03.06.01.01	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de φ450 mm	m	812.70	10.49	8,525.22	
03.06.01.02	Instalación de tubería de HDPE de pared doble no perforada de φ300 mm	m	611.10	10.49	6,410.44	
03.06.01.03	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de φ300 mm	m	907.20	10.49	9,516.53	
03.06.01.04	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de φ200 mm	m	1,102.50	10.49	11,565.23	
03.06.01.05	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de φ100 mm	m	7,812.00	9.56	74,682.72	
03.06.01.06	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x450 mm	und	2.00	4.69	9.38	
03.06.01.07	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x300 mm	und	2.00	4.69	9.38	
03.06.01.08	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x200 mm	und	2.00	4.69	9.38	
03.06.01.09	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x100 mm	und	55.00	4.69	257.95	
03.06.01.10	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x300 mm	und	2.00	4.69	9.38	
03.06.01.11	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x200 mm	und	1.00	4.69	4.69	
03.06.01.12	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x100 mm	und	58.00	4.69	272.02	
03.06.01.13	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 200x200x100 mm	und	39.00	4.69	182.91	
03.06.01.14	Preparación e instalación de bota de HDPE de φ450 mm	und	6.00	164.47	986.82	
03.06.01.15	Preparación e instalación de bota de HDPE de φ300 mm	und	4.00	126.82	507.28	

El presupuesto contractual indicaba el siguiente monto para la ejecución del sistema de colección del PAD FASE 3A era de \$ 1,543,109.27 como se muestra en la siguiente tabla obtenida del expediente técnico:

Anddes		COSTOS Y PRESUPUESTOS					
SIG AND		Estimado de Costos - Capex					
Proyecto	Actualización Ingeniería de Detalle Fase 3A y Fase 3B			Código de Proyecto	1116.10.17 - 100		
Cliente	Minsur SA			Unidad Minera	Pucamarca		
Item	Descripción	Unidad	Cantidad Total	Precio Unitario (US\$)	Precio Parcial (US\$)	Sub Total (US\$)	
<b>PAD DE LIXIVIACIÓN FASE 3A</b>							
<b>03</b>	<b>OBRAS CIVILES</b>					<b>1,543,109.27</b>	
<b>03.05</b>	<b>REVESTIMIENTO</b>					<b>1,430,159.94</b>	
<b>03.05.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>						
03.05.01.01	Procesamiento, transporte y compactación de suelo de baja permeabilidad, e=300 mm, D=1 km	m3	49,973.00	17.52	875,526.96		
03.05.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de suelo de baja permeabilidad en bermas perimetrales, D=1 km	m3	6,710.00	18.56	124,537.60		
03.05.01.03	Excavación y relleno con suelo de baja permeabilidad en zanja de anclaje, D=2,00 km	m3	737.00	23.44	17,275.28		
<b>03.05.02</b>	<b>GEOSINTÉTICOS</b>						
03.05.02.01	Instalación de geomembrana LLDPE SST de 2 mm	m2	178,710.00	2.31	412,820.10		
<b>03.06</b>	<b>COLECCIÓN</b>					<b>112,949.33</b>	
<b>03.06.01</b>	<b>TUBERÍAS DE HDPE</b>						
03.06.01.01	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de $\phi$ 450 mm	m	812.70	10.49	8,525.22		
03.06.01.02	Instalación de tubería de HDPE de pared doble no perforada de $\phi$ 300 mm	m	611.10	10.49	6,410.44		
03.06.01.03	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de $\phi$ 300 mm	m	907.20	10.49	9,516.53		
03.06.01.04	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de $\phi$ 200 mm	m	1,102.50	10.49	11,565.23		
03.06.01.05	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de $\phi$ 100 mm	m	7,812.00	9.56	74,682.72		
03.06.01.06	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x450 mm	und	2.00	4.69	9.38		
03.06.01.07	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x300 mm	und	2.00	4.69	9.38		
03.06.01.08	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x200 mm	und	2.00	4.69	9.38		
03.06.01.09	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x100 mm	und	55.00	4.69	257.95		
03.06.01.10	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x300 mm	und	2.00	4.69	9.38		
03.06.01.11	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x200 mm	und	1.00	4.69	4.69		
03.06.01.12	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x100 mm	und	58.00	4.69	272.02		
03.06.01.13	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 200x200x100 mm	und	39.00	4.69	182.91		
03.06.01.14	Preparación e instalación de bota de HDPE de $\phi$ 450 mm	und	6.00	164.47	986.82		
03.06.01.15	Preparación e instalación de bota de HDPE de $\phi$ 300 mm	und	4.00	126.82	507.28		

Durante la revisión del presupuesto se detectó que los accesorios de unión (Codos) no fueron incluidos dentro de las partidas ni tampoco en la lista de insumos, por lo tanto, hubo una omisión por parte del proyectista de estos materiales los cuales son indispensables para unir las tuberías colectoras y la red matriz.

#### 4.2.4. Solución de interferencias

Para el desarrollo del objetivo específico 4, se procedió a la solución de las interferencias para estimar los nuevos metrados y tiempo de ejecución del sistema de colección, a continuación, se detallan los resultados obtenidos:

Considerando que este tipo de proyectos forman parte del plan de operación de las unidades mineras, su planificación se realiza con mucho detalle pues los montos de ejecución representan una inversión importante para los responsables de la concesión minera quienes son en su mayoría, empresas extranjeras. Los pad de lixiviación son las obras de ingeniería indispensables en la operación minera de tajo abierto, errores o sobrecostos durante su ejecución podrían afectar la rentabilidad proyectada.

Al realizar la subsanación de los erros de diseño, interferencias entre especialidades y errores en los metrados, se procedió con la actualización del presupuesto con los datos obtenidos del modelo 3D, además de incluir todos los accesorios requeridos para la instalación de las tuberías de HDPE del sistema en estudio los cuales no habían sido considerados:

**Tabla 8: Planificación Accesorios de conexión**

Tipo	Cantidad (Und)
Codo 100 mm	10.00
Codo 200 mm	24.00
Codo 300 mm	6.00
Codo 450 mm	9.00
YEE 200 mm	36.00
YEE 300 mm	69.00
YEE 450 mm	56.00
Reducción 200 a 100 mm	36.00
Reducción 300 a 100 mm	67.00
Reducción 450 a 100 mm	52.00
Reducción 450 a 200 mm	1.00

El monto final de ejecución del sistema de colección rica del pad Fase 3A de la unidad minera Pucamarca asciende a \$ 1, 638, 011.37, lo cual indica un monto adicional de \$94,902.06.

**Tabla 9 : Presupuesto con BIM**

PRESUPUESTO ACTUALIZADO - MODELAMIENTO 3D						
Proyecto	Actualización Ingeniería de Detalle Fase 3A y Fase 3B					
Ciente	Minsur SA			Unidad Minera	Pucamarca	
Item	Descripción	Unidad	Cantidad Total	Precio Unitario (US\$)	Precio Parcial (US\$)	Sub Total (US\$)
<b>PAD DE LIXIVIACIÓN FASE 3A</b>						
<b>03</b>	<b>OBRAS CIVILES</b>					<b>1,638,011.37</b>
<b>03.05</b>	<b>REVESTIMIENTO</b>					<b>1,523,587.39</b>
<u>03.05.01</u>	<u>MOVIMIENTO DE TIERRAS</u>					
03.05.01.01	Procesamiento, transporte y compactación de suelo de baja permeabilidad, e=300 mm, D=1 km	m3	53,074.38	17.52	929,863.19	
03.05.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de suelo de baja permeabilidad en bermas perimetrales, D=1 km	m3	6,710.00	18.56	124,537.60	
03.05.01.03	Excavación y relleno con suelo de baja permeabilidad en zanja de anclaje, D=2,00 km	m3	737.00	23.44	17,275.28	
<u>03.05.02</u>	<u>GEOSINTÉTICOS</u>					
03.05.02.01	Instalación de geomembrana LLDPE SST de 2 mm	m2	195,632.61	2.31	451,911.33	
<b>03.06</b>	<b>COLECCIÓN</b>					<b>114,423.98</b>
<u>03.06.01</u>	<u>TUBERÍAS DE HDPE</u>					
03.06.01.01	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de $\phi$ 450 mm	m	763.66	10.49	8,010.79	
03.06.01.02	Instalación de tubería de HDPE de pared doble no perforada de $\phi$ 300 mm	m	190.55	10.49	1,998.87	
03.06.01.03	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de $\phi$ 300 mm	m	959.88	10.49	10,069.09	
03.06.01.04	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de $\phi$ 200 mm	m	1,114.83	10.49	11,694.58	
03.06.01.05	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de $\phi$ 100 mm	m	8,253.06	9.56	78,899.24	
03.06.01.06	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x450 mm	und	2.00	4.69	9.38	
03.06.01.07	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x300 mm	und	2.00	4.69	9.38	
03.06.01.08	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x200 mm	und	2.00	4.69	9.38	
03.06.01.09	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x100 mm	und	56.00	4.69	262.64	
03.06.01.10	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x300 mm	und	2.00	4.69	9.38	
03.06.01.11	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x200 mm	und	1.00	4.69	4.69	
03.06.01.12	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x100 mm	und	69.00	4.69	323.61	
03.06.01.13	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 200x200x100 mm	und	36.00	4.69	168.84	
03.06.01.14	Preparación e instalación de bota de HDPE de $\phi$ 450 mm	und	6.00	164.47	986.82	
03.06.01.15	Preparación e instalación de bota de HDPE de $\phi$ 300 mm	und	4.00	126.82	507.28	
03.06.01.16	Instalación codo 30° HDPE 100 mm	und	10.00	20.00	200.00	
03.06.01.17	Instalación codo 30° HDPE 200 mm	und	24.00	25.00	600.00	
03.06.01.18	Instalación codo 30° HDPE 300 mm	und	6.00	35.00	210.00	
03.06.01.19	Instalación codo 30° HDPE 450 mm	und	6.00	50.00	300.00	
03.06.01.20	Instalación codo 45° HDPE 450 mm	und	3.00	50.00	150.00	<b>37</b>

El valor de las interferencias y su costo se muestra a continuación:

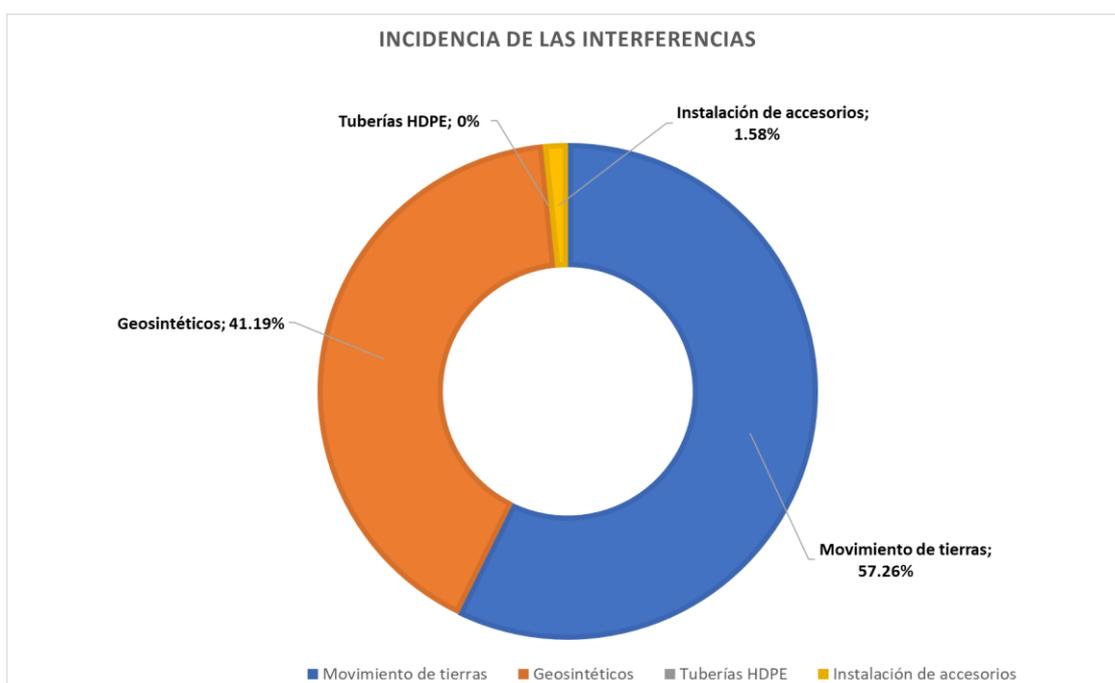
**Tabla 10: Costo de las Interferencias**

<b>Partida de Presupuesto</b>	<b>Costo de la interferencia</b>	<b>Incidencia de las Interferencias</b>
Movimiento de tierras	54336.23	57.26%
Geosintéticos	39091.23	41.19%
Tuberías HDPE	-27.61	-0.03%
Instalación de accesorios	1502.21	1.58%
<b>Costo Total</b>	<b>\$94,902.06</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia

El valor negativo obtenido en el metrado de la instalación de la tubería HDPE indica que, al resolver las interferencias en el diseño de redes de colección, el metrado obtenido es menor al proyectado en el presupuesto contractual, es decir que se ha optimizado la ingeniería y se ha reducido el costo de dicha partida.

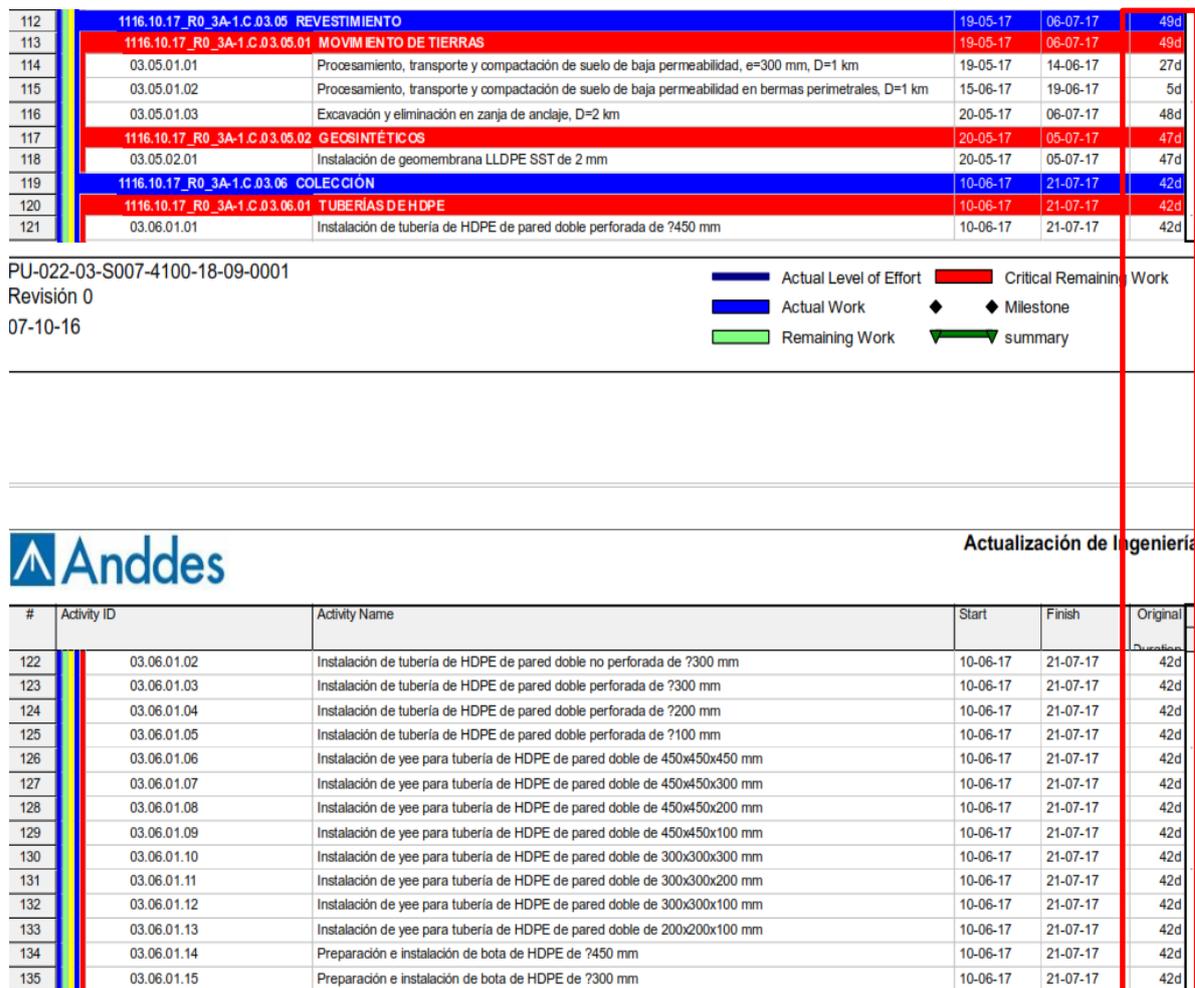
**Gráfico 3: Incidencia de las interferencias según su costo**



Finalmente, respecto al objetivo específico 5, se realizó la actualización del cronograma de obra con el nuevo diseño BIM del sistema de colección como se indica a continuación:

Respecto al cronograma de obra el cual se elabora en base a los metrados y presupuesto de un proyecto, el expediente contractual había considerado un plazo de ejecución de 49 días para las partidas de movimiento de tierras, la instalación de los geosintéticos 47 días y las tuberías del sistema del sistema de colección un plazo de 42 días como se muestra en la siguiente imagen obtenida del expediente técnico:

**Figura 10: Cronograma Contractual – Instalación Tuberías HDPE**



Después de resolver las interferencias de los planos y con los nuevos metrados de las partidas que intervienen en la ejecución del sistema de colección al realizar la nueva programación, se obtuvo que la partida de movimiento de tierras requiere un plazo de ejecución de 53 días, la instalación de los geosintéticos 52 días y el de sistema de colección no varía manteniéndose en 42 días:

**Figura 11: Cronograma Actualizado - Metodología BIM**

91	<b>REVESTIMIENTO</b>	<b>53 días</b>	19/5/17	10/7/17	
92	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	<b>49 días</b>	19/5/17	6/7/17	
93	Procesamiento, transporte y compactación de suelo de baja permeabilidad, e=300 mm, D=1 km	29 días	19/5/17	16/6/17	63
94	Procesamiento, transporte y compactación de suelo de baja permeabilidad en bermas perimetrales, D=1 km	5 días	17/6/17	21/6/17	93
95	Excavación y eliminación en zanja de anclaje, D=2 km	48 días	20/5/17	6/7/17	93CC+1 día
96	<b>GEOSINTÉTICOS</b>	<b>52 días</b>	<b>20/5/17</b>	<b>10/7/17</b>	
97	Instalación de geomembrana LLDPE SST de 2 mm	52 días	20/5/17	10/7/17	95CC
98	<b>COLECCIÓN</b>	<b>42 días</b>	<b>15/6/17</b>	<b>26/7/17</b>	
99	<b>TUBERÍAS DE HDPE</b>	<b>42 días</b>	<b>15/6/17</b>	<b>26/7/17</b>	
100	Instalación de tuberías de HDPE de pared doble perforadas	42 días	15/6/17	26/7/17	97FC-26 días
101	Instalación de tuberías de HDPE de pared doble no perforadas	42 días	15/6/17	26/7/17	100CC
102	Instalaciones de yee para tubería de HDPE de pared doble	42 días	15/6/17	26/7/17	101CC
103	Preparación e instalación de botas de HDPE	42 días	15/6/17	26/7/17	102CC

El aumento de días requeridos para la partida de movimiento de tierras y geosintéticos se debe a los mayores metrados obtenidos de la superficie corregida del PAD, como se había indicado anteriormente en la Tabla 5 y Tabla 6 de este documento.

## V. DISCUSIÓN:

Al analizar los datos obtenidos después de aplicar la metodología BIM al diseño de ingeniería del sistema de colección de solución rica del PAD Fase 3A de la Unidad minera Pucamarca, se acepta como verdadera la hipótesis planteada, la cual indica que la metodología BIM optimiza significativamente el diseño del sistema de colección al identificar interferencias que pueden ser resueltas antes de elaborar el presupuesto y cronograma de obra, evitando de esta manera obtener metrados de planos de ingeniería que sean incorrectos, programación de recursos y costos que se alejan de la necesidad real del proyecto en la fase de construcción.

Respecto al Objetivo específico 1: Modelar con el programa REVIT el sistema de colección del PAD de Lixiviación Fase 3B - Unidad Minera Pucamarca - Departamento Tacna, se realizó el traslado de los planos del expediente técnico que habían sido elaborados en el programa Autodesk Civil 3D, asignándole las características de los materiales que forman parte del sistema colección obteniendo el modelo en tres dimensiones del diseño contractual.

Respecto al Objetivo específico 2: Realizar la detección de interferencias y resolverlas, se procedió a la verificación de las interferencias del diseño contractual del sistema de colección en el programa Navisworks, obteniéndose 142 interferencias o incompatibilidades. La gráfica N° 02 muestra que el 94% de las interferencias detectadas tienen un impacto moderado en la planificación presupuestal del sistema de colección y están conformadas por errores de dibujo que generaron interferencias entre la especialidad de topografía y obras civiles (instalación de tuberías HDPE). El 1% representa error en el metrado de las tuberías HDPE de 300mm de pared no perforada y el 4% referido al error en el

diseño de las tuberías de colección cercanas a la zanja perimetral de anclaje de la geomembrana del pad. Una vez que fueron identificadas, se procedió con la subsanación de cada una de ellas para obtener el modelo final del proyecto corregido.

Respecto al Objetivo específico 3: Con el modelo corregido se procedió a obtener los metrados finales utilizando el programa REVIT. El gráfico 03 muestra que los mayores metrados obtenidos en la partida de movimiento de tierras representa un 57.26% del valor de las interferencias detectadas siendo esta la partida con mayor incidencia de errores en el diseño de ingeniería contractual. El costo total de las incompatibilidades detectadas asciende al monto de \$ 94,902.10.

Respecto al O4: Con los metrados finales del nuevo modelo BIM se estimó el nuevo valor económico para la ejecución del sistema de colección del pad Fase 3A de la unidad Minera Pucamarca, el cual asciende al monto de \$ 1, 638, 011.37. El presupuesto actualizado se encuentra en el Anexo 8.4.

Respecto al O5: Respecto al cronograma de obra inicial, el tiempo estimado para la construcción del sistema de colección fue de 49 días para las partidas de movimiento de tierras, la instalación de los geosintéticos 47 días, los cuales sufrieron variaciones después de la solución de interferencias detectadas en el modelo inicial, obteniéndose nuevos plazos de ejecución para partida de movimiento de tierras requiere un plazo de ejecución de 53 días, la instalación de los geosintéticos 52 días. El plazo estimado para la instalación de las tubería de HDPE no sufrió cambios manteniéndose en un plazo de 42 días. El cronograma de obra actualizado se encuentra en el Anexo 8.3.

La investigación realizada ha demostrado que al contar con un modelo tridimensional que integra todas las especialidades de un proyecto de ingeniería permite la visualización a detalle de sus componentes y además brinda a los profesionales responsables de su diseño la opción de verificar la interacción entre cada una de ellas para que cuando pasen a la fase de construcción no se encuentren con restricciones que generen tiempos sin productividad o mayores recursos que impacten económicamente a quienes aportan el capital para la ejecución de los proyectos o se presupuesten proyectos sobrevalorados que del mismo modo causan un efecto negativo para los responsables de la inversión.

Teniendo en cuenta que la gestión exitosa de una empresa se refleja en proyectos que al ser finalizados generan utilidades que contribuyen con el crecimiento de ésta, la aplicación correcta de la metodología BIM forma es una de las herramientas de gestión que garantiza el cumplimiento de dicho objetivo.

Los proyectos de gran envergadura que actualmente se ejecutan con esta metodología incluyen en sus propuestas económicas los costos de los recursos que utilizan para aplicarla en el proyecto, es decir, existe ya una planificación de recursos específicos para garantizar que durante la fase de construcción el modelo BIM del proyecto se mantenga siempre actualizado lo cual es un requisito básico para el éxito de esta metodología.

## **VI. CONCLUSIONES:**

### **Conclusión 1:**

Se realizó el modelamiento con el programa REVIT del sistema de colección rica del pad Fase 3A de la Unidad Minera Pucamarca – Tacna y la detección de interferencias o incompatibilidades en los planos de diseño se realizó con programa Navisworks donde se integraron en un solo modelo 3D las especialidades de topografía y del sistema de colección lo cual no es posible de realizar con la metodología tradicional que utiliza el diseño de cada especialidad de manera independiente en 2D, generando la verificación y solución de cada una hasta lograr que el modelo final del sistema de colección no tuviera errores de diseño.

En el caso particular del sistema de colección analizado, se obtuvo que el costo total de las interferencias de diseño tiene un valor \$ 94,902.10, lo cual significa un aumento del valor del 6.15% del presupuesto proyectado y una variación de 16 días adicionales para su ejecución, de haberse detectado estos mayores metrados en la fase de construcción podría haber generado problemas para el Cliente pues es quien realiza la programación de las inversiones en las obras de construcción dentro de la unidad minera que administra.

Como se había mencionado, el 94% de las interferencias se detectaron en el diseño de la topografía de la superficie de apoyo del sistema de colección, esto debido a errores de diseño y dibujo que no podrían haberse detectado hasta realizar el replanteo en el sitio del trabajo, adicional a esto, en gabinete, el cadista o ingeniero de dibujo habría tenido que disponer de mayor tiempo para la corrección de los planos, elaboración de la nueva propuesta de ingeniería que debería ser aprobada por el diseñador antes de iniciar las labores en campo, estos tiempos no

contemplados en el presupuesto se sumarían al costo de los metrados adicionales de las partidas analizadas.

### **Conclusión 2:**

La metodología BIM optimiza significativamente el proceso de desarrollo de la ingeniería de un proyecto, porque a diferencia de la metodología tradicional donde los errores de diseño o metrados se detectan durante la etapa de construcción y dan paso a la elaboración de los RFI (Requerimientos de Información dirigidos al diseñador) para resolver las dudas, BIM permite que los involucrados en el diseño puedan en tiempo real interactuar, obteniendo como resultado un proyecto de ingeniería coordinado y coherente con menor cantidad de errores.

El uso de las nuevas herramientas digitales facilita a los profesionales responsables de la elaboración de los planos de ingeniería que contienen mayor detalle y además permiten en tiempo real durante la fase de construcción la actualización de los planos as Build del proyecto. El modelamiento en 3D permite también que los Clientes que realizan la inversión económica puedan visualizar de forma anticipada como se verá el proyecto culminado, permitiendo que éstos tomen decisiones y participen también del proceso de diseño.

Como se mencionó al inicio de este trabajo de investigación BIM es una metodología que puede ser aplicada en todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción, pero presenta mayores beneficios si se implementa en la fase inicial, es decir desde la etapa de la conceptualización y diseño.

### **Conclusión 3:**

La metodología BIM nos brinda herramientas tecnológicas para estimar los metrados de los insumos del proyecto, clasificados de acuerdo con sus características técnicas, lo cual, anteriormente se tenía que hacer de forma manual.

Al contar con información específica de las características de los materiales en el modelo integral, el cual puede ser revisado por el Cliente antes de su construcción, garantiza que la compra que se realice sea de insumos que no sufrirán observaciones durante su instalación.

### **Conclusión 4:**

Respecto a la planificación de los recursos, con BIM es posible realizar programaciones con tiempos más reales y con un dimensionamiento de equipos y mano de obra acordes a los metrados proyectados por ejecutarse.

### **Conclusión 5:**

Finalmente, BIM representa una metodología que otorga múltiples beneficios para las empresas que la aplican en el desarrollo del diseño de ingeniería de un proyecto al generar un modelo colaborativo de trabajo donde la interacción entre los involucrados es dinámica y permanente, esto beneficia en gran manera a los profesionales de distintas especialidades pues supone ampliar su visión en el campo del diseño, involucra también la participación del Cliente, inversionistas y otros interesados en el desarrollo del proyecto para que de manera oportuna compartan sus ideas, criterios y conocimientos para la obtención de un proyecto completamente eficiente.

Es importante aclarar que según el nivel de detalle bajo el cual se desarrolle el modelo 3D, se podrá obtener información detallada que servirá para el control

durante el tiempo de ejecución y en algunos casos durante la fase de operación y término de la vida útil del proyecto.

## **VII. RECOMENDACIONES:**

Es importante que los profesionales que intervienen en la realización de los proyectos de ingeniería y que son los responsables de alimentar con información al modelamiento del proyecto ingresen datos que sean correctos, pues los programas solo arrojan resultados y no distinguen errores de digitación, criterios errados, etc.

El elaborar un modelo BIM que pasa a la etapa de construcción requiere que se mantenga actualizado, pues como sucede en muchos proyectos, durante la etapa de construcción se pueden encontrar vicios ocultos que generen sobre la marcha cambios en la ingeniería de detalle, por lo tanto, para que la inversión inicial realizada durante la fase de diseño no sea afectada, es responsabilidad de los profesionales que se encuentran en obra brindar al área de ingeniería de forma oportuna reportes de los cambios realizados para monitorear las variaciones que puedan surgir y se tomen decisiones adecuadas antes de que sean ejecutadas en campo.

Para que la implementación de la metodología BIM en una empresa sea efectiva es indispensable que todos los involucrados se encuentren comprometidos a utilizar de manera eficiente las herramientas digitales con las cuales se realicen los modelos en 3D.

Finalmente, se recomienda que esta metodología de trabajo sea difundida en las universidades durante la formación profesional, pues hasta ahora la mayoría de los egresados desconoce el significado del BIM y su aplicación en la ingeniería civil.

## REFERENCIAS

Mora, B. (2020). Detección de interferencias constructivas y cuantificación de materiales mediante el modelado en 3D. Caso: edificio de la Oficina de Ingeniería del TEC (tesis de pregrado). Instituto Tecnológico Costa Rica, Costa Rica.

Juan Cuartero, J. (2018). Las Siete Dimensiones del BIM la metodología que cambiará la construcción en América Latina. Recuperado de <https://gestion.pe/>

T. Nuttens, V. De Breuck, R. Cattoor, K. Decock, and I. Hemeryck. (2018). Using BIM Models For The Design Of Large Rail Infrastructure Projects: Key Factors For A Successful Implementation. *EuBIM*, 13(1), 73–83.

Ibañez, M. (2018). *BIM, para optimizar la etapa de diseño de una edificación, distrito Villa El Salvador, Lima 2018* (tesis de grado), Universidad César Vallejo, Perú.

Murguía, D., Tapia, G., Collantes, J. (2017). Primer Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao 2017. Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Jobim, C., Stumpf, M., Edelweiss, R. y Kern, A. (2017) Análisis de la implantación de tecnología BIM en oficinas de proyecto y construcción en la ciudad de Porto Alegre - Brasil 2015, *Ingeniería de Construcción* 32(3), 185-194. Santiago de Chile, Chile.

Porras, H. (2015) Metodología para la elaboración de modelos del proceso constructivo 5D con tecnologías BIM, *Gerencia Tecnológica Informática*, 14 (38), 59-73.

Vivanco, M. (2005). Muestreo Estadístico. Diseño y Aplicaciones. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.

Arboleda, G. (1998) *Proyectos, Formulación, Evaluación y Control*. Cali, Colombia: AC EDditores.

Gonzàles, G. (2012). Acercamiento epistemològico a la teorí a del aprendizaje colaborativo. *Innovación Educativa*, 4(2), 8.

# ANEXOS

# ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA



## Maestría en Ingeniería Civil con mención en Dirección de Empresas de la Construcción

TÍTULO: **Aplicación de la metodología BIM en el diseño del sistema de coleccion de un PAD de Lixiviación en la Unidad Minera Pucamarca – Tacna**

PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVO GENERAL	METODOLOGÍA	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	POBLACIÓN y MUESTRA	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS
¿Cómo aplicar la Metodología BIM en el diseño del sistema de coleccion del Pad de Lixiviación Fase 3B - Unidad Minera Pucamarca - Departamento Tacna?	La metodología BIM optimiza significativamente el planeamiento del diseño del sistema de coleccion al permitir identificar interferencias que pueden ser resueltas antes de elaborar el presupuesto y cronograma de obra.	Aplicar la metodología BIM en el diseño del sistema de coleccion del PAD de Lixiviación Fase 3B - Unidad Minera Pucamarca - Departamento Tacna	Diseño:  No experimental	INDEPENDIENTE  Metologia BIM (Building Information Modeling)	BIM en el diseño de las diferentes especialidades	Ingeniería de detalle en cada especialidad  Control de Materiales  Planificación de recursos: Mano de Obra y Equipos	POBLACIÓN : Expediente de ejecución del PAD de Lixiviación Fase 3B - Unidad Minera Pucamarca.	Observación
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>Enfoque de la investigación:</b> Cuantitativa	DEPENDIENTE	INCOPATIBILIDADES	Detección de interferencias		
¿Cómo es el modelamiento con el programa REVIT el sistema de coleccion del PAD de Lixiviación Fase 3B - Unidad Minera Pucamarca - Departamento Tacna?	El programa REVIT permite el modelamiento en 3D del sistema de coleccion del PAD de Lixiviación Fase 3B de la unidad Minera Pucamarca.	OE1: Modelar con el programa REVIT el sistema de coleccion del PAD de Lixiviación Fase 3B - Unidad Minera Pucamarca - Departamento Tacna				Propuesta de solución		
¿Cuáles son las interferencias en la construcción del sistema de coleccion del PAD de Lixiviación Fase 3B - Unidad Minera Pucamarca - Departamento Tacna?	La aplicación de la metodología Bim permitirá identificar las interferencias en los planos de diseño del sistema de coleccion antes del inicio de la etapa de construcción permitiendo proponer una solución constructiva adecuada.	O2: Identificar las interferencias y resolverlas para obtener los planos actualizados del sistema de coleccion del PAD de Lixiviación Fase 3B - Unidad Minera Pucamarca - Departamento Tacna	Tipo de investigación: Aplicada					
¿Cuales son los metrados de las interferencias en la construcción del sistema de coleccion del PAD de Lixiviación Fase 3B - Unidad Minera Pucamarca - Departamento Tacna?	A través del modelo 3D del sistema de coleccion del PAD de Lixiviación se podrá obtener los metrados reales de esta actividad para realizar una planificación eficiente de los recursos necesarios para su ejecución.	O3: Calcular los metrados de las interferencias en la construcción del sistema de coleccion del PAD de Lixiviación Fase 3B - Unidad Minera Pucamarca - Departamento Tacna		Diseño del sistema de coleccion	METRADOS	Obtención de metrados de los componentes del sistema de coleccion	MUESTRA : Planos, metrados y presupuesto del sistema de coleccion del PAD de Lixiviación Fase 3B - Unidad Minera Pucamarca.	
¿Cuáles son los costos de las interferencias en la construcción del sistema de coleccion del PAD de Lixiviación Fase 3B - Unidad Minera Pucamarca - Departamento Tacna?	BIM permitirá optimizar los costos del diseño del sistema de coleccion después de realizar los cambios en el diseño para eliminar las interferencias identificadas.	O3: Actualizar el presupuesto de obra para la construcción del sistema de coleccion del PAD de Lixiviación Fase 3B - Unidad Minera Pucamarca - Departamento Tacna.	Corte: Trasversal		COSTOS	Costos de las intereferencias  Actualización del presupuesto de obra		
¿Cuál es el tiempo de ejecución del sistema de coleccion del PAD de Lixiviación Fase 3B - Unidad Minera Pucamarca - Departamento Tacna?	BIM permitirá elaborar el cronograma de ejecución del sistema de coleccion con una planificación de recursos basados en los metrados de los planos de diseño sin interferencias	O4: Actualizar el cronograma de construcción del sistema de coleccion del PAD de Lixiviación Fase 3B - Unidad Minera Pucamarca - Departamento Tacna.			TIEMPO	Actualización del cronograma de construcción		

## ANEXO 02: OPERALIZACIÓN DE LAS VARIABLES



### *Maestría en Ingeniería Civil con mención en Dirección de Empresas de la Construcción*

TÍTULO: **Aplicación de la metodología BIM en el diseño del sistema de colección de un PAD de Lixiviación en la Unidad Minera Pucamarca – Tacna**

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión de la variable	Indicadores	Instrumento de Medición
Variable 1: Metodología BIM (Building Information Modeling)	De acuerdo con la NTP-ISO 19650 – 1:2021, BIM es el “uso de una representación digital compartida de un activo construido, para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, con la finalidad de contar con una base confiable para la toma de decisiones” (Instituto Nacional de Calidad, 2021, pág. 8). Esta representación digital integra toda la información de una inversión, tanto gráfica (como, por ejemplo, tuberías tridimensionales) como no gráfica (por ejemplo, presupuestos).	Utilizando BIM se busca la participación de los involucrados en el diseño y construcción de un proyecto para garantizar la satisfacción del cliente, esta metodología está conformada por las dimensiones de diseño, construcción, mantenimiento y operación.	BIM en el diseño de las diferentes especialidades	Ingeniería de detalle en cada especialidad	Programa REVIT
					Programa Naviswork
Variable 2: Diseño del sistema de colección	Porras, H. (2015) Metodología para la elaboración de modelos del proceso constructivo 5D con tecnologías BIM, Gerencia Tecnológica Informática, 14 (38), 59-73, indica que el diseño es una actividad sistemática desarrollada para satisfacer una necesidad y cubre todas las etapas desde la identificación de la necesidad hasta la entrega del producto final	El diseño de ingeniería permite realizar la planificación de los recursos (mano de obra, equipos y materiales) los cuales se deben garantizar el cumplimiento de la ejecución de la obra dentro de los plazos contractuales de la obra.	INCOMPATIBILIDADES	Detección de interferencias	Modelamiento en 3D con programa REVIT
				Propuesta de solución	
			COSTOS	Actualización del presupuesto de obra	Presupuesto de obra
			TIEMPO	Planificación de los recursos para la construcción del sistema de colección	Cronograma de ejecución

**ANEXO 03: VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**

## FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I.- DATOS INFORMATIVOS DEL EVALUADOR

APellidos y Nombres	Profesión	Especialidad	Centro de Capacitación
De Silva Céspedes Rodrigo Selacié	Arquitecto	Coordinador BIM Consorcio Redtram Tucumán	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas

### II.- DATOS DEL EVALUADO

TÍTULO DE TESIS: Aplicación de la metodología BIM en el diseño del sistema de colección de un PAD de Lixiviación en la Unidad Minera Pucamarca – Tacna

MAESTRISTA: Ing. MARIA ELENA CACHO MUNENAKA

UNIVERSIDAD: CÉSAR VALLEJO

### II.- ASPECTOS DE VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	VALOR
1.- CLARIDAD	La ficha de observación esta elaborada con un lenguaje apropiado.	0.96
2.- OBJETIVIDAD	La ficha de observación permite recoger los datos de la observación de las interferencias detectadas en el modelo tridimensional del diseño contractual.	0.95
3.- ORGANIZACIÓN	La ficha de observación esta organizada con una secuencia lógica en su estructura.	0.95
4.- SUFICIENCIA	La ficha de observación cuenta con todos los parámetros necesarios para la recolección de datos.	0.97
6.- COHERENCIA	Existe coherencia en la descripción de los criterios para el análisis de interferencias	1.00
5.- OPORTUNIDAD	El instrumento puede ser aplicado de manera oportuna durante la fase de análisis del modelo tridimensional.	1.00

Valores: 0.53 a menos = Validez Nula  
0.54 a 0.59= Validez Baja

0.60 a 0.65= Válida  
0.66 a 0.71= Muy Válida

0.72 a 0.99= Excelente validez  
1.00 = Validez perfecta

### III.- OPINIÓN DEL INSTRUMENTO

La ficha de observación elaborada por el maestrista cumple con los parámetros necesarios para ser utilizada en la detección y análisis de interferencias en el programa Navisworks

### IV.- RESULTADO DE LA VALIDACIÓN

Valor obtenido:

0.97

  
 FIRMA DEL EXPERTO EVALUADOR  
 70284785



## CERTIFICADO DE ESTUDIOS

La Secretaría Académica de la Escuela de Postgrado de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) deja constancia que el señor Rodrigo Selacie Da Silva Cespedes matriculado en el Programa Especializado 202103 culminó el curso:

### **COORDINADOR BIM: ESPECIALISTA EN GESTION DE LA OFICINA BIM**

desarrollado del 02 de junio al 13 de noviembre de 2021, con una duración de 90 horas lectivas; obteniendo la siguiente calificación:

**19.50 (Diecinueve y 50/100)**

San Isidro, 30 de noviembre de 2021

Shoana Barragán Cornejo  
Jefe de Secretaría Académica EPG

Ricardo Pino Jordan  
Director de la Escuela de  
Postgrado

La calificación es vigesimal. Para aprobar una asignatura, se requiere una calificación de 13.00 puntos

# FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

## I- DATOS INFORMATIVOS DEL EVALUADOR

APELLIDOS Y NOMBRES	PROFESIÓN	ESPECIALIDAD	CENTRO DE CAPACITACIÓN
Legua castillo Rodrigo Stefan	Arquitecto	Especialista bim	CAPECO

## II- DATOS DEL EVALUADO

TÍTULO DE TESIS : Aplicación de la metodología BIM en el diseño del sistema de colección de un PAD de Lixiviación en la Unidad Minera Pucamarca – Tacna

MAESTRISTA: Ing. MARIA ELENA CACHO MUNENAKA

UNIVERSIDAD: CÉSAR VALLEJO

## II- ASPECTOS DE VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	VALOR
1.- CLARIDAD	La ficha de observación esta elaborada con un lenguaje apropiado.	0.8
2.- OBJETIVIDAD	La ficha de observación permite recoger los datos de la observación de las interferencias detectadas en el modelo tridimensional del diseño contractual.	0.7
3.- ORGANIZACIÓN	La ficha de observación esta organizada con una secuencia lógica en su estructura.	0.7
4.- SUFICIENCIA	La ficha de observación cuenta con todos los parámetros necesarios para la recolección de datos.	0.7
6.- COHERENCIA	Existe coherencia en la descripción de los criterios para el análisis de interferencias	0.7
5.- OPORTUNIDAD	El instrumento puede ser aplicado de manera oportuna durante la fase de análisis del modelo tridimensional.	0.8

Valores: 0.53 a menos = Validez Nula  
0.54 a 0.59= Validez Baja

0.60 a 0.65= Válida  
0.66 a 0.71= Muy Válida

0.72 a 0.99= Excelente validez  
1.00 = Validez perfecta

## III- OPINIÓN DEL INSTRUMENTO

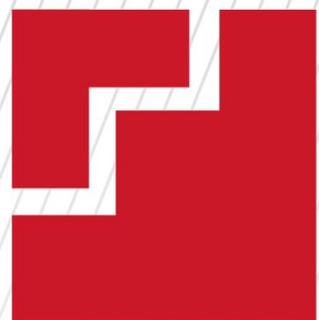
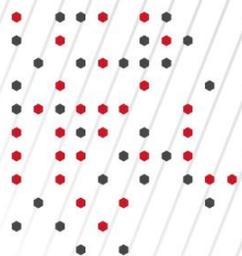
La ficha presentada contiene la información necesaria para servir como instrumento de detección de interferencias

## IV.- RESULTADO DE LA VALIDACIÓN

Valor obtenido: 0.73

  
RODRIGO S. LEGUA CASTILLO  
ARQUITECTO  
CAP. 20720

FIRMA DEL EXPERTO EVALUADOR



**INSTITUTO**  
**CAPECO**  
LÍDERES EN CONSTRUCCIÓN

**CERTIFICADO**

**CURSO METRADOS CON SOFTWARE BIM REVIT**

**LEGUA CASTILLO, RODRIGO STEFAN**

**POR HABER  
CON NOTA  
FECHA  
DURACIÓN**

**APROBADO  
17 (DIECISIETE)  
DEL 10 DE SETIEMBRE AL 18 DE OCTUBRE DEL 2021  
60 HORAS**

PATRICIA VALDIVIA LUCHO  
DIRECTORA ACADÉMICA

GIOVANNA MARTÍNEZ CAMPOS  
SECRETARIA GENERAL

## FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I.- DATOS INFORMATIVOS DEL EVALUADOR

APellidos y Nombres	Profesión	Especialidad	Centro de Capacitación
Meza Luna Guillermo Vicente	Arquitecto	Modelador BIM	Semco Cad

### II.- DATOS DEL EVALUADO

TÍTULO DE TESIS: Aplicación de la metodología BIM en el diseño del sistema de colección de un PAD de Liviación en la Unidad Minera Pucamarca - Tacna

MAESTRISTA: Ing. MARIA ELENA CACHO MUNENAKA

UNIVERSIDAD: CÉSAR VALLEJO

### III.- ASPECTOS DE VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	VALOR
1.- CLARIDAD	La ficha de observación esta elaborada con un lenguaje apropiado.	0.97
2.- OBJETIVIDAD	La ficha de observación permite recoger los datos de la observación de las interferencias detectadas en el modelo tridimensional del diseño contractual.	0.96
3.- ORGANIZACIÓN	La ficha de observación esta organizada con una secuencia lógica en su estructura.	0.97
4.- SUFICIENCIA	La ficha de observación cuenta con todos los parámetros necesarios para la recolección de datos.	0.95
6.- COHERENCIA	Existe coherencia en la descripción de los criterios para el análisis de interferencias	0.99
5.- OPORTUNIDAD	El instrumento puede ser aplicado de manera oportuna durante la fase de análisis del modelo tridimensional.	1.00

Valores: 0.53 a menos - Validez Nula  
0.54 a 0.59 - Validez Baja

0.60 a 0.65 - Válida  
0.66 a 0.71 - Muy Válida

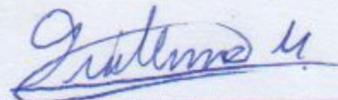
0.72 a 0.99 - Excelente validez  
1.00 - Validez perfecta

### III.- OPINIÓN DEL INSTRUMENTO

La ficha de observación realizada por el maestrista cumple con todos los parámetros requeridos para ser usados en un análisis y detección de interferencias en el software BIM - NAVIS WORK

### IV.- RESULTADO DE LA VALIDACIÓN

Valor obtenido: 0.97



FIRMA DEL EXPERTO EVALUADOR

73783261

Evento realizado por:



# CERTIFICADO

OTORGADO A:

**GUILLERMO VICENTE MEZA LUNA**

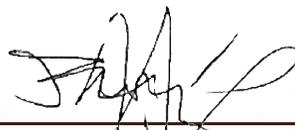
*Recibe este Certificado, por haber finalizado exitosamente:*

**“Gestión y Coordinación de Proyectos  
con VDC-BIM”**

FECHA: 15,17 Y 19 JUNIO 2020

DURACIÓN: 09 HORAS

  
Director Todoconstruccion.pe  
Miguel Ángel Tresierra de la Rosa

  
Director WAPOSATMKT  
Josep Guzmán del Rio

## **ANEXO 04: TABLA DE INTERFRENCIAS - PROGRAMA NAVISWORKS MANAGE**

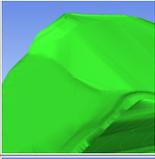
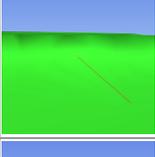
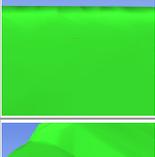
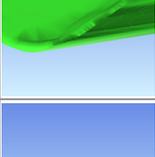
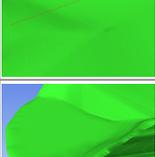
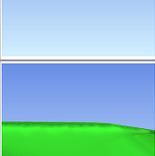
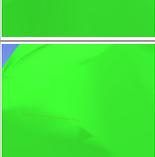
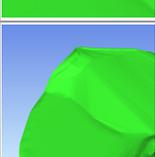
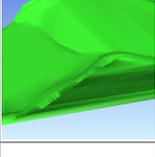


# Clash Report

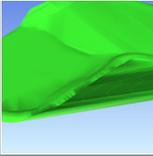
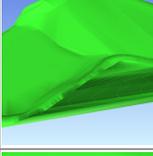
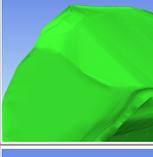
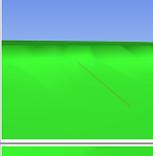
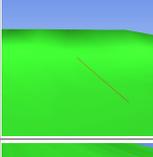
<b>Test 1</b>	<b>Tolerance</b>	<b>Clashes</b>	<b>New</b>	<b>Active</b>	<b>Reviewed</b>	<b>Approved</b>	<b>Resolved</b>	<b>Type</b>	<b>Status</b>
	0.001m	68	68	0	0	0	0	Hard	OK

Image	Clash Name	Status	Distance	Description	Date Found	Clash Point	Item 1				Item 2			
							Item ID	Layer	Item Name	Item Type	Item ID	Layer	Item Name	Item Type
	Clash1	New	-0.132	Hard	2021/11/20 01:20	x:119.808, y:-394.346, z:4384.592	Element ID: 625383	Nivel	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash2	New	-0.107	Hard	2021/11/20 01:20	x:129.192, y:-133.831, z:4390.402	Element ID: 641217	Nivel	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash3	New	-0.095	Hard	2021/11/20 01:20	x:-246.698, y:-21.351, z:4392.002	Element ID: 630241	Nivel	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash4	New	-0.089	Hard	2021/11/20 01:20	x:-66.070, y:-182.277, z:4369.107	Element ID: 624569	Nivel	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash5	New	-0.085	Hard	2021/11/20 01:20	x:298.629, y:-93.364, z:4407.264	Element ID: 641848	Nivel	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash6	New	-0.083	Hard	2021/11/20 01:20	x:172.269, y:-121.085, z:4394.276	Element ID: 641399	Nivel	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash7	New	-0.081	Hard	2021/11/20 01:20	x:-233.762, y:-175.381, z:4372.303	Element ID: 623806	Nivel	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash8	New	-0.078	Hard	2021/11/20 01:20	x:190.095, y:-117.217, z:4396.119	Element ID: 641447	Nivel	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash9	New	-0.077	Hard	2021/11/20 01:20	x:244.419, y:-105.356, z:4401.727	Element ID: 641714	Nivel	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash10	New	-0.076	Hard	2021/11/20 01:20	x:280.543, y:-97.425, z:4405.482	Element ID: 641800	Nivel	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash11	New	-0.072	Hard	2021/11/20 01:20	x:262.428, y:-101.539, z:4403.637	Element ID: 641754	Nivel	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine



	Clash12	New	-0.071	Hard	2021/11/20 01:20	x:-185.262, y:4368.814, z:637479	Element ID: 637479	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash13	New	-0.070	Hard	2021/11/20 01:20	x:-30.544, y:-186.119, z:4368.989	Element ID: 637417	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash14	New	-0.068	Hard	2021/11/20 01:20	x:226.377, y:-109.373, z:4399.891	Element ID: 641672	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash15	New	-0.067	Hard	2021/11/20 01:20	x:94.879, y:-370.687, z:4379.309	Element ID: 639130	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash16	New	-0.065	Hard	2021/11/20 01:20	x:150.326, y:-125.997, z:4392.078	Element ID: 641259	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash17	New	-0.065	Hard	2021/11/20 01:20	x:230.714, y:-57.630, z:4396.564	Element ID: 642381	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash18	New	-0.064	Hard	2021/11/20 01:20	x:262.590, y:-40.736, z:4399.369	Element ID: 642631	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash19	New	-0.063	Hard	2021/11/20 01:20	x:246.476, y:-48.487, z:4397.988	Element ID: 642575	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash20	New	-0.057	Hard	2021/11/20 01:20	x:208.265, y:-113.413, z:4398.070	Element ID: 641601	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash21	New	-0.057	Hard	2021/11/20 01:20	x:86.675, y:-302.288, z:4376.215	Element ID: 638953	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash22	New	-0.056	Hard	2021/11/20 01:20	x:91.261, y:-354.775, z:4378.463	Element ID: 639086	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash23	New	-0.056	Hard	2021/11/20 01:20	x:87.868, y:-319.983, z:4377.150	Element ID: 638997	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine

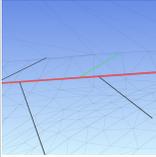
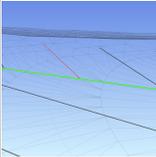
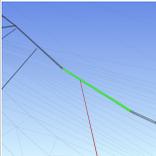
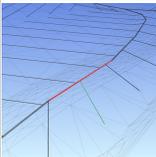
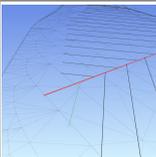
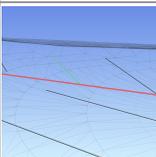
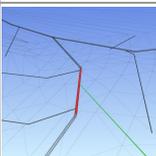
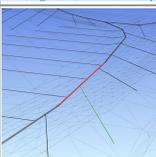
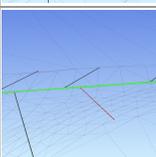
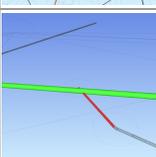


	Clash24	New	-0.054	Hard	2021/11/20 01:20	x:-50.753, y:-184.167, z:4369.191	Element ID: 637375	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash25	New	-0.053	Hard	2021/11/20 01:20	x:270.036, y:-43.937, z:4399.747	Element ID: 626556	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash26	New	-0.052	Hard	2021/11/20 01:20	x:15.321, y:-184.196, z:4368.807	Element ID: 637521	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash27	New	-0.049	Hard	2021/11/20 01:20	x:-299.529, y:356.397, z:4374.585	Element ID: 633090	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash28	New	-0.049	Hard	2021/11/20 01:20	x:-297.219, y:314.012, z:4374.112	Element ID: 646543	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash29	New	-0.048	Hard	2021/11/20 01:20	x:88.438, y:-338.222, z:4377.615	Element ID: 639042	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash30	New	-0.046	Hard	2021/11/20 01:20	x:-354.090, y:256.332, z:4375.986	Element ID: 646996	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash31	New	-0.045	Hard	2021/11/20 01:20	x:99.671, y:-385.764, z:4380.264	Element ID: 639172	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash32	New	-0.045	Hard	2021/11/20 01:20	x:-296.878, y:314.546, z:4374.093	Element ID: 646468	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash33	New	-0.045	Hard	2021/11/20 01:20	x:-196.838, y:-163.375, z:4370.860	Element ID: 636229	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash34	New	-0.042	Hard	2021/11/20 01:20	x:-151.069, y:-166.006, z:4370.269	Element ID: 636362	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash35	New	-0.039	Hard	2021/11/20 01:20	x:56.887, y:-212.615, z:4371.523	Element ID: 638436	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine
	Clash36	New	-0.039	Hard	2021/11/20 01:20	x:63.883, y:-226.055, z:4372.179	Element ID: 638610	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 163558	<No level>	Hierba	PolyLine

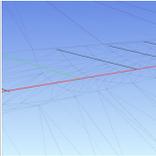
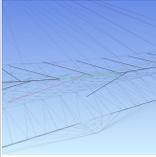
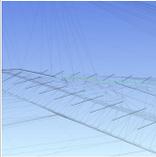
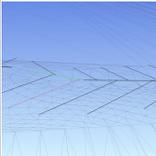
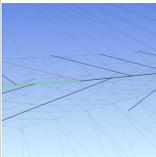
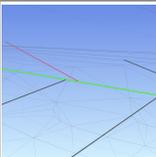
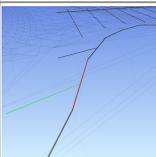
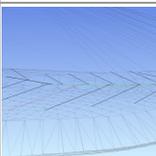
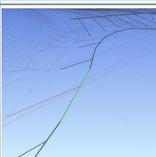
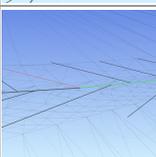
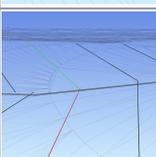
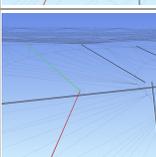






	Clash50 New	-0.026	Hard	2021/11/20 01:20	x:83.813, y:-285.843, z:4374.960	Element ID: 638917	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid ID: 163558	Element <No level>	Hierba PolyLine
	Clash51 New	-0.024	Hard	2021/11/20 01:20	x:-245.599, y:-155.614, z:4376.112	Element ID: 636045	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid ID: 163558	Element <No level>	Hierba PolyLine
	Clash52 New	-0.024	Hard	2021/11/20 01:20	x:-263.406, y:-106.777, z:4387.599	Element ID: 631907	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid ID: 163558	Element <No level>	Hierba PolyLine
	Clash53 New	-0.023	Hard	2021/11/20 01:20	x:69.577, y:-240.345, z:4372.810	Element ID: 638764	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid ID: 163558	Element <No level>	Hierba PolyLine
	Clash54 New	-0.023	Hard	2021/11/20 01:20	x:49.177, y:-199.505, z:4370.934	Element ID: 637859	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid ID: 163558	Element <No level>	Hierba PolyLine
	Clash55 New	-0.021	Hard	2021/11/20 01:20	x:203.518, y:-96.007, z:4394.648	Element ID: 641551	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid ID: 163558	Element <No level>	Hierba PolyLine
	Clash56 New	-0.020	Hard	2021/11/20 01:20	x:-92.327, y:-177.976, z:4369.435	Element ID: 636541	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid ID: 163558	Element <No level>	Hierba PolyLine
	Clash57 New	-0.020	Hard	2021/11/20 01:20	x:-335.575, y:316.733, z:4375.832	Element ID: 633547	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid ID: 163558	Element <No level>	Hierba PolyLine
	Clash58 New	-0.019	Hard	2021/11/20 01:20	x:-257.872, y:-0.457, z:4393.858	Element ID: 635585	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid ID: 163558	Element <No level>	Hierba PolyLine
	Clash59 New	-0.019	Hard	2021/11/20 01:20	x:-266.472, y:-106.761, z:4388.091	Element ID: 635705	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid ID: 163558	Element <No level>	Hierba PolyLine
	Clash60 New	-0.019	Hard	2021/11/20 01:20	x:-285.804, y:369.335, z:4373.830	Element ID: 632994	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid ID: 163558	Element <No level>	Hierba PolyLine
	Clash61 New	-0.019	Hard	2021/11/20 01:20	x:357.387, y:66.122, z:4388.421	Element ID: 647947	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid ID: 163558	Element <No level>	Hierba PolyLine
	Clash62 New	-0.018	Hard	2021/11/20 01:20	x:279.078, y:-58.748, z:4400.087	Element ID: 642506	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid ID: 163558	Element <No level>	Hierba PolyLine



	Clash63 New	-0.017	Hard	2021/11/20 01:20	x:-236.015, y:-172.896, z:4372.754	Element ID: 636133	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid ID: 163558	Element level <No level>	Hierba PolyLine
	Clash64 New	-0.017	Hard	2021/11/20 01:20	x:282.939, y:-73.291, z:4400.589	Element ID: 642331	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid ID: 163558	Element level <No level>	Hierba PolyLine
	Clash65 New	-0.017	Hard	2021/11/20 01:20	x:-373.229, y:277.352, z:4376.907	Element ID: 634307	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid ID: 163558	Element level <No level>	Hierba PolyLine
	Clash66 New	-0.014	Hard	2021/11/20 01:20	x:-254.464, y:-77.586, z:4389.677	Element ID: 635775	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid ID: 163558	Element level <No level>	Hierba PolyLine
	Clash67 New	-0.007	Hard	2021/11/20 01:20	x:-312.395, y:343.400, z:4375.067	Element ID: 633205	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid ID: 163558	Element level <No level>	Hierba PolyLine
	Clash68 New	-0.003	Hard	2021/11/20 01:20	x:-274.841, y:-134.399, z:4384.808	Element ID: 635945	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid ID: 163558	Element level <No level>	Hierba PolyLine
											
											
											
											
											
											



# Clash Report

**ANEXO 05: PRESUPUESTO ACTUALIZADO**  
 File name: Clash Test 2  
 Clashes: 66  
 Deleted: 66  
 Approved: 0  
 Rejected: 0  
 Result: 0  
 Type: Hard  
 Status: OK

Image	Clash Name	Status	Distance	Descrip	on Date Found	Clash Point	Item 1			Item 2				
							Item ID	Layer	Item Name	Item Type	Item ID	Layer	Item Name	Item Type
	Clash1	New	-0.055	Hard	2021/11/20 02:13	x:55.189, y:-188.682, z:4370.402	Element ID: 637948	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 625048	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid
	Clash2	New	-0.043	Hard	2021/11/20 02:13	x:87.662, y:-264.382, z:4373.924	Element ID: 625213	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 638873	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid
	Clash3	New	-0.040	Hard	2021/11/20 02:13	x:71.684, y:-214.471, z:4371.527	Element ID: 639638	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 625164	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid
	Clash4	New	-0.040	Hard	2021/11/20 02:13	x:-120.286, y:-161.489, z:4369.208	Element ID: 624512	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 636404	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid
	Clash5	New	-0.043	Hard	2021/11/20 02:13	x:98.372, y:-330.836, z:4377.168	Element ID: 639042	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 625317	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid
	Clash6	New	-0.044	Hard	2021/11/20 02:13	x:94.455, y:-291.710, z:4375.252	Element ID: 625260	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 639836	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid
	Clash7	New	-0.044	Hard	2021/11/20 02:13	x:-88.502, y:-344.840, z:4379.277	Element ID: 624569	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 636930	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid
	Clash8	New	-0.042	Hard	2021/11/20 02:13	x:-199.212, y:-155.715, z:4370.861	Element ID: 624424	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 636184	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid
	Clash9	New	-0.040	Hard	2021/11/20 02:13	x:65.142, y:-199.819, z:4370.962	Element ID: 638513	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 625048	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid
	Clash10	New	-0.040	Hard	2021/11/20 02:13	x:-161.619, y:-155.397, z:4370.026	Element ID: 636291	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 624512	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid
	Clash11	New	-0.039	Hard	2021/11/20 02:13	x:84.837, y:-252.345, z:4370.026	Element ID: 636291	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid	Element ID: 624512	Nivel 1	Acero, al carbono	Solid



## PRESUPUESTO ACTUALIZADO - MODELAMIENTO 3D

Tesis:						
Item	Descripción	Unidad	Cantidad Total	Precio Unitario (US\$)	Precio Parcial (US\$)	Sub Total (US\$)
<b>PAD DE LIXIVIACIÓN FASE 3A</b>						
03.08	ACCESOS <i>MOVIMIENTO DE TIERRAS</i>					88,528.00
04	<b>MANEJO DE DRENAJE SUPERFICIAL</b>					185,899.58
04.01	CANAL DE CORONACION ESTE - TRAMO 1 <i>MOVIMIENTO DE TIERRAS</i>					112,884.71
	<i>GEOSINTÉTICOS</i>					
04.02	CANAL DE CORONACION OESTE - TRAMO 1 <i>MOVIMIENTO DE TIERRAS</i>					59,656.98
	<i>GEOSINTÉTICOS</i>					
04.03	CANAL DE CORONACION OESTE - TRAMO 2 <i>MOVIMIENTO DE TIERRAS</i>					4,675.83
	<i>GEOSINTÉTICOS</i>					
04.04	ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN OESTE 1A <i>MOVIMIENTO DE TIERRAS</i>					5,326.89
	<i>CONCRETO ARMADO</i>					
04.05	ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN OESTE 2A <i>MOVIMIENTO DE TIERRAS</i>					1,933.99
	<i>GEOSINTÉTICOS</i>					
04.06	ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN ESTE 1A <i>MOVIMIENTO DE TIERRAS</i>					1,421.18
	<i>GEOSINTÉTICOS</i>					
05	<b>INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA</b>					353,114.58
05.01	HITO TOPOGRÁFICO					6,200.00
05.02	INCLINÓMETRO VERTICAL / PIEZÓMETRO HIDRÁULICO <i>PERFORACIÓN</i>					27,744.54
05.03	PIEZÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE <i>MOVIMIENTO DE TIERRAS</i>					167,294.21
	<i>EQUIPOS</i>					
05.04	SENSOR/CELDA DE ASENTAMIENTO DE CUERDA VIBRANTE VENTEADO <i>MOVIMIENTO DE TIERRAS</i>					143,730.23
	<i>EQUIPOS</i>					
05.05	CASETA DE INSTRUMENTACIÓN <i>MOVIMIENTO DE TIERRAS</i>					8,145.60
	<i>CONCRETO ARMADO</i>					
	<i>ACABADOS</i>					

PRESUPUESTO ACTUALIZADO - MODELAMIENTO 3D

Tesis:				Element		Acero,	Element	Acero,						
ID	NEW	-U.004	Hard	2021/11/20	x:-153.35	y: 0	z:4377.531	626096						
Element	Unidad	Cantidad Total	Precio Unitario (US\$)	Precio Parcial (US\$)	Sub Total (US\$)	Acero,	Element	Acero,						
Clash14	NEW	-U.004	Hard	2021/11/20	x:-153.35	y: 0	z:4377.531	626096	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1
PAD DE LIXIVIACIÓN FASE 3A				02:13										
COSTO DIRECTO CONSTRUCCIÓN (CD)										10,753,275.81				
SUBTOTAL (ST), CD+GG+U				2021/11/20	x:-393.647,	y:235.116,	z:4378.083	634555	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1
COSTO CONSTRUCCIÓN (C)										14,296,842.84				
COSTO DIRECTO PROCURA MINA (CD)				02:13										
COSTO PROCURA MINA (P), CD+MQA										1,234,340.94				
CONTINGENCIA (CO), 10%*(C+P)				2021/11/20	x: 14.535,	y: 178.390,	z:4368.023	637479	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1
CAPEX, C+P+CO										19,286,015.95				
<p>Notas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El costo de los materiales se estimó en base a la revisión de los planos.</li> <li>- El costo del procesamiento de los materiales granulares incluyen el precio de la explotación de las canteras.</li> <li>- Se considera que los costos de la extracción, transporte y la conformación del material de los stockpiles son incurridos por la operación de la mina.</li> <li>- El material del relleno estructural se obtiene de la cantera la Antena.</li> <li>- El material de suelo de baja permeabilidad se obtiene del Stockpile 1 de suelo de baja permeabilidad, en caso de que este material se acabe se utilizará la cantera Ladera del Tajo Checcocollo.</li> <li>- El material de sobrevestimiento se obtiene del Stockpile 4 de sobrevestimiento.</li> <li>- La grava se obtiene de la cantera Ventilla.</li> <li>- Se incluye el costo del MQA del Depósito Norte, Depósito Sur y Ampliación de Pozos de la Mina de Lixiviación Fase 3A.</li> <li>- El owner team incluye la gestión de la procura de la mina.</li> <li>- En la partida 01.01.04.Trabajos provisionales se incluyen los costos de manejo de drenaje superficial temporal, accesos de construcción, pasajes de peajes, accesos de mantenimiento y señalización.</li> <li>- El costo de los trabajos de las partidas 01.01.05 y 01.01.06 se consideran provisionales para el cliente.</li> <li>- La exactitud del presente presupuesto es de +/-10%.</li> </ul>														
Clash15	NEW	-U.000	Hard	2021/11/20	x:96.399,	y:-310.869,	z:4376.232	632260	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1
Clash16	NEW	-U.002	Hard	2021/11/20	x:-89.645,	y:355.903,	z:4379.685	624569	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1
Clash17	NEW	-U.002	Hard	2021/11/20	x:410.304,	y:222.679,	z:4379.493	646872	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1
Clash18	NEW	-U.002	Hard	2021/11/20	x:59.972,	y:-193.390,	z:4370.739	625048	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1
Clash19	NEW	-U.001	Hard	2021/11/20	x:89.802,	y:-270.596,	z:4374.210	625213	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1
Clash20	NEW	-U.001	Hard	2021/11/20	x:88.212,	y:-151.260,	z:4378.250	641032	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1
Clash21	NEW	-U.001	Hard	2021/11/20	x:252.044,	y:-125.096,	z:4381.312	631952	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1
Clash22	NEW	-U.000	Hard	2021/11/20	x:239.584,	y:-62.253,	z:4396.840	642429	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1
Clash35	New	-0.029	Hard	2021/11/20	x:-358.540,	y:206.353,	z:4381.633	646996	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1	Acero, carbon	Element Nivel 1

## **ANEXO 06: CRONOGRAMA DE OBRA ACTUALIZADO**











Aplicación de la metodología BIM en el diseño del sistema de coleccion de un Pad de Lixiviación de la Unidad Minera Pucamarca – Tacna

Unidad Minera

Pucamarca

01.01.01	Mantenimiento de vías	mes	7.00	15,573.20	109,012.40
01.01.02	Facilidades temporales	mes	7.00	19,884.00	139,188.00
01.01.03	Accesos a cantera Ventilla	km	3.15	42,367.37	133,457.22
01.01.04	Trabajos provisionales	glb	1.00	191,000.00	191,000.00
01.01.05	Remoción de estructuras existentes, D=2 km	m3	29,820.00	6.03	179,814.60
01.02.01	Movilización y desmovilización de equipos	glb	1.00	264,270.42	264,270.42
01.03.01	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	mes	7.00	27,820.06	194,740.42
02.01.01	Demolición y eliminación de estructuras de concreto	m3	8.93	62.42	557.41
<b>03.01.01</b>					
03.01.01.01	Corte simple, selección y acopio de material inadecuado para ser usado como relleno estructural	m3	4,400.00	4.15	18,260.00
03.01.01.02	Corte simple y eliminación de material inadecuado, D=2 km	m3	79,057.00	6.03	476,713.71
<b>03.02.01</b>					
03.02.01.01	Corte simple, selección y acopio de material para ser usado como relleno estructural	m3	1,760.00	4.15	7,304.00
03.02.01.02	Corte simple y eliminación, D=2km	m3	134,310.00	5.21	699,755.10
03.02.01.03	Transporte y colocación de relleno masivo, (desmante de mina) D=0,7 km	m3	123,970.00	3.03	375,629.10
03.02.01.04	Procesamiento, transporte y compactación de relleno de transición cada 500 mm, D=2 km	m3	117,810.00	14.67	1,728,272.70
03.02.01.05	Procesamiento, transporte y compactación de relleno estructural con material de corte del Depósito de Desmonte Norte cada 300 mm, D=2,5 km	m3	31,526.00	16.21	511,036.46
03.02.01.06	Procesamiento, transporte y compactación de relleno estructural cada 300 mm, D=2 km	m3	114,598.00	16.04	1,838,151.92
03.02.01.07	Procesamiento, transporte y compactación de relleno estructural cada 300 mm con material propio	m3	6,160.00	9.86	60,737.60
<b>03.03.01</b>					
03.03.01.01	Excavación y eliminación de material para la zanja de subdrenaje, D=2 km	m3	3,223.00	9.91	31,939.93
03.03.01.02	Procesamiento, transporte y nivelación de la cama de apoyo	m3	979.00	170.70	167,115.30
03.03.01.03	Procesamiento, transporte y colocación de grava en zanja de subdrenaje, D=8 km	m3	1,419.00	34.14	48,444.66
03.03.01.04	Procesamiento, transporte y colocación de relleno estructural en zanja de subdrenaje, D=2 km	m3	825.00	14.75	12,168.75
<b>03.03.02</b>					
03.03.02.01	Instalación de geotextil no tejido de 270 gr/m2	m2	1,963.50	2.98	5,851.23
<b>03.03.03</b>					
03.03.03.01	Instalación de tubería de HDPE de pared doble no perforada de $\phi$ 300 mm	m	6.30	10.49	66.09
03.03.03.02	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de $\phi$ 300 mm	m	1,146.60	10.49	12,027.83
03.03.03.03	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de $\phi$ 100 mm	m	365.40	9.56	3,493.22
03.03.03.04	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x100 mm	und	3.00	4.69	14.07
<b>03.04.01</b>					
03.04.01.01	Corte simple, selección y acopio para ser usado como relleno estructural	m3	33.00	4.15	136.95
03.04.01.02	Corte simple y eliminación de material inadecuado	m3	148.50	5.21	773.69
03.04.01.03	Procesamiento, transporte y nivelación de la cama de apoyo	m3	1.98	170.70	337.99
03.04.01.04	Procesamiento, transporte y compactación de relleno estructural con material propio	m3	33.00	9.86	325.38
03.04.01.05	Procesamiento, transporte y compactación de relleno estructural con material de préstamo, D=2 km	m3	154.00	16.04	2,470.16
03.04.01.06	Procesamiento, transporte y colocación de dado de arcilla para cambio de tubería, D=1 km	m3	11.00	26.88	295.68
<b>03.04.02</b>					
03.04.02.01	Instalación de tubería de HDPE de pared doble no perforada de $\phi$ 300 mm	m	12.60	10.49	132.17
03.04.02.02	Instalación de tubería de HDPE de pared doble no perforada de $\phi$ 1500 mm	m	12.60	13.58	171.11
<b>03.04.03</b>					
03.04.03.01	Encofrado y desencofrado	m2	18.90	37.76	713.66
03.04.03.02	Concreto $f_c=175$ kg/cm2	m3	1.68	313.15	526.09
<b>03.05.01</b>					
03.05.01.01	Procesamiento, transporte y compactación de suelo de baja permeabilidad, e=300 mm, D=1 km	m3	53,074.38	17.52	929,863.19
03.05.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de suelo de baja permeabilidad en bermas perimetrales, D=1 km	m3	6,710.00	18.56	124,537.60
03.05.01.03	Excavación y relleno con suelo de baja permeabilidad en zanja de anclaje, D=2,00 km	m3	737.00	23.44	17,275.28
<b>03.05.02</b>					
03.05.02.01	Instalación de geomembrana LLDPE SST de 2 mm	m2	195,632.61	2.31	451,911.33
<b>03.06.01</b>					
03.06.01.01	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de $\phi$ 450 mm	m	763.66	10.49	8,010.79
03.06.01.02	Instalación de tubería de HDPE de pared doble no perforada de $\phi$ 300 mm	m	190.55	10.49	1,998.87
03.06.01.03	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de $\phi$ 300 mm	m	959.88	10.49	10,069.09
03.06.01.04	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de $\phi$ 200 mm	m	1,114.83	10.49	11,694.58
03.06.01.05	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de $\phi$ 100 mm	m	8,253.06	9.56	78,899.24
03.06.01.06	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x450 mm	und	2.00	4.69	9.38
03.06.01.07	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x300 mm	und	2.00	4.69	9.38
03.06.01.08	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x200 mm	und	2.00	4.69	9.38
03.06.01.09	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x100 mm	und	56.00	4.69	262.64
03.06.01.10	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x300 mm	und	2.00	4.69	9.38
03.06.01.11	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x200 mm	und	1.00	4.69	4.69
03.06.01.12	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x100 mm	und	69.00	4.69	323.61
03.06.01.13	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 200x200x100 mm	und	36.00	4.69	168.84
03.06.01.14	Preparación e instalación de bota de HDPE de $\phi$ 450 mm	und	6.00	164.47	986.82
03.06.01.15	Preparación e instalación de bota de HDPE de $\phi$ 300 mm	und	4.00	126.82	507.28
03.06.01.16	Instalación codo 30° HDPE 100 mm	und	10.00	20.00	200.00
03.06.01.17	Instalación codo 30° HDPE 200 mm	und	24.00	25.00	600.00
03.06.01.18	Instalación codo 30° HDPE 300 mm	und	6.00	35.00	210.00
03.06.01.19	Instalación codo 30° HDPE 450 mm	und	6.00	50.00	300.00
03.06.01.20	Instalación codo 45° HDPE 450 mm	und	3.00	50.00	150.00
<b>03.07.01</b>					
03.07.01.01	Procesamiento, transporte y colocación de material de sobrerrevestimiento, e=500mm, D=1,80 km	m3	88,946.00	14.31	1,272,817.26

03.08.01					
03.08.01.01	Procesamiento, transporte y compactación de la base de rodadura, e=200 mm, D=2 km	m3	4,840.00	15.01	72,648.40
03.08.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras en berma de seguridad, D=2km	m3	792.00	20.05	15,879.60
04.01.01					
04.01.01.01	Excavación localizada y eliminación de material suelto, D=2 km	m3	8,404.94	12.13	101,951.92
04.01.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras, D=2 km	m3	307.23	19.28	5,923.39
04.01.02					
04.01.02.01	Instalación de geomembrana HDPE lisa de 1.5 mm	m2	2,168.57	2.31	5,009.40
04.02.01					
04.02.01.01	Excavación localizada y eliminación de material suelto, D=2 km	m3	404.62	12.13	4,908.04
04.02.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras, D=2 km	m3	42.53	19.28	819.98
04.02.02					
04.02.02.01	Concreto f'c=210 kg/cm2	m3	121.50	329.53	40,037.90
04.02.02.02	Instalación de geotextil no tejido de 270 g/m2	m2	1,259.99	2.98	3,754.77
04.02.02.03	Instalación de geocelda e=100 mm	m2	1,221.24	8.30	10,136.29
04.03.01					
04.03.01.01	Excavación localizada y eliminación de material suelto, D=2 km	m3	217.26	12.13	2,635.36
04.03.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras, D=2 km	m3	24.14	19.28	465.42
04.03.02					
04.03.02.01	Instalación de geomembrana HDPE lisa de 1.5 mm	m2	681.84	2.31	1,575.05
04.04.01					
04.04.01.01	Excavación localizada y eliminación de material suelto, D=2 km	m3	24.14	12.13	292.82
04.04.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras, D=2 km	m3	18.39	19.28	354.56
04.04.02					
04.04.02.01	Solado de concreto f'c=100 kg/cm2	m2	11.52	20.87	240.42
04.04.02.02	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	329.92	4.48	1,478.04
04.04.02.03	Encofrado y desencofrado	m2	16.76	37.76	632.86
04.04.02.04	Concreto f'c=210 kg/cm2	m3	6.28	329.53	2,069.45
04.04.02.05	Juntas de dilatación para canales de concreto, incluye material elastomérico y waterstop	m	11.52	22.46	258.74
04.05.01					
04.05.01.01	Excavación localizada y eliminación de material suelto, D=2 km	m3	89.66	12.13	1,087.58
04.05.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras, D=2 km	m3	34.49	19.28	664.97
04.05.02					
04.05.02.01	Instalación de geomembrana HDPE lisa de 1.5 mm	m2	78.55	2.31	181.45
04.06.01					
04.06.01.01	Excavación localizada y eliminación de material suelto, D=2 km	m3	61.66	12.13	747.94
04.06.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras, D=2 km	m3	19.86	19.28	382.90
04.06.02					
04.06.02.01	Instalación de geomembrana HDPE lisa de 1.5 mm	m2	125.69	2.31	290.34
05.01.01	Hito topográfico	und	31.00	200.00	6,200.00
05.02.01					
05.02.01.01	Perforación Diamantina HQ3 DF	m	39.90	142.30	5,677.77
05.02.01.02	Suministro e instalación de inclinómetro vertical	glb	1.00	22,066.77	22,066.77
05.03.01					
05.03.01.01	Excavación y eliminación de material suelto para zanja de protección (1,0 m x 0,5 m)	m	1,375.00	6.07	8,346.25
05.03.01.02	Excavación y eliminación de material suelto para caja de instrumentación (2,5 m x 2,5 m x 1,0 m)	m3	27.50	12.13	333.58
05.03.01.03	Transporte y nivelación de arena para protección de cable (1,0 m x 0,5 m)	m	1,375.00	97.47	134,021.25
05.03.01.04	Transporte y nivelación de arena para protección de piezómetro de cuerda vibrante (2,5 m x 2,5 m x 1,0 m)	m3	27.50	194.94	5,360.85
05.03.02					
05.03.02.01	Suministro e instalación de piezómetro de cuerda vibrante	glb	1.00	19,232.28	19,232.28
05.04.01					
05.04.01.01	Excavación y eliminación de material suelto para zanja de protección (1,0 m x 0,5 m)	m	726.00	6.07	4,406.82
05.04.01.02	Excavación y eliminación de material suelto para caja de instrumentación (2,5 m x 2,5 m x 1,0 m)	m3	34.38	12.13	417.03
05.04.01.03	Transporte y nivelación de arena para protección de cable (1,0 m x 0,5 m)	m	726.00	97.47	70,763.22
05.04.01.04	Transporte y nivelación de arena para protección de piezómetro de cuerda vibrante (2,5 m x 2,5 m x 1,0 m)	m3	34.38	194.94	6,702.04
05.04.01.05	Procesamiento, transporte y compactación de relleno de terraplen para colocación de cables de sensores, D=2 km	m3	1,320.00	14.67	19,364.40
05.04.02					
05.04.02.01	Suministro e instalación de celda de asentamiento de cuerda vibrante no venteadas	glb	1.00	42,076.72	42,076.72
05.05.01					
05.05.01.01	Excavación y eliminación de material suelto para estructuras	m3	7.74	12.13	93.89
05.05.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras, D=2 km	m3	7.74	19.28	149.23
05.05.02					
05.05.02.01	Solado f'c=100kg/cm2 (e=50mm)	m2	16.80	10.44	175.39
05.05.02.02	Acero de refuerzo fy=4200kg/cm2	kg	485.35	4.48	2,174.37
05.05.02.03	Encofrado y desencofrado	m2	17.62	35.19	620.05
05.05.02.04	Concreto f'c=210 kg/cm2	m3	8.45	329.53	2,784.53
05.05.03					
05.05.03.01	Muro ladrillo k.k.de arcilla 18 h ( 0.09x0.13x0.24) amarre de soga junta 1.5 cm. mortero 1:1:5	m2	23.22	50.86	1,180.97
05.05.03.02	Tarrajeo de cieloraso	m2	5.80	27.36	158.69
05.05.03.03	Piso de cemento barrido y bruñado e=0.04 m	m2	5.80	25.51	147.96
05.05.03.04	Puerta metálica	m2	1.05	400.00	420.00
05.05.03.05	Ventana metálica	m2	1.05	150.00	157.50
05.05.03.06	Cerradura para puerta principal	und	1.00	23.73	23.73
05.05.03.07	Bisagras capuchina aluminizada de 3 1/2 x 3 1/2"	und	3.00	19.77	59.31

Aplicación de la metodología BIM en el diseño del sistema de colección de un Pad de Lixiviación de la Unidad Minera  
Pucamarca – Tacna

Unidad Minera

Pucamarca

Gastos generales (GG)	2,468,239.45
Utilidad, (U), 10%CD	1,075,327.58
Supervisión, 11%ST	1,572,652.71
Owner team, 3%ST	428,905.29
MQA	22,400.00



Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	tri 2, 2016		tri 3, 2016		tri 4, 2016		tri 1, 2017		tri 2, 2017		tri 3, 2017			
						may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
1																			
2	PROCURA	174 días	17/8/16	6/2/17															
3	COORDINACIONES PREVIAS ÁREA DE COMPRAS	174 días	17/8/16	6/2/17															
4	Presentación de propuestas	7 días	17/8/16	23/8/16															
5	Evaluación de Postores	5 días	24/8/16	28/8/16	4														
6	Generación de Orden de Compra	7 días	29/8/16	4/9/16	5														
7	Tramitación de Pago de Adelanto	5 días	5/9/16	9/9/16	6														
8	Fabricación y MQA	60 días	10/9/16	8/11/16	7														
9	Transporte y Desdunaje	60 días	9/11/16	7/1/17	8														
10	Días en el Almacén	30 días	8/1/17	6/2/17	9														
11	MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES	60 días	9/11/16	7/1/17															
12	Movilización de materiales	60 días	9/11/16	7/1/17	9CC														
13	TUBERÍAS DE HDPE	120 días	10/9/16	7/1/17															
14	Copla hermética para tubería HDPE de pared doble	120 días	10/9/16	7/1/17	8CC														
15	Copla para tuberías HDPE de pared doble	120 días	10/9/16	7/1/17	14CC														
16	Plancha de HDPE de pared doble	120 días	10/9/16	7/1/17	15CC														
17	Codos para tuberías HDPE de pared doble	120 días	10/9/16	7/1/17	16CC														
18	Tapas para tubería de HDPE de pared doble	120 días	10/9/16	7/1/17	17CC														
19	Tubería de HDPE de pared doble (perforada / no perforada)	120 días	10/9/16	7/1/17	18CC														
20	Yee para tubería de HDPE de pared doble	120 días	10/9/16	7/1/17	19CC														
21	GEOSINTÉTICOS	120 días	10/9/16	7/1/17															
22	Geomembrana LLDPE SST 2 mm	120 días	10/9/16	7/1/17	20CC														
23	Geomembrana HDPE lisa de 1,5 mm	120 días	10/9/16	7/1/17	22CC														
24	Geotextil no tejido 270 gr/m2	120 días	10/9/16	7/1/17	23CC														
25	Geocelda, h= 100 mm	120 días	10/9/16	7/1/17	24CC														
26	CONSTRUCCIÓN	444 días	1/6/16	18/8/17															
27	GESTIONES PREVIAS A EJECUCIÓN	439 días	1/6/16	13/8/17															
28	Fin Máximo de Construcción de Bota de ro Norte 1A (Lift 14)	0 días	15/1/17	15/1/17									1/15						
29	Permiso de Construcción	60 días	17/11/16	15/1/17	28CC-60 días														
30	SOW	30 días	1/6/16	30/6/16															
31	Licitación para adjudicar contra tista constructor	150 días	1/7/16	27/11/16	30														
32	Adjudicación de l contra tista	0 días	28/11/16	28/11/16	31							11/28							
	Firma de l contrato	0 días	1/1/17	1/1/17	32CC+34 días								1/1						
33	Inicio Construcción Pad de Lixiviación Fase 3A	0 días	16/1/17	16/1/17	33CC+15 días									1/16					
34	Fin Construcción Pad de Lixiviación Fase 3A	0 días	13/8/17	13/8/17															8/13
35	TRABAJOS PROVISIONALES Y PRELIMINARES	210 días	16/1/17	13/8/17															
36	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES	210 días	16/1/17	13/8/17															
37	Mantenimiento de vías	210 días	16/1/17	13/8/17	34CC														
38	Facilidades temporales	210 días	16/1/17	13/8/17	38CC														
39	Accesos a cante ra Ven tila	14 días	16/1/17	29/1/17	39CC														
40	Trabajos provisionales	210 días	16/1/17	13/8/17	40CC														
41	Remoción de estructura existente s, D=2km	210 días	16/1/17	13/8/17	41CC														
41	MOVILIZACION DE CAMPAMENTO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	210 días	16/1/17	13/8/17															

Proyecto: Cronograma\_Rev00  
Fecha: 14/12/21

Tarea	Tarea inactiva	Informe de resumen manual	Hito externo	Progreso manual
División	Hito inactivo	Resumen manual	Fecha límite	
Hito	Resumen inactivo	solo el comienzo	Tareas críticas	
Resumen	Tarea manual	solo fin	División crítica	
Resumen del proyecto	solo duración	Tareas externas	Progreso	



Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	tri 2, 2016		tri 3, 2016		tri 4, 2016		tri 1, 2017		tri 2, 2017		tri 3, 2017			
						may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
42	Movilización y desmovilización de equipos	210 días	16/1/17	13/8/17	42CC														
43	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	210 días	16/1/17	13/8/17															
44	Traza, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	210 días	16/1/17	13/8/17	44CC														
45	DEMOLICIONES Y DESMONTAJES	1 día	16/1/17	16/1/17															
46	DEMOLICIONES	1 día	16/1/17	16/1/17															
47	Demolición y eliminación de estructuras de concreto	1 día	16/1/17	16/1/17	46CC														
48	OBRAS CIVILES	202 días	17/1/17	6/8/17															
49	CIMENTACIÓN	26 días	17/1/17	11/2/17															
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	26 días	17/1/17	11/2/17															
50	Corte simple, selección y acopio de material inecuado para ser usado como relleno estructural	5 días	17/1/17	21/1/17	49CC+1 día														
51	Corte simple y eliminación de material inecuado, D=2 km	21 días	22/1/17	11/2/17	53														
52	NIVELACIÓN Y ACCESO PERIMEIRAL	103 días	5/2/17	18/5/17															
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	103 días	5/2/17	18/5/17															
53	Corte simple, selección y acopio de material para ser usado como relleno estructural	2 días	12/2/17	13/2/17	54														
54	Corte simple y eliminación, D=2km	28 días	14/2/17	13/3/17	57														
55	Transporte y colocación de relleno masivo, (desmonte de mina) D=0,7 km	8 días	5/2/17	12/2/17	54CC+14 días														
56	Procesamiento, transporte y compactación de relleno de transición cada 500 mm, D=2 km	27 días	13/2/17	11/3/17	59														
57	Procesamiento, transporte y compactación de relleno estructural con material de corte del Depósito de D.N.	14 días	12/3/17	25/3/17	60														
58	Procesamiento, transporte y compactación de relleno estructural cada 300 mm, D=2 km	51 días	26/3/17	15/5/17	61														
	Procesamiento, transporte y compactación de relleno estructural cada 300 mm con material propio	3 días	16/5/17	18/5/17	62														
59	SUBDRENAJE	29 días	5/2/17	5/3/17															
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	29 días	5/2/17	5/3/17															
60	Excavación y eliminación de material para la zanja de subdrenaje, D=2 km	25 días	5/2/17	1/3/17	54FC-7 días														
61	Procesamiento, transporte y nivelación de la cama de apoyo	25 días	6/2/17	2/3/17	66CC+1 día														
62	Procesamiento, transporte y colocación de grava en zanja de subdrenaje, D=8 km	25 días	8/2/17	4/3/17	67CC+2 días														
63	Procesamiento, transporte y colocación de relleno estructural en zanja de subdrenaje, D=2 km	25 días	9/2/17	5/3/17	68CC+1 día														
64	GEOSINTÉTICOS	25 días	9/2/17	5/3/17															
65	Instalación de geotextil no tejido de 270 gr/m2	25 días	9/2/17	5/3/17	69CC														
66	TUBERÍAS DE HDPE	25 días	7/2/17	3/3/17															
67	Instalación de tubería de HDPE de pared doble no perforada de 300 mm	25 días	7/2/17	3/3/17	10														
68	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de 300 mm	25 días	7/2/17	3/3/17	73CC														
	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada de 100 mm	25 días	7/2/17	3/3/17	74CC														
69	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x100 mm	25 días	7/2/17	3/3/17	75CC														
70	BUZÓN DE SUBDRENAJE	8 días	2/3/17	9/3/17															
71	MOVIMIENTO DE TIERRAS	6 días	2/3/17	7/3/17															
72	Corte simple, selección y acopio para ser usado como relleno estructural	1 día	2/3/17	2/3/17	66														
	Corte simple y eliminación de material inecuado	1 día	3/3/17	3/3/17	79														

Proyecto: Cronograma\_Rev00  
Fecha: 14/12/21

Tarea  
División  
Hito  
Resumen  
Resumen del proyecto

Tarea inactiva  
Hito inactivo  
Resumen inactivo  
Tarea manual  
solo duración

Informe de resumen manual  
Resumen manual  
solo el comienzo  
solo fin  
Tareas externas

Hito externo  
Fecha límite  
Tareas críticas  
División crítica  
Progreso

Progreso manual

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	tri 2, 2016		tri 3, 2016		tri 4, 2016		tri 1, 2017		tri 2, 2017		tri 3, 2017			
						may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
73	Procesamiento, transporte y nivelación de la cama de apoyo	1 día	4/3/17	4/3/17	80														
74	Procesamiento, transporte y compactación de relleno estructural con material propio	1 día	5/3/17	5/3/17	81														
75	Procesamiento, transporte y compactación de relleno estructural con material de préstamo, D=2 km	1 día	6/3/17	6/3/17	82														
	Procesamiento, transporte y colocación de dado de arcilla para cambio de tubería, D=1 km	1 día	7/3/17	7/3/17	83														
76	TUBERÍAS DE HDPE	1 día	7/3/17	7/3/17															
77	Instalación de tubería de HDPE de pared doble no perforada de ?300 mm	1 día	7/3/17	7/3/17	84FC-1 día														
78	Instalación de tubería de HDPE de pared doble no perforada de ?1500 mm	1 día	7/3/17	7/3/17	86FC-1 día														
79	ESTRUCTURAS DE CONCRETO	2 días	8/3/17	9/3/17															
80	Encofrado y desencofrado	1 día	8/3/17	8/3/17	87														
81	Concreto f'c=175 kg/cm2	1 día	9/3/17	9/3/17	89														
82	REVESTIMIENTO	53 días	19/5/17	10/7/17															
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	49 días	19/5/17	6/7/17															
83	Procesamiento, transporte y compactación de suelo de baja permeabilidad, e=300 mm, D=1 km	29 días	19/5/17	16/6/17	63														
	Procesamiento, transporte y compactación de suelo de baja permeabilidad en bermas perimetrales, D=1 km	5 días	17/6/17	21/6/17	93														
84	Excavación y eliminación en zanja de anclaje, D=2 km	48 días	20/5/17	6/7/17	93CC+1 día														
85	GEOSINTÉTICOS	52 días	20/5/17	10/7/17															
86	Instalación de geomembrana LLDPE SST de 2 mm	52 días	20/5/17	10/7/17	95CC														
87	COLECCIÓN	42 días	15/6/17	26/7/17															
88	TUBERÍAS DE HDPE	42 días	15/6/17	26/7/17															
	Instalación de tuberías de HDPE de pared doble perforadas	42 días	15/6/17	26/7/17	97FC-26 días														
89	Instalación de tuberías de HDPE de pared doble no perforadas	42 días	15/6/17	26/7/17	100CC														
90	Instalaciones de yee para tubería de HDPE de pared doble	42 días	15/6/17	26/7/17	101CC														
91	Preparación e instalación de botas de HDPE	42 días	15/6/17	26/7/17	102CC														
92	SOBREREVESTIMIENTO	36 días	29/6/17	3/8/17															
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	36 días	29/6/17	3/8/17															
93	Procesamiento, transporte y colocación de material de sobre revestimiento, e=500mm, D=1,80 km	36 días	29/6/17	3/8/17	103CC+14 días														
94	ACCESOS	3 días	4/8/17	6/8/17															
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	3 días	4/8/17	6/8/17															
95	Procesamiento, transporte y compactación de la base de rodadura, e=200 mm, D=2 km	2 días	4/8/17	5/8/17	106														
	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructura en bema de seguridad, D=2km	1 día	6/8/17	6/8/17	109														
96	MANEJO DE DRENAJE SUPERFICIAL	51 días	29/4/17	18/6/17															
97	CANAL DE CORONACION ESTE - TRAMO 1	23 días	29/4/17	21/5/17															
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	21 días	29/4/17	19/5/17															
98	Excavación localizada y eliminación de material suelto, D=2 km	18 días	29/4/17	16/5/17	63FC-20 días														
	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras, D=2 km	3 días	17/5/17	19/5/17	114														
99	GEOSINTÉTICOS	2 días	20/5/17	21/5/17															
	Instalación de geomembrana HDPE lisa de 1,5 mm	2 días	20/5/17	21/5/17	115														

Proyecto: Cronograma\_Rev00  
Fecha: 14/12/21

Tarea  
División  
Hito  
Resumen  
Resumen del proyecto

Tarea inactiva  
Hito inactivo  
Resumen inactivo  
Tarea manual  
solo duración

Informe de resumen manual  
Resumen manual  
solo el comienzo  
solo fin  
Tareas externas

Hito externo  
Fecha límite  
Tareas críticas  
División crítica  
Progreso

Progreso manual

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	tri 2, 2016		tri 3, 2016		tri 4, 2016		tri 1, 2017		tri 2, 2017		tri 3, 2017			
						may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
100	CANAL DE CORONACION OESTE - TRAMO 1	12 días	22/5/17	2/6/17															
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	5 días	22/5/17	26/5/17															
101	Excavación localizada y eliminación de materia lue lto, D=2 km	4 días	22/5/17	25/5/17	117														
	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras, D=2 km	1 día	26/5/17	26/5/17	120														
102	GEOSINTÉTICOS	10 días	24/5/17	2/6/17															
103	Concreto fc=210 kg/cm <sup>2</sup>	4 días	24/5/17	27/5/17	121FC-3 días														
104	Instalación de geotextil no tejido de 270 g/m <sup>2</sup>	4 días	25/5/17	28/5/17	123FC-3 días														
105	Instalación de geocelda e=100 mm	5 días	29/5/17	2/6/17	124														
106	CANAL DE CORONACION OESTE - TRAMO 2	4 días	2/6/17	5/6/17															
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	3 días	2/6/17	4/6/17															
107	Excavación localizada y eliminación de materia lue lto, D=2 km	2 días	2/6/17	3/6/17	125FC-1 día														
	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras, D=2 km	1 día	4/6/17	4/6/17	128														
108	GEOSINTÉTICOS	1 día	5/6/17	5/6/17															
109	Instalación de geomembrana HDPE lisa de 1,5 mm	1 día	5/6/17	5/6/17	129														
110	ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN OESTE 1A	7 días	9/6/17	15/6/17															
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	2 días	9/6/17	10/6/17															
111	Excavación localizada y eliminación de materia lue lto, D=2 km	1 día	9/6/17	9/6/17	131FC+3 días														
	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras, D=2 km	1 día	10/6/17	10/6/17	134														
112	CONCRETO ARMADO	5 días	11/6/17	15/6/17															
113	Solado de concreto fc=100 kg/cm <sup>2</sup>	1 día	11/6/17	11/6/17	135														
114	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm <sup>2</sup>	2 días	11/6/17	12/6/17	137FC-1 día														
115	Encofrado y desencofrado	1 día	13/6/17	13/6/17	138														
	Concreto fc=210 kg/cm <sup>2</sup>	1 día	14/6/17	14/6/17	139														
116	Junta de dilatación para canales de concreto, incluye material elastomérico y waterstop	1 día	15/6/17	15/6/17	140														
117	ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN OESTE 2A	3 días	16/6/17	18/6/17															
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	2 días	16/6/17	17/6/17															
118	Excavación localizada y eliminación de materia lue lto, D=2 km	1 día	16/6/17	16/6/17	141														
	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras, D=2 km	1 día	17/6/17	17/6/17	144														
119	GEOSINTÉTICOS	1 día	18/6/17	18/6/17															
120	Instalación de geomembrana HDPE lisa de 1,5 mm	1 día	18/6/17	18/6/17	145														
121	ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN ESTE 1A	3 días	6/6/17	8/6/17															
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	2 días	6/6/17	7/6/17															
122	Excavación localizada y eliminación de materia lue lto, D=2 km	1 día	6/6/17	6/6/17	147FC-13 días														
	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras, D=2 km	1 día	7/6/17	7/6/17	150														
123	GEOSINTÉTICOS	1 día	8/6/17	8/6/17															
124	Instalación de geomembrana HDPE lisa de 1,5 mm	1 día	8/6/17	8/6/17	151														
125	INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA	92 días	19/5/17	18/8/17															
126	HITO TOPOGRÁFICO	0 días	4/8/17	4/8/17															8/4
	Hito topográfico	0 días	4/8/17	4/8/17	106														8/4

Proyecto: Cronograma\_Rev00  
Fecha: 14/12/21

Tarea  
División  
Hito  
Resumen  
Resumen del proyecto

Tarea inactiva  
Hito inactivo  
Resumen inactivo  
Tarea manual  
solo duración

Informe de resumen manual  
Resumen manual  
solo el comienzo  
solo fin  
Tareas externas

Hito externo  
Fecha límite  
Tareas críticas  
División crítica  
Progreso

Progreso manual

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	tri 2, 2016		tri 3, 2016		tri 4, 2016		tri 1, 2017		tri 2, 2017		tri 3, 2017			
						may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
127	INCLINÓMETRO VERTICAL/ PIEZÓMETRO HIDRÁULICO	5 días	2/8/17	6/8/17															
128	PERFORACIÓN	5 días	2/8/17	6/8/17															
129	Perforación Diamantina HQ3 DF	4 días	2/8/17	5/8/17	156FC-2 días														
130	Suministro e instalación de inclinómetro vertical	1 día	6/8/17	6/8/17	159														
131	PIEZÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE	15 días	4/8/17	18/8/17															
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	15 días	4/8/17	18/8/17															
132	Excavación y eliminación de material suelto para zanja de protección (1,0 m x 0,5 m)	12 días	4/8/17	15/8/17	156														
133	Excavación y eliminación de material suelto para caja de instrumentación (2,5 m x 2,5 m x 1,0 m)	1 día	16/8/17	16/8/17	163														
134	Transporte y nivelación de arena para protección de cable (1,0 m x 0,5 m)	12 días	6/8/17	17/8/17	164FC-11 días														
	Transporte y nivelación de arena para protección de piezómetro de cuerda vibrante (2,5 m x 2,5 m x 1,0 m)	1 día	18/8/17	18/8/17	165														
135	EQUIPOS	1 día	18/8/17	18/8/17															
136	Suministro e instalación de piezómetro de cuerda vibrante	1 día	18/8/17	18/8/17	166FC-1 día, 35FC-1 día														
137	SENSOR/ CELDA DE ASENTAMIENTO DE CUERDA VIBRANTE VENTILADO	24 días	19/5/17	11/6/17															
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	23 días	19/5/17	10/6/17															
138	Excavación y eliminación de material suelto para zanja de protección (1,0 m x 0,5 m)	7 días	19/5/17	25/5/17	93CC														
139	Excavación y eliminación de material suelto para caja de instrumentación (2,5 m x 2,5 m x 1,0 m)	1 día	26/5/17	26/5/17	171														
140	Transporte y nivelación de arena para protección de cable (1,0 m x 0,5 m)	14 días	27/5/17	9/6/17	172														
	Transporte y nivelación de arena para protección de piezómetro de cuerda vibrante (2,5 m x 2,5 m x 1,0 m)	1 día	10/6/17	10/6/17	173														
141	EQUIPOS	1 día	11/6/17	11/6/17															
142	Suministro e instalación de celda de asentamiento de cuerda vibrante no ventilado	1 día	11/6/17	11/6/17	174														
143	CASETA DE INSTRUMENTACIÓN	24 días	18/7/17	10/8/17															
144	MOVIMIENTO DE TIERRAS	2 días	18/7/17	19/7/17															
	Excavación y eliminación de material suelto para estructura	1 día	18/7/17	18/7/17	93FC+31 días														
145	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras, D=2 km	1 día	19/7/17	19/7/17	179														
146	CONCRETO ARMADO	5 días	19/7/17	23/7/17															
147	Solado f'c=100kg/cm2 (e=50mm)	1 día	20/7/17	20/7/17	180														
148	Acero de refuerzo fy=4200kg/cm2	3 días	19/7/17	21/7/17	182FC-2 días														
149	Encofrado y desencofrado	1 día	22/7/17	22/7/17	183														
150	Concreto f'c=210 kg/cm2	1 día	23/7/17	23/7/17	184														
	ACABADOS	18 días	24/7/17	10/8/17															
151	Muro ladrillo k.k.de arcilla 18 h (0.09x0.13x0.24) a mure de soga junta 1.5 cm. mortero 1:1:5	4 días	24/7/17	27/7/17	185														
152	Tarajeo de cielo raso	1 día	10/8/17	10/8/17	187FC+13 días														
153	Piso de cemento barrido y bruñado e=0.04 m	1 día	28/7/17	28/7/17	187CC+4 días														
154	Puerta metálica	1 día	29/7/17	29/7/17	189														
155	Ventana metálica	1 día	30/7/17	30/7/17	190														
156	Cerradura para puerta principal	1 día	31/7/17	31/7/17	191														
	Bisagra sacapuchina alumizada de 3 1/2 x 3 1/2	1 día	1/8/17	1/8/17	192														

Proyecto: Cronograma\_Rev00  
Fecha: 14/12/21

Tarea  
División  
Hito  
Resumen  
Resumen del proyecto

Tarea inactiva  
Hito inactivo  
Resumen inactivo  
Tarea manual  
solo duración

Informe de resumen manual  
Resumen manual  
solo el comienzo  
solo fin  
Tareas externas

Hito externo  
Fecha límite  
Tareas críticas  
División crítica  
Progreso

Progreso manual