



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

OPTIMIZACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS EN MEGA- RESERVORIOS DE TIERRA CON GEOMEMBRANA HDPE

**Trabajo de suficiencia profesional para optar al título
profesional de:
Ingeniero Civil**

Autor:

Jairo Elver Vasquez Gomez

Asesor:

Dr. Dante Salas Mercado

<https://orcid.org/0000-0003-0656-1979>

Trujillo - Perú

2025

Informe de Similitud




14% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
-

Fuentes principales

- 12%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Dedicatoria

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional está dedicado a Dios, por brindarme fortaleza y guiarme constantemente; a mi Madre, Margarita Gómez Cueva, a mi Esposa Milagros Dulce Maquen por su apoyo incondicional, sacrificio y motivación permanente; a mis hijos Thiago y Matthew, por su aliento y acompañamiento; y a todos los seres queridos que me brindaron su apoyo y comprensión durante el proceso de realización del presente trabajo.

Agradecimiento

Agradezco a Dios, nuestro creador, así como a mis familiares y docentes, por el apoyo brindado y por contribuir a alcanzar mis objetivos a través de las vivencias y aprendizajes compartidos día a día. Asimismo, expreso mi profundo agradecimiento al Dr. Dante Salas Mercado, asesor del presente Trabajo de Suficiencia Profesional, por su invaluable orientación, dedicación y acompañamiento durante el desarrollo de el mismo.

Finalmente, manifiesto mi sincero agradecimiento a todos los colaboradores involucrados en el proyecto en mención, por la confianza depositada en mi persona y por su valioso aporte en el desarrollo y aplicación del presente Trabajo de Suficiencia Profesional.

Tabla de contenido

Índice De Tablas	7
Índice De Figuras	8
Índice De Ecuaciones.....	9
Resumen Ejecutivo	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1.Realidad Problemática.	11
1.2.Descripción De La Empresa.	12
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 Topografía.....	16
2.2 Movimiento De Tierra	16
2.3 Corte Relleno Y Balance De Tierras	17
2.4 Estabilidad De Taludes	17
2.5 Análisis De Estabilidad Mediante El Método De Equilibrio Límite	17
2.6 Software Slide Para El Análisis De Estabilidad	18
2.7 Autodesk Civil 3d Aplicado Al Movimiento De Tierras.....	18
2.8 Presupuesto Y Control De Costos En Obras De Movimiento De Tierra .	18
2.9 Importancia De La Optimización En Mega Reservorios.....	19
3.0 Bases Normativas Y Reglamentarias Aplicables.....	20
3.1 Limitaciones Para El Desarrollo Del Proyecto	20
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	23
3.1 Proceso De Ingreso A La Empresa	23
3.2 Personas Involucradas En El Proyecto Laboral	23
3.3 Funciones Desempeñadas	24
3.4 Desarrollo Del Proyecto Por Etapas	25
3.5 Estrategia, Metodología Y Herramientas Utilizadas	26

3.6 Consideraciones Éticas	26
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	28
4.1 Resultados Relacionados Con La Optimización Del Movimiento De Tierras	28
4.2 Resultados Del Análisis De Estabilidad De Taludes	28
4.3 Resultados Del Control Presupuestal.....	29
4.4 Análisis Comparativo Integral	29
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
Referencias	34
Anexos	37

Índice de tablas

Tabla 1: Comparación de volúmenes antes y después de la optimización.....	28
Tabla 2: Factores de seguridad obtenidos en distintos escenarios de diseño.....	29
Tabla 3: Comparación presupuestal antes y después de la optimización.....	29
Tabla 4: Comparación integral de resultados.....	30

Índice de Figuras

Figura 1: Organigrama de Sánchez Rico ingeniería y construcción S.A.C.....	19
Figura 2: Principales clientes.....	15
Figura 3: Presupuesto para movimiento de tierras.....	12

RESUMEN EJECUTIVO

El problema laboral abordado se relaciona con las deficiencias técnicas y económicas en la construcción de reservorios de tierra con geomembrana HDPE, específicamente la falta de optimización del movimiento de tierras, la inestabilidad de taludes y las desviaciones presupuestales, lo que generaba reprocesos, sobrecostos y retrasos en los proyectos. Para el desarrollo de la solución se aplicó un enfoque descriptivo–aplicado, utilizando herramientas digitales especializadas. Autodesk Civil 3D fue empleado para el modelado topográfico, cálculo y optimización de volúmenes de corte, relleno y balance de tierras, mientras que el software Slide se utilizó para el análisis de estabilidad de taludes mediante el método de equilibrio límite. Microsoft Excel apoyó el control de metrados y presupuesto. Los resultados obtenidos mostraron una reducción significativa de los volúmenes de excavación y relleno, una mejora en el balance de tierras, el incremento de los factores de seguridad de los taludes por encima de los valores normativos y una disminución relevante de los costos asociados al movimiento de tierras y acarreo. Se concluye que la integración de herramientas de modelación digital y análisis geotécnico permite optimizar el proceso constructivo, mejorar la seguridad estructural y fortalecer la eficiencia técnica y económica en proyectos de mega-reservorios.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la gestión adecuada del agua se ha convertido en una prioridad global. La variabilidad climática, los periodos prolongados de sequía y el crecimiento de la demanda agrícola e industrial han generado una presión significativa sobre los recursos hídricos (SOLAW 2021).

En este escenario, la construcción de los reservorios de tierra con geomembrana HDPE surgen como una alternativa eficiente para almacenar y conservar agua de manera segura, permitiendo garantizar el abastecimiento hídrico durante los periodos críticos.

Dentro del campo de la ingeniería civil e hidráulica, la construcción de reservorios implica una serie de retos técnicos. Aspectos como el movimiento de tierras, la conformación y estabilidad de taludes. Así como las condiciones geotécnicas del terreno, resultan determinantes para asegurar el adecuado funcionamiento de estas estructuras durante toda su vida útil. Cuando dichos procesos no se desarrollan con precisión o cuando la información topográfica y geotécnica no se analiza de manera adecuada, pueden presentar riesgos como erosión, asentamientos diferenciales, fallas en taludes y pérdida de material granular.

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene como finalidad analizar y optimizar el proceso constructivo del movimiento de tierras en la construcción de mega-reservorios, permitiendo realizar comparativos de corte, relleno y acarreo del material excavado (Mamani 2024)., con el objetivo de mejorar la toma de decisiones técnicas y económicas. Para ello, se emplean herramientas especializadas como Autodesk Civil 3D y Slide, orientadas a la modelación, análisis de estabilidad y control presupuestal de proyectos de infraestructura hidráulica.

1.1. Realidad problemática.

A pesar de la experiencia adquirida, la empresa enfrenta dificultades recurrentes durante la

construcción de reservorios de tierra con geomembrana HDPE. Entre las principales limitaciones se encuentran:

- La falta de optimización en el movimiento de tierras.
- Problemas en la estabilidad de taludes.
- Ajustes y reprocesos que generan incrementos en el presupuesto y retrasos en el cronograma.

Estas situaciones afectan directamente el rendimiento del proyecto, que generan sobrecostos inesperados y limitan la capacidad de cumplir con los plazos establecidos, lo que representa un desafío continuo para la gestión operativa.

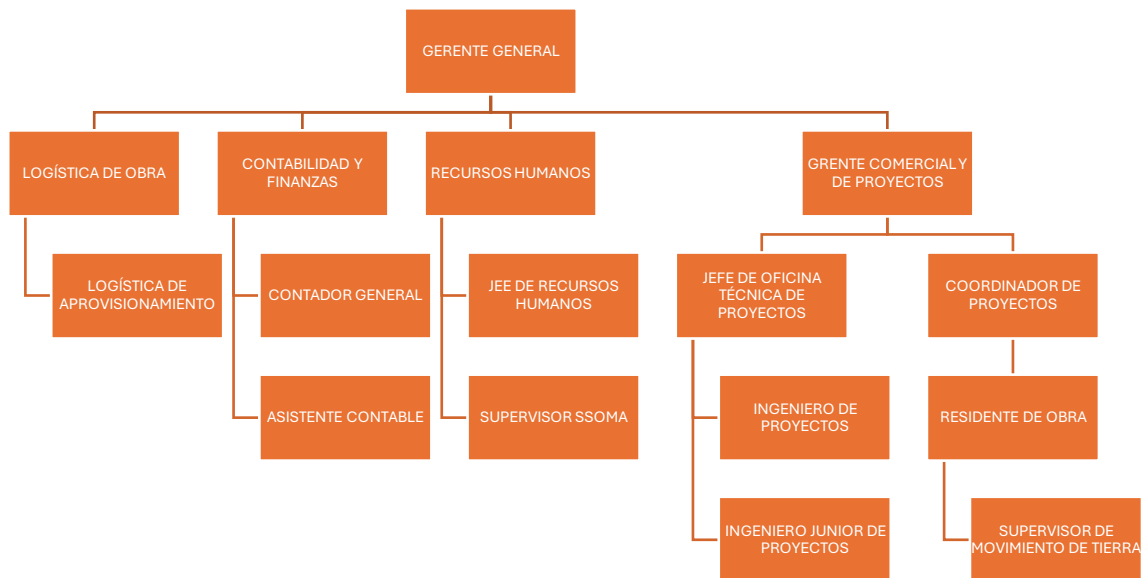
Y todo esto nos conlleva a optimizar el movimiento de tierras, garantizar la estabilidad de taludes y reducir desviaciones presupuestales en la construcción de reservorios mediante el uso integrado de Civil 3D y Slide.

1.2. Descripción de la empresa.

Sanchez Rico Ingeniería y Construcción S.A.C., fue creada en la Ciudad de Trujillo en el año 2013, ha desarrollado un rol importante dentro del sector de obras civiles e hidráulicas. Gracias a su experiencia en consultoría, ejecución y supervisión de proyectos como reservorios, tratamientos de agua, canales, tuberías, edificaciones urbanas, industriales y obras de movimiento de tierras a gran escala, la empresa ha logrado consolidarse en el ámbito regional, norte, centro y sur. Además, cuenta con flota de equipos y maquinaria que incluye excavadoras, volquetes, rodillos, motoniveladoras y equipos especializados, lo que le permite ejecutar proyectos de alto volumen con autonomía y eficiencia.

Figura 1

Organigrama de Sánchez Rico ingeniería y Construcción S.A.C.



El organigrama presentado corresponde a una estructura organizacional de tipo funcional, en la que las áreas se distribuyen de acuerdo con responsabilidades técnicas, administrativas y operativas.

En la cima de la estructura se encuentra la **Gerencia General**, responsable de la dirección estratégica, la toma de decisiones y la supervisión integral de todas las áreas de la organización.

1. Área de Logística de Obra

Esta área se encarga de garantizar la disponibilidad de materiales, equipos y suministros necesarios para la ejecución de los proyectos. Incluye la unidad de Logística de Aprovisionamiento, responsable de la gestión de compras, control de inventarios y coordinación de suministros de obra.

2. Área de Contabilidad y Finanzas

Responsable de la gestión económico-financiera de la empresa, el control presupuestal y la elaboración de estados financieros. Está conformada por:

- Contador General

- Asistente Contable

3. Área de Recursos Humanos

Tiene la función de gestionar el talento humano y asegurar el cumplimiento de la normativa laboral, así como los estándares de seguridad y salud en el trabajo. Incluye:

- jefe de Recursos Humanos

- Supervisor SSOMA

4. Gerencia Comercial y de Proyectos

Es el área más amplia de la organización, y se encuentra orientada a la gestión técnica, operativa y comercial de los proyectos.

4.1 Oficina Técnica de Proyectos

- Jefe de Oficina Técnica de Proyectos

- Coordinador de Proyectos

- Residente de Obra

4.2 Área de Ingeniería

- Ingeniero de Proyectos

- Ingeniero Junior de Proyectos

4.3 Operaciones de Movimiento de Tierra

- Supervisor de Movimiento de Tierra

TIPOS DE SERVICIOS QUE OFRECE LA EMPRESA SÁNCHEZ RICO INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.

La empresa brinda una amplia gama de servicios en el sector de la construcción, entre los que destacan:

Obras Hidráulicas:

- Construcción de Reservorios y obras de Tratamiento de Agua.
- Construcción de Canales de Conducción.
- Construcción de Estaciones de Bombeo.
- Construcción de Presas de Retención y Control de Sedimentos.
- Construcción de Sistemas de agua potable, conducción e irrigación.
- Movimiento de Tierras masivos.

Obras Civiles:

- Edificaciones Industriales en General.
- Edificaciones Comerciales.
- Construcción de Naves Industriales.
- Autopistas, Carreteras y Caminos.
- Habilitaciones Urbanas.

ALQUILER DE UNIDADES Y MAQUINARIA PESADA

Equipos y Maquinaria Disponible

- Dumper
- Autohormigoneras
- Tractores Sobre Orugas
- Excavadoras Sobre Oruga
- Retroexcavadora
- Rodillos
- Cargadores Frontales
- Motoniveladora
- Camionetas
- Omnibuses
- Minivan
- Camiones
- Volquetes
- Camiones Cisterna
- Cama Baja

PRINCIPALES CLIENTES

Sánchez Rico Ingeniería y Construcción S.A.C. ha brindado sus servicios a entidades públicas y privadas del sector agrícola, industrial y de infraestructura, consolidando relaciones de confianza basadas en la calidad técnica, el cumplimiento de plazos y la

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 TOPOGRAFIA

La topografía se define formalmente como la disciplina técnica encargada de la determinación, descripción y representación gráfica de una porción limitada de la superficie terrestre. Su objetivo fundamental es capturar con precisión las características geométricas del terreno, incluyendo elementos naturales y antrópicos, para proyectarlos sobre un plano horizontal de referencia.

A diferencia de la geodesia, la topografía opera bajo la hipótesis del **plano topográfico**, en la cual se desprecia la curvatura terrestre sin incurrir en errores significativos para las extensiones propias de proyectos de ingeniería civil. Esta delimitación geométrica permite establecer, como señalan Espartel (1987) y Doubek (1989), la posición relativa y el contorno de los elementos espaciales mediante el uso de instrumentación especializada y métodos de procesamiento de datos (citados en Machado, 2022)

2.2 MOVIMIENTO DE TIERRA

El movimiento de tierra comprende el conjunto de operaciones necesarias para modificar la topografía natural del terreno, con el fin de adaptarlo a las exigencias geométricas del proyecto. Incluye actividades como excavación, corte, relleno, compactación y acarreo de material.

En proyectos de reservorios de gran magnitud, el movimiento de tierra representa una de las partidas más significativas en términos de costo y tiempo de ejecución. Una adecuada planificación y optimización de estas actividades permiten reducir volúmenes innecesarios, minimizar distancias de acarreo y mejorar el rendimiento de los equipos.

2.3 CORTE RELLENO Y BALANCE DE TIERRAS

El corte corresponde a las excavaciones del material natural del terreno, mientras en relleno consiste en la colocación y compactación del material para alcanzar las cotas de diseño. El balance de tierras busca equilibrar los volúmenes de corte y relleno, con el objetivo de reducir la necesidad de material de préstamo o la disposición de excedentes.

Un balance de tierras eficiente contribuye a la reducción de costos, menor impacto ambiental y optimización del cronograma de proyectos.

2.4 ESTABILIDAD DE TALUDES

La estabilidad de taludes es un aspecto crítico en la construcción de reservorios de tierra, ya que una falla puede comprometer la seguridad estructural y la fundación de la obra. Los taludes deben diseñarse considerando las propiedades geotécnicas del suelo, la geometría del reservorio, las condiciones hidráulicas y los factores de seguridad exigidos por la normativa vigente.

Las fallas en taludes pueden presentarse en forma de deslizamiento, erosión superficial o colapsos parciales, generalmente asociado a pendientes excesivas drenajes inadecuados o subestimación de las características del suelo.

2.5 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE

El método de equilibrio límite es una de las técnicas más utilizadas para el análisis de estabilidad de taludes. Este método evalúa el equilibrio entre las fuerzas resistentes y las fuerzas actuantes a lo largo de una superficie potencial de Falla.

El factor de seguridad se define como la relación entre las fuerzas resistentes disponibles y las fuerzas que tienden a provocar el deslizamiento. Un factor de seguridad mayor al mínimo exigido indica una condición estable del talud.

2.6 SOFTWARE SLIDE PARA EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Slide es un software especializado en el análisis de estabilidad de taludes mediante métodos de equilibrio límite. Permite modelar geometrías complejas, definir estratigrafías del suelo, asignar parámetros geotécnicos y evaluar diferentes condiciones de carga y nivel freático.

El uso de Slide facilita la obtención de factores de seguridad confiable y la evaluación de diferentes escenarios de diseño, contribuyendo a la toma de decisiones técnicas fundamentadas.

2.7 AUTODESK CIVIL 3D APLICADO AL MOVIMIENTO DE TIERRAS

Autodesk civil 3D es una herramienta de modelado dinámico ampliamente utilizada en proyectos de ingeniería civil. En el ámbito de movimiento de tierras, permite realizar modelos digitales de terreno, calcular volúmenes de corte y relleno, optimizar trazados y generar comparativos entre distintas alternativas de diseño.

La integración de civil 3D en proyectos de reservorios posibilita una planificación más precisa, la reducción de errores constructivos y un control más eficiente de los costos asociados al movimiento de tierra.

2.8 PRESUPUESTO Y CONTROL DE COSTOS EN OBRAS DE MOVIMIENTO DE TIERRA

El presupuesto en obras de movimiento de tierras constituye una herramienta fundamental para la toma de decisiones técnicas y financieras. Su elaboración se basa en el análisis detallado de volúmenes, rendimientos de maquinaria, costos de operación, mano de obra, materiales y tiempos de ejecución. Desde la experiencia profesional, se ha evidenciado que una estimación imprecisa de los volúmenes de corte y relleno genera desviaciones significativas en los costos finales del proyecto.

Para mejorar la precisión del análisis presupuestal, se emplean herramientas digitales que permiten integrar datos topográficos, modelación tridimensional y metrados automáticos, lo que facilita la elaboración de hojas de cálculo y cuadros comparativos.

Figura 3
Presupuesto para movimiento de tierras.

22	RESERVORIO REGULADOR: VOL = 156,611.67 M3				726,303.16
22.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				629,342.15
22.01.01	EXCAVACIÓN MASIVA PARA ESTRUCTURAS (EQUIPO)	M3	171,877.25	1.15	197,658.84
22.01.02	EXCAVACION DE ZANJA DE ANCLAJE PARA GEOMEMBRANA	M3	176.43	8.79	1,550.82
22.01.03	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO PARA CONFORMACION DE DIQUE	M3	10,809.51	1.28	13,836.17
22.01.04	RELLENO DE ZANJA DE ANCLAJE PARA GEOMEMBRANA	M3	202.89	8.79	1,783.40
22.01.05	REFINE Y PERFILADO DE TALUDES Y BASE	M2	32,299.01	0.76	24,547.25
22.01.06	ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA HIDRATACION	día	120.00	96.97	11,636.40
22.01.07	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE DIST. = HASTA 1.50 KM	M3	186,849.33	1.59	297,090.43
22.01.08	ACARREO Y EXPLANACION DE MATERIAL EXCEDENTE (DIST. HASTA 50 M)	M3	162,477.68	0.50	81,238.84
22.02	GEOMEMBRANA				87,207.33
22.02.01	SUMINISTRO DE GEOMEMBRANA HDPE 1.00 MM LISA	M2	32,299.01	1.90	61,368.12
22.02.02	INSTALACION DE GEOMEMBRANA HDPE 1.00 MM LISA	M2	32,299.01	0.80	25,839.21
22.03	IMPERMEABILIZACION				1,330.88
22.03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE POLYLOC 4" (TIPO E)	M	36.93	33.33	1,230.88
22.03.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE BOTA DE GEOMEMBRANA PARA TUBERIA Ø 24"	UND	1.00	100.00	100.00
22.04	AUTOMATIZACIÓN				8,422.80
22.04.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE UN SENSOR DE NIVEL ULTRASÓNICO, TABLERO DE CONTROL, PANEL DE ENERGIA	GLB	1.00	8,422.80	8,422.80

El presupuesto de una obra de movimiento de tierras se elabora a partir del análisis de precios unitarios, considerando rendimientos de maquinaria, costos de operación, mano de obra y materiales. Un control presupuestal adecuado permite identificar desviaciones, evaluar alternativas de optimización y asegurar la viabilidad económica del proyecto.

La aplicación conjunta de herramientas digitales como Civil 3D y Slide contribuye a una mejor estimación de volúmenes y condiciones de estabilidad, lo que se traduce en presupuestos más precisos y confiables

2.9 IMPORTANCIA DE LA OPTIMIZACIÓN EN MEGA RESERVORIOS

En proyectos de gran escala, como los mega reservorios, la optimización de movimiento de tierra y el diseño de taludes estables adquieren especial relevancia debido a los elevados volúmenes de material involucrado y a los altos costos

asociados, la experiencia profesional demuestra que pequeñas variaciones en pendientes, volúmenes o distancias de acarreo pueden generar impactos económicos significativos.

Una gestión técnica adecuada permite reducir riesgos constructivos, minimizar sobrecostos y garantizar la seguridad y sostenibilidad de la infraestructura hidráulica a largo plazo.

3.0 BASES NORMATIVAS Y REGLAMENTARIAS APLICABLES

La aplicación práctica desarrollada en el presente trabajo se sustenta en normas y reglamentos vigentes relacionados con la Ingeniería Civil e Hidráulica, entre los que destacan los criterios de diseño geotécnicos para la estabilidad de taludes, las especificaciones para el movimiento de tierra y las recomendaciones para el uso de la geomembrana en las obras hidráulicas. Asimismo, se consideran lineamientos de seguridad y salud en el trabajo, así como buenas prácticas constructivas aplicables a proyectos de infraestructura

3.1 LIMITACIONES PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Durante el desarrollo del proyecto y la experiencia laboral analizada, se presentaron diversas limitaciones técnicas, operativas y administrativas que influyeron directamente en la planificación y ejecución de las obras de movimiento de tierras y estabilidad de taludes en reservorios de tierra con geomembrana HDPE, una de las principales limitaciones fue la de **falta de información geotécnica detallada en las etapas iniciales del proyecto**. En algunos casos, los estudios de suelos se limitaron a calicatas puntuales que no representaban adecuadamente la variabilidad del terreno. Esta situación generó la necesidad de realizar ajustes en los parámetros geotécnicos durante la ejecución, especialmente en zonas donde se identificaron estratos más blandos o materiales con mayor contenido de humedad,

lo que afectó la estabilidad de taludes y obligó a modificar pendientes inicialmente diseñadas.

Otra limitación relevante fue la **restricción de tiempo para el levantamiento topográfico actualizado**. En proyectos ejecutados bajo cronogramas ajustados, el modelado del terreno se realizó a partir de información topográfica preliminar, lo que ocasionó diferencias entre los volúmenes calculados y los realmente ejecutados. Estas discrepancias se tradujeron en incrementos de acarreo interno y en la necesidad de reprocesar partidas de movimiento de tierras.

Desde el punto de vista operativo, se presentaron **limitaciones en la disponibilidad y continuidad de la maquinaria pesada**, principalmente por mantenimientos correctivos no programados o por la redistribución de equipos hacia otros frentes de obra. Esta situación afectó los rendimientos previstos en el presupuesto, generando desviaciones en los costos y retrasos en el cronograma de ejecución.

Asimismo, se identificaron **limitaciones presupuestales** derivadas de variaciones en los costos de combustible y en los precios de operación de maquinaria, lo que obligó a optimizar las rutas de acarreo y a replantear el balance de tierras para reducir costos adicionales. En este contexto, el uso de Autodesk Civil 3D permitió evaluar escenarios alternativos de diseño, mientras que el software Slide facilitó la verificación de la estabilidad de taludes ante los cambios geométricos propuestos.

Finalmente, las **condiciones climáticas adversas**, como lluvias no previstas durante la etapa de excavación, constituyeron una limitación significativa, ya que incrementaron la humedad del suelo, redujeron la capacidad portante y dificultaron las labores de compactación. Estas condiciones evidenciaron la necesidad de contar

con análisis técnicos flexibles y herramientas de simulación que permitan anticipar riesgos y tomar decisiones oportunas durante la ejecución del proyecto.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

El presente capítulo tiene como finalidad describir de manera detallada y sistemática la experiencia profesional desarrollada en el marco de la presente suficiencia profesional, desde el proceso de ingreso a la empresa hasta la ejecución e implementación de las soluciones técnicas aplicadas en el proyecto laboral. Asimismo, se precisan las funciones desempeñadas, las herramientas utilizadas, la metodología adoptada y las consideraciones éticas que orientaron el ejercicio profesional.

3.1 PROCESO DE INGRESO A LA EMPRESA

El ingreso a la empresa Sánchez Rico Ingeniería y Construcción S.A.C. se realizó en el año 2013, mediante un proceso de selección orientado a incorporar profesionales con competencias en el área de técnico de proyectos, obras hidráulicas y control. Dicho proceso incluyó la evaluación del perfil profesional, entrevistas técnicas y la validación de la experiencia previa en proyectos de infraestructura.

Desde el inicio de la relación laboral, se asignó al suscrito a proyectos vinculados a la construcción de reservorios de tierra con geomembrana HDPE, donde se evidenció la necesidad de optimizar los procesos de movimiento de tierras, análisis de estabilidad de taludes y control presupuestal

3.2 PERSONAS INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO LABORAL

El desarrollo del proyecto contó con la participación de un equipo multidisciplinario conformado por profesionales de distintas áreas, lo que permitió una adecuada articulación de los aspectos técnicos, administrativos y operativos. Entre los principales actores involucrados se encuentran.

- Gerente General: responsable de la toma de decisiones estratégicas

y aprobación de recursos.

- Jefe de Oficina Técnica: encargado de la coordinación técnica y supervisión de los diseños.
- Residente de Obra: responsable de la ejecución en campo y control diario de actividades.
- Ingeniero de Proyectos: encargado del modelado, análisis y elaboración de propuestas técnicas.
- Supervisor de Movimiento de Tierras: responsable del control de maquinaria y rendimientos.
- Personal técnico y operarios: encargados de la ejecución directa de las actividades.

La interacción constante entre estos actores permitió identificar oportunamente los problemas técnicos y plantear soluciones viables.

3.3 FUNCIONES DESEMPEÑADAS

Durante el desarrollo del proyecto, se desempeñaron funciones vinculadas al área técnica, entre las que destacan:

- Elaboración y análisis de modelos topográficos mediante Autodesk Civil 3D.
- Cálculo de volúmenes de corte y relleno.
- Propuesta de alternativas geométricas para la optimización del movimiento de tierras.
- Análisis de estabilidad de taludes mediante el software Slide.
- Coordinación con el equipo de campo para la validación de información.

- Elaboración de metrados, presupuestos y cronogramas de obra
- Control de avances físicos y económicos.
- Elaboración de informes técnicos.

Estas funciones permitieron vincular la teoría con la práctica profesional, fortaleciendo el proceso de toma de decisiones técnicas.

3.4 DESARROLLO DEL PROYECTO POR ETAPAS

El proyecto se desarrolló de manera secuencial, siguiendo una estructura metodológica compuesta por las siguientes etapas:

Identificación del problema.

En la etapa inicial se identificaron diversas dificultades relacionadas con discrepancias entre los volúmenes teóricos y los volúmenes ejecutados, inestabilidad localizada de taludes y desviaciones presupuestales. Estas problemáticas generaban reprocesos, retrasos y sobrecostos.

Diagnóstico.

Se realizó un diagnóstico técnico que incluyó la revisión de planos, información topográfica, estudios geotécnicos disponibles y reportes de obra. Asimismo, se efectuaron visitas de campo para contrastar la información teórica con las condiciones reales del terreno.

Planificación.

A partir del diagnóstico, se elaboró un plan de trabajo que contempló:

- Actualización de levantamientos topográficos.
- Modelado del terreno en Civil 3D.
- Generación de superficies y secciones.
- Cálculo optimizado de volúmenes.

- Análisis de estabilidad de taludes en Slide.
- Reestructuración del presupuesto.

Implementación.

En esta etapa se aplicaron las soluciones técnicas propuestas. Se ajustaron pendientes, se redefinieron cotas, se optimizó el balance de tierras y se modificaron ciertos procesos constructivos, siempre bajo supervisión técnica.

3.5 ESTRATEGIA, METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS

La estrategia principal consistió en integrar herramientas digitales de modelado y análisis geotécnico para anticipar escenarios de riesgo y optimizar el proceso constructivo.

Metodológicamente, se adoptó un enfoque aplicado, de tipo descriptivo–analítico, sustentado en la experiencia profesional directa.

Las principales herramientas utilizadas fueron:

- Autodesk Civil 3D: para modelado topográfico, superficies, alineamientos y volúmenes.
- Slide: para análisis de estabilidad de taludes.
- Microsoft Excel: para elaboración de metrados, presupuestos y comparativos.
- Software de programación de obra.

3.6 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Durante el desarrollo de la experiencia profesional se respetaron principios éticos fundamentales de la ingeniería, tales como:

- Responsabilidad profesional.
- Honestidad en el manejo de la información.
- Respeto a la normativa vigente.

- Protección del medio ambiente.
- Seguridad del personal de obra.

Asimismo, se mantuvo la confidencialidad de la información técnica y económica proporcionada por la empresa, utilizando los datos únicamente con fines académicos.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

El presente capítulo expone y analiza los resultados obtenidos a partir de la aplicación de herramientas especializadas como Autodesk Civil 3D y Slide en el proyecto denominado Optimización del movimiento de tierras, estabilidad de taludes y presupuesto en mega-reservorios. Los resultados se organizan en función de las variables principales del estudio: movimiento de tierras, estabilidad de taludes y control presupuestal.

4.1 RESULTADOS RELACIONADOS CON LA OPTIMIZACIÓN DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS

La aplicación de Autodesk Civil 3D permitió generar modelos digitales del terreno más precisos, a partir de los cuales se obtuvieron volúmenes optimizados de corte y relleno. Esto facilitó el balance de masas y redujo la necesidad de material de préstamo.

Tabla 1

Comparación de volúmenes antes y despise de la optimización

Concepto	Método tradicional (m³)	Método optimizado (m³)	Diferencia (m³)
Corte	15,200	12,700	-2,500
Relleno	14,800	12,500	-2,300
Excedente	400	200	-200

Nota. Elaboración propia a partir del modelado en Civil 3D.

4.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

El análisis de estabilidad de taludes se realizó mediante el software Slide, empleando el método de equilibrio límite. Se evaluaron diferentes escenarios geométricos hasta alcanzar factores de seguridad superiores a los mínimos recomendados por la normativa.

Tabla 2*Factores de seguridad obtenidos en distintos escenarios de diseño*

Escenario	Pendiente del talud	Factor de seguridad inicial	Factor de seguridad final
1	1V:1.5H	1.18	1.35
2	1V:2H	1.25	1.42
3	1V:2.5H	1.30	1.48

Nota. Resultados obtenidos mediante simulación en Slide

4.3 RESULTADOS DEL CONTROL PRESUPUESTAL

La optimización geométrica y volumétrica permitió ajustar el presupuesto del proyecto, disminuyendo los costos asociados al movimiento de tierras y al reproceso de actividades.

Tabla 3*Comparación presupuestal antes y después de la optimización*

Ítem	Presupuesto inicial (S/)	Presupuesto optimizado (S/)	Ahorro (S/)
Excavación	129,200	107,950	21,250
Relleno y compactación	91,760	77,500	14,260
Acarreo	76,000	63,500	12,500
Total	296,960	248,950	48,010

Nota. Elaboración propia a partir del análisis de metrados y APU.

4.4 ANÁLISIS COMPARATIVO INTEGRAL

Con la finalidad de evaluar de manera global el impacto de la aplicación de Civil 3D y Slide, se elaboró un cuadro comparativo que integra las tres variables principales.

Tabla 4*Comparación integral de resultados*

Variable	Antes de la optimización	Después de la optimización	Mejora observada
Volumen de excavación	Alto	Moderado	Reducción
Estabilidad de talud	Riesgo medio	Riesgo bajo	Incremento FS
Presupuesto	Elevado	Optimizado	Ahorro

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La aplicación integrada de herramientas especializadas como Autodesk Civil 3D y Slide permitió optimizar significativamente el movimiento de tierras en la construcción de mega-reservorios, logrando una reducción sustancial de los volúmenes innecesarios de excavación y relleno. Esta optimización se tradujo en una mejora directa del rendimiento operativo y en una disminución de los tiempos de ejecución.

El análisis de estabilidad de taludes mediante métodos de equilibrio límite, apoyado por el software Slide, permitió incrementar los factores de seguridad a valores superiores a los mínimos recomendados por la normativa vigente, reduciendo el riesgo de fallas geotécnicas y garantizando la seguridad estructural del reservorio.

La optimización geométrica y volumétrica del proyecto generó un impacto positivo en el control presupuestal, evidenciándose una reducción de los costos asociados a excavación, relleno y acarreo. Esto demuestra que la correcta toma de decisiones técnicas influye directamente en la sostenibilidad económica de los proyectos de infraestructura hidráulica.

La experiencia profesional desarrollada permitió aplicar competencias propias de la formación en ingeniería civil, tales como el análisis técnico, la interpretación de información topográfica y geotécnica, la modelación digital del terreno, la evaluación de alternativas de diseño y el control de costos. Estas competencias se reflejaron en la capacidad de identificar problemas, proponer

soluciones viables y evaluar su impacto técnico y económico.

El enfoque metodológico adoptado, basado en la identificación del problema, diagnóstico, planificación e implementación de soluciones, permitió estructurar el proceso de intervención de manera ordenada y sistemática, facilitando el control de cada etapa del proyecto.

La experiencia evidenció que la integración entre teoría y práctica es fundamental para la mejora continua de los procesos constructivos, ya que permite validar conceptos técnicos en contextos reales y ajustar los diseños en función de las condiciones del terreno y las restricciones del proyecto.

Finalmente, se concluye que la optimización del movimiento de tierras, el diseño seguro de taludes y el control presupuestal no deben abordarse de manera aislada, sino como un sistema integrado que permita maximizar la eficiencia, seguridad y rentabilidad de los proyectos de reservorios de tierra

Recomendaciones

Se recomienda que las empresas dedicadas a la construcción de reservorios de tierra incorporen de manera sistemática herramientas de modelado digital y análisis geotécnico, como Civil 3D y Slide, desde las etapas iniciales de planificación, a fin de anticipar problemas y reducir reprocesos durante la ejecución.

Es fundamental realizar levantamientos topográficos actualizados y estudios geotécnicos detallados antes del inicio de obra, ya que la calidad de la información inicial influye directamente en la precisión de los volúmenes calculados y en la confiabilidad de los análisis de estabilidad.

Se sugiere implementar protocolos de control continuo de taludes durante

la ejecución, especialmente en épocas de lluvias o en suelos de baja cohesión, para detectar oportunamente signos de inestabilidad.

En términos presupuestales, se recomienda establecer sistemas de seguimiento en tiempo real que permitan comparar los costos reales con los costos proyectados, facilitando la toma de decisiones correctivas oportunas.

Se recomienda fortalecer la capacitación del personal técnico en el uso de herramientas digitales especializadas, con el fin de mejorar la calidad de los diseños y optimizar los procesos constructivos.

Para futuros proyectos, se sugiere desarrollar estudios comparativos entre diferentes alternativas geométricas y constructivas, evaluando no solo su viabilidad técnica, sino también su impacto económico y ambiental.

Finalmente, se recomienda promover una cultura organizacional orientada a la mejora continua, donde la experiencia adquirida en cada proyecto sea sistematizada y utilizada como base para la optimización de futuros diseños y procesos constructivos.

REFERENCIAS

- Amegashie-Viglo, S. (2014). *Recruitment and Selection Strategies and Processes in Public Sector Organisations: Perceptions and Realities*. 4(6). www.iiste.org
- BIM 4D Y 5D: Gestión del tiempo y costos en proyectos – Lsgingenieros*. (s. f.). Recuperado 5 de enero de 2026, de <https://lsgingenieros.net/bim-4d-y-5d-gestion-del-tiempo-y-costos-en-proyectos/>
- buildingSMART España. (s. f.). *¿Qué es BIM? - buildingSMART Spain*. buildingSMART España. Recuperado 4 de enero de 2026, de <https://www.buildingsmart.es/bim/>
- Caballero, J. D., & Apestegui, P. C. (2024). *Optimización del proceso de elaboración de presupuesto, programación de obra y especificaciones técnicas mediante Delphin Express para un proyecto de*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/38681>
- Carlos Bustamante Barahona. (2023). *"APLICACIÓN DE BIM 4D Y SU IMPACTO EN LA*. <https://orcid.org/0000-0002-9232-1359>
- castañeda lopez. (2024). *Optimización en la elaboración de costos y presupuestos para la realización de expedientes técnicos usando el programa Delphin Express BIM 360 en la empresa*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/38729>
- Cerezo-Narváez, A., Pastor-Fernández, A., Otero-Mateo, M., & Ballesteros-Pérez, P. (2020). Integration of Cost and Work Breakdown Structures in the Management of Construction Projects. *Applied Sciences* 2020, Vol. 10, Page 1386, 10(4), 1386. <https://doi.org/10.3390/APP10041386>
- Céspedes Cáceres, O. J. (2021). Deficiencias en expedientes técnicos, afectan en la ejecución de obras públicas y la planificación presupuestal. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88556>
- (Choclán Gámez, S. S. & G. M. (2014). *INTRODUCCION_A_LA_METODOLOGIA_BIM_ESPANO*.

- Doukari, O., Seck, B., & Greenwood, D. (2022). The Creation of Construction Schedules in 4D BIM: A Comparison of Conventional and Automated Approaches. *Buildings*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS12081145>
- Encalada Ojeda. (2016). *Aplicación de la Tecnología Bim en la Gestión de la Construcción y Análisis de los Beneficios del Modelamiento 4D-5D (Tiempo-Costo) en un Edificio de 9 Pisos en la Ciudad de Arequipa*. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstreams/ba90644a-9671-446a-8337-799465db65d1/download>
- García-Alvarado, R., Soza, P., Moroni, G., Pedreros, F., Avendaño, M., Banda, P., & Berríos, C. (2024). From BIM model to 3D construction printing: A framework proposal. *Frontiers of Architectural Research*, 13(4), 912-927. <https://doi.org/10.1016/J.FOAR.2024.03.002>
- González-Santiago, E., Acuña-Gamboa, L. A., & Velasco-Núñez, E. (2022). Habilidades Digitales en la Educación Superior: Una Necesidad en la Formación de Ingenieros Civiles. *Revista Docentes 2.0*, 15(1), 27-40. <https://doi.org/10.37843/rted.v15i1.286>
- <https://seystic.com/bim-la-historia-del-building-information-modelling/>. (s. f.). *Qué es el BIM y cuál es su historia - Infografía | Seys*. Recuperado 8 de enero de 2026, de <https://seystic.com/bim-la-historia-del-building-information-modelling/>
- Inter Pro*. (s. f.). Recuperado 7 de enero de 2026, de <https://www.interpro.ec/>
- Kaur, R., Mwambegele, B. J., Abraham, A. G., Basheer, S. A., & Garia, S. (2025). A comprehensive review on building information modelling (BIM), its implementations and applications. *Discover Civil Engineering 2025 2:1*, 2(1), 177-. <https://doi.org/10.1007/S44290-025-00342-5>
- Las 7 Dimensiones BIM - Grupo BIMnD*. (s. f.). Recuperado 4 de enero de 2026, de <https://www.bimnd.es/7dimensionesbim/>
- Martínez, V. B. (2021). *Retraso en la ejecución de obras públicas por administración directa, en el distrito de Pichari-La Convención-Cusco, 2018*.

<https://repositorio.unica.edu.pe/items/4feb6142-5d15-4e7d-b7fc-da8a3604ab8f>

Medina Velasque. (2021). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL «EVALUACION COMPARATIVA DEL S10, DELPHIN EXPRESS, ARQUIMEDES Y SISTEMA RW7, DE LOS COSTOS Y PRESUPUESTOS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL PABELLÓN DE CIENCIAS SOCIALES DE LA UNSAAC CUSCO, 2018» Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil Jurados.*

Neyra, C. V. (2024). *Deficiencias del expediente técnico y su relación con la mala ejecución de obras públicas, 2024.*
<http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/10147>

Ocean, s. f. (s. f.). *Dimensiones BIM: 2D, 3D, 4D, 5D, 6D, 7D, 8D, 9D y 10D BIM.* Recuperado 7 de enero de 2026, de <https://revizto.com/en/2d-3d-4d-5d-6d-bim-dimensions/>

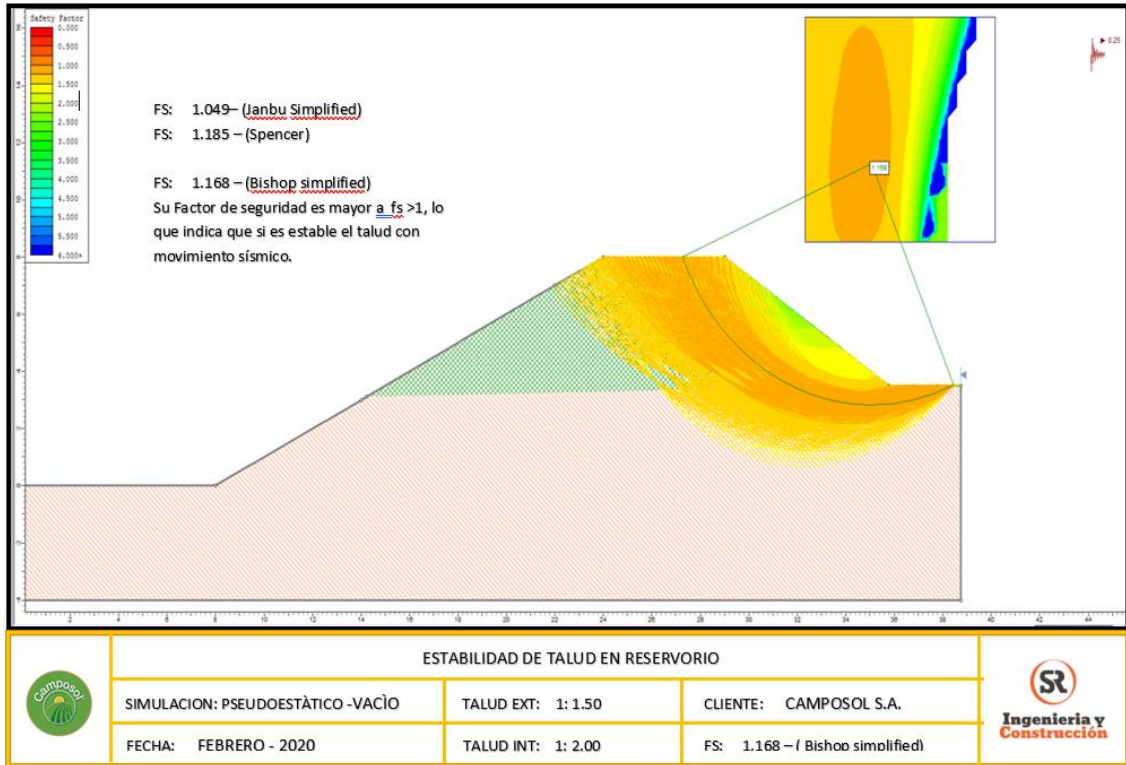
Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018a). BIM Handbook. *BIM Handbook.* <https://doi.org/10.1002/9781119287568>

Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018b). BIM Handbook. *BIM Handbook.* <https://doi.org/10.1002/9781119287568>

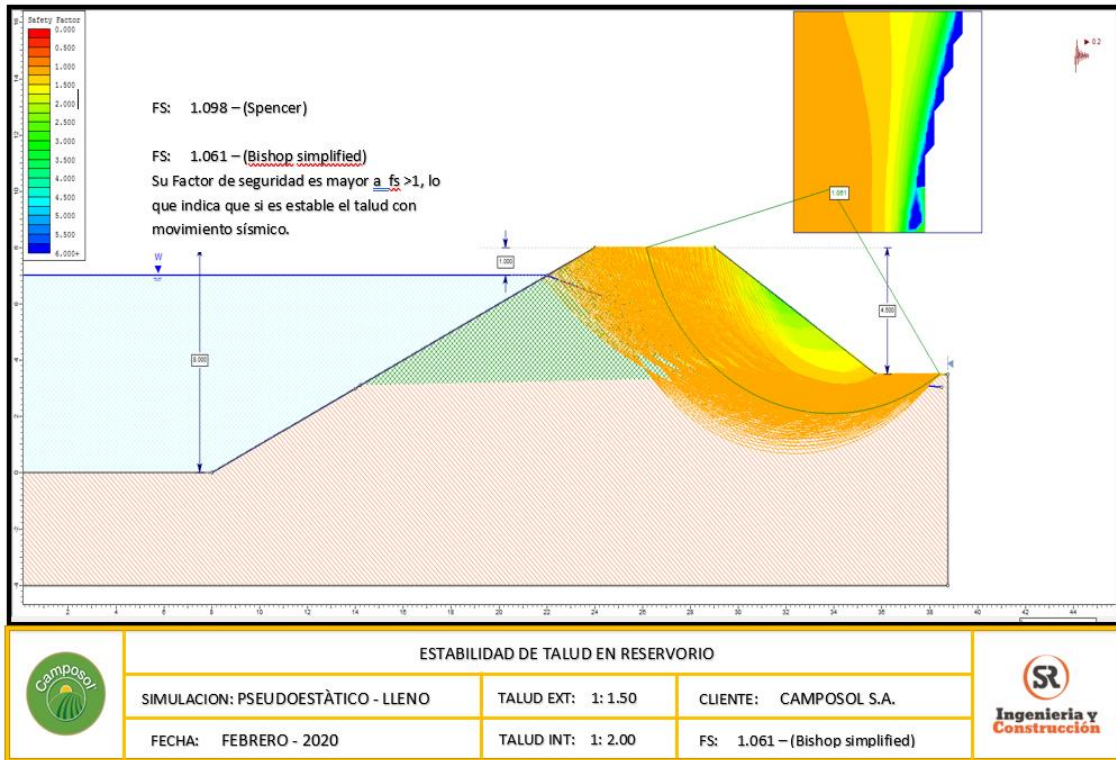
Yurema, X., Macedo, H., Prudenci Cuela, F. E., Doritza, D., Carlos, V., Carol, O., Miranda, C., & Tarco Sánchez, A. (2023). Eficiencia y eficacia en la ejecución de obras públicas: Un análisis crítico. *rclimatol.eu*, 23, 1825-1833.
<https://doi.org/10.59427/rcli/2023/v23cs.1825-1833>

ANEXOS

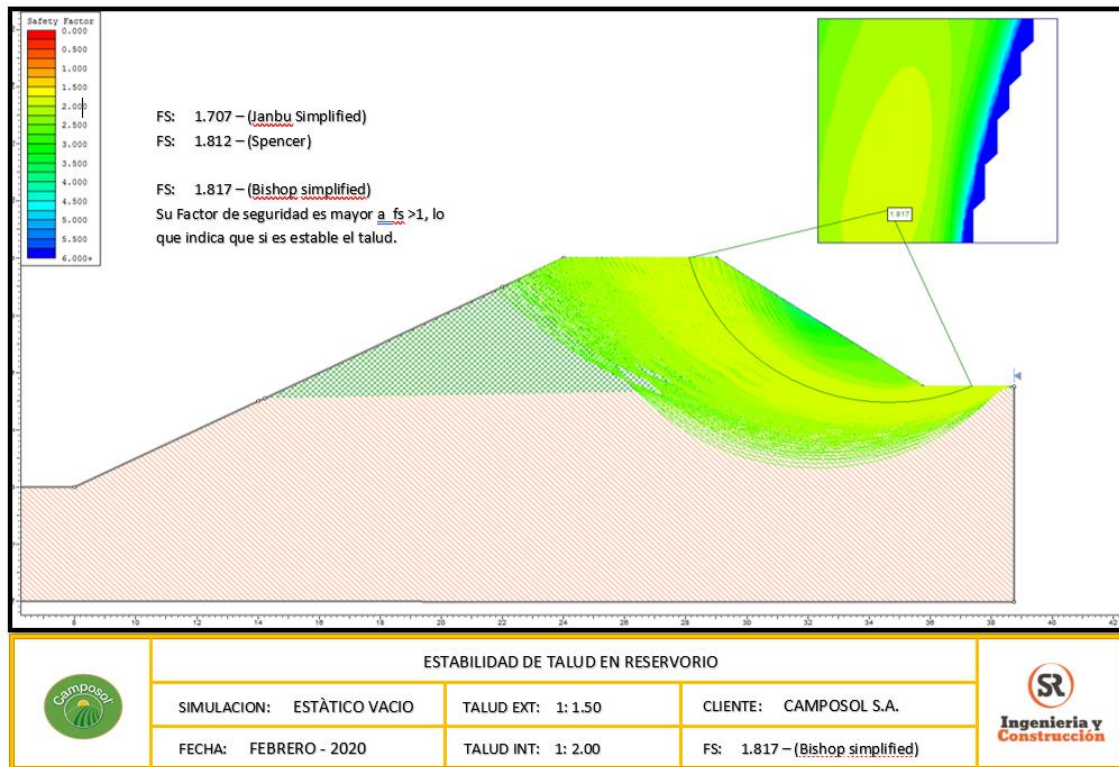
ANEXO N° 1. Simulación Pseudoestático-Vacio



ANEXO N° 2. Simulación Pseudoestático-lleno



ANEXO N° 3. Simulación Estático-vacío



ANEXO N° 4. Simulación Estático-lleno

