



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

**Metodología y Ventajas del Uso de Smart 3D en la Generación de
Información Aplicada al Proyecto WTP2 Yanacocha.**

Trabajo de Titulación para optar al Título
de **Técnico Universitario en Proyectos de
Ingeniería**

Alumno:

Alex Francisco Seguel Galindo

Profesor guía:

Sr. Sergio Hernández

INDICE

I. INTRODUCCIÓN

- 1.1 Exposición General del Proyecto
- 1.2 Principales Interrogantes del Proyecto
- 1.3 Justificación del Proyecto
- 1.4 Metodología Propuesta para Realizar el Proyecto
- 1.5 Objetivos del Proyecto
 - 1.5.1 Objetivo General
 - 1.5.2 Objetivos Específicos
- 1.6 Marco Teórico
- 1.7 Marco Normativo

II. DESARROLLO DEL PROYECTO

- 2.1 Contexto General del Proyecto WTP2 Yanacocha – Planta Este
- 2.2 Flujo de trabajo de modelado CSA en Smart 3D
- 2.3 Principales funciones y herramientas utilizadas en Smart 3D
- 2.4 Arquitectura funcional y modelo de datos aplicado al proyecto
- 2.5 Coordinación multidisciplinaria con piping, mecánica y electricidad
- 2.6 Clash Detection y Coordinación en Navisworks

III. METODOLOGÍA DE GENERACIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA

- 3.1 Metodología de generación de modelos 3D
- 3.2 Generación de planos, cortes y detalles desde Smart 3D
- 3.3 Emisión de listados técnicos y MTO automáticos
- 3.4 Gestión de revisiones y control documental con Agile y Aconex
- 3.5 Integración con Inspect Database y QA/QC
- 3.6 Estrategia de actualización automática y trazabilidad de cambios
- 3.7 Validación documental con obra y reportes fotográficos

IV. ANÁLISIS COMPARATIVO Y EVALUACIÓN DEL SOFTWARE

- 4.1 Criterios funcionales de comparación
- 4.2 Comparación Smart 3D vs AVEVA E3D
- 4.3 Comparación Smart 3D vs Tekla Structures
- 4.4 Comparación Smart 3D vs Revit / AutoCAD Plant 3D

- 4.5 Tabla comparativa de funcionalidades aplicadas al trabajo técnico
- 4.6 Ventajas observadas en productividad, coordinación y trazabilidad
- 4.7 Desventajas, limitaciones y oportunidades de mejora

V. RESULTADOS OBTENIDOS

- 5.1 Resultados del flujo de modelado CSA
- 5.2 Resultados en generación documental automática
- 5.3 Resultados en coordinación multidisciplinaria
- 5.4 Resultados comparativos frente a otros softwares
- 5.5 Síntesis global de resultados

VI. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

- 6.1 Discusión sobre el Modelado Inteligente y la Calidad de la Información
- 6.2 Discusión sobre Coordinación Multidisciplinaria
- 6.3 Discusión sobre Integración Documental y Flujo Corporativo
- 6.4 Discusión sobre la Aplicación en Terreno

VII. BIBLIOGRAFÍA

- 7.1 Bibliografía técnica y corporativa
- 7.2 Webgrafía oficial y software de referencia

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Exposición General del Proyecto

El presente proyecto de titulación analiza el uso del software **Intergraph Smart 3D (S3D)** como herramienta principal para el desarrollo de modelos tridimensionales, documentación técnica y coordinación multidisciplinaria en entornos industriales complejos. El análisis se orienta de manera práctica al trabajo realizado en la **Planta Este del proyecto WTP2 Yanacocha**, donde Smart 3D fue utilizado para modelar elementos civiles, estructurales y arquitectónicos (CSA), integrarlos con otras disciplinas y generar documentos oficiales del proyecto.

Dado que la ingeniería industrial moderna exige precisión geométrica, trazabilidad documental y coordinación simultánea entre especialidades, Smart 3D se ha consolidado como una herramienta fundamental en proyectos mineros, energéticos y de proceso. Su arquitectura basada en datos centralizados, reglas de diseño y catálogos paramétricos permite modelos coherentes y documentación actualizada automáticamente, evitando inconsistencias típicas de entornos CAD tradicionales.

La Planta Este del proyecto WTP2 Yanacocha constituye un escenario real que permite observar en terreno cómo Smart 3D aporta valor al proceso de diseño, revisión y construcción. Este capítulo presenta el enfoque general, los objetivos, la justificación del estudio, la metodología aplicada y los marcos teóricos y normativos que sustentan el análisis.

Yanacocha es esencialmente una mina de oro a cielo abierto, con plata como subproducto. Su importancia radica en ser un megaproyecto aurífero que ha marcado la minería peruana desde los años 90, y que actualmente se encuentra en la fase final de extracción. El proyecto WTP2 Yanacocha de Newmont, se origina por la necesidad de garantizar agua potable y tratada en Cajamarca.

1.2 Principales Interrogantes del Proyecto

Para orientar el trabajo se plantean las siguientes preguntas:

- ¿Qué ventajas concretas ofrece Smart 3D en comparación con herramientas tradicionales y otros softwares industriales como Tekla Structures, AVEVA E3D o Revit?
- ¿Cómo contribuye Smart 3D al modelado inteligente de elementos CSA utilizando catálogos, reglas y atributos técnicos?
- ¿Qué aporta Smart 3D al flujo de trabajo multidisciplinario empleado en la Planta Este del proyecto WTP2 Yanacocha?
- ¿De qué manera mejora la trazabilidad y consistencia documental durante el proceso de diseño?
- ¿Qué impacto tiene sobre la generación de planos y documentos oficiales del proyecto?
- ¿Cómo se integra Smart 3D con plataformas como Navisworks, Agile, Inspect Database y Aconex en el proyecto real?

Estas interrogantes permiten establecer el alcance del estudio y fundamentar el análisis posterior.

1.3 Justificación del Proyecto

Este proyecto se justifica por diversas razones técnicas, académicas y profesionales:

✓ Necesidad industrial

Los proyectos actuales requieren herramientas de modelado inteligente capaces de asegurar precisión, coherencia y trazabilidad. Smart 3D responde a estos requerimientos de manera robusta.

✓ Relevancia del rol del Dibujante Técnico

El profesional debe dominar herramientas modernas de modelado, documentación y coordinación multidisciplinaria, especialmente en proyectos mineros y de infraestructura.

✓ Aplicación práctica en un proyecto real

El trabajo realizado en la **Planta Este del proyecto WTP2 Yanacocha** demuestra la utilidad concreta del software en tareas como modelado CSA, detección de interferencias y emisión documental.

✓ Comparación con otras herramientas

Es relevante evaluar por qué Smart 3D es preferido en ingeniería industrial frente a alternativas como Tekla, E3D o Revit.

✓ Beneficio para la construcción

El modelo generado permitió generar documentación confiable y facilitar la ejecución en terreno.

En conjunto, estas razones respaldan la importancia de analizar Smart 3D como plataforma integral para ingeniería.

1.4 Metodología Propuesta para Realizar el Proyecto

La metodología aplicada combina análisis documental, revisión técnica y aplicación práctica. Las etapas consideradas fueron:

1.4.1 Recopilación de información técnica

Se revisó material oficial de Hexagon, documentación interna de proyectos y bibliografía relacionada al modelado industrial.

1.4.2 Análisis del proyecto WTP2 Yanacocha – Planta Este

Se estudiaron:

- modelos 3D
- documentación CSA
- metodologías de etiquetado
- reportes fotográficos
- diagramas corporativos
- planos de fundaciones y estructuras.

1.4.3 Estudio del flujo multidisciplinario

Incluyendo interacción con disciplinas mecánica, piping, eléctrica e instrumentación.

1.4.4 Comparación con otros softwares

Tekla Structures, AVEVA E3D, Revit, AutoCAD Plant 3D.

1.4.5 Elaboración de marco conceptual

Incluyendo conceptos de modelado inteligente, bases paramétricas, BIM industrial y trazabilidad.

1.4.6 Síntesis de resultados

Integrando observaciones prácticas obtenidas de Planta Este con análisis técnico del software.

1.5 Objetivos del Proyecto

1.5.1 Objetivo General

Evaluar el uso y aporte de Smart 3D en procesos de modelado 3D, generación documental y coordinación multidisciplinaria, con aplicación práctica en la Planta Este del proyecto WTP2 Yanacocha.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Describir el flujo de trabajo y funciones principales.
- Documentar la metodología de generación de información.
- Comparar sus capacidades con otros softwares industriales.

1.6 Marco Teórico

El marco teórico se sustenta en conceptos relacionados con:

- Modelado tridimensional industrial.
- Modelado basado en datos y reglas.
- Catálogos paramétricos.
- Bases de datos estructuradas.
- BIM aplicado a infraestructura industrial.
- Coordinación multidisciplinaria.
- Control de interferencias.
- Automatización documental.

Estos conceptos permiten comprender cómo Smart 3D se diferencia de herramientas CAD convencionales y por qué representa una solución avanzada.

1.7 Marco Normativo

El presente trabajo se encuentra regulado por:

Normativa UTFSM

- Estructura formal del informe.
- Estilo y formato académico.
- Lineamientos de presentación.

Normativa corporativa industrial

- Procedimientos de etiquetado.
- Codificación de elementos.
- Emisión de documentos CSA.

- Control de revisiones mediante Agile.
- Revisión en 3D mediante Navisworks.
- Registros QA/QC en Inspect Database.

Estándares técnicos internacionales

Aplicables al diseño industrial, estructuras, documentación y modelado 3D.

Estos marcos regulan tanto la presentación académica como la coherencia técnica del proyecto.

II. DESARROLLO DEL PROYECTO

El presente capítulo presenta un desarrollo práctico y aplicado del uso del software **Intergraph Smart 3D (S3D)** dentro del contexto real del proyecto **WTP2 Yanacocha – Planta Este**, en el cual se ejecutaron actividades de modelado 3D, coordinación multidisciplinaria, verificación de interferencias, estructura CSA y generación de documentación técnica.

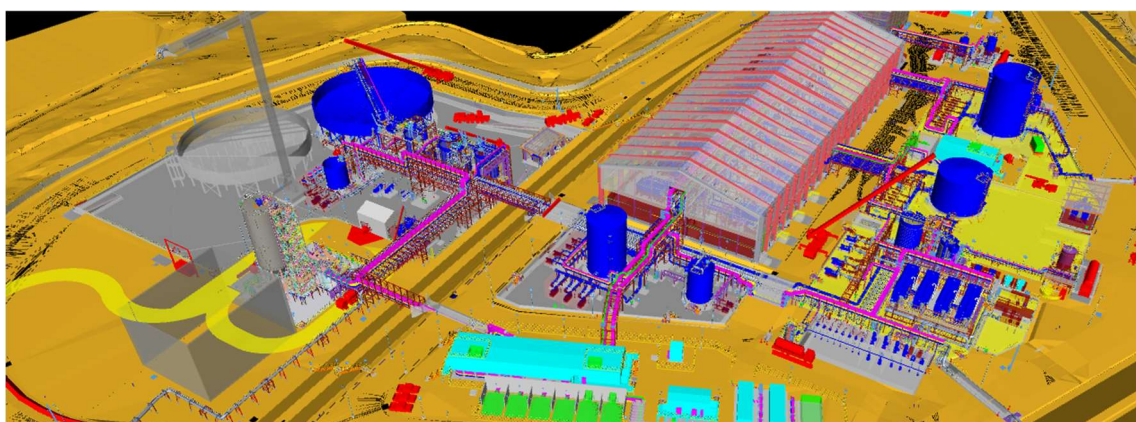
Si bien el proyecto WTP2 no constituye el tema principal del trabajo, sirve como **caso práctico real** en el que se evidencia la utilidad del software, los procesos involucrados y la forma en que Smart 3D optimiza la ingeniería en entornos industriales complejos.

2.1 Contexto General del Proyecto WTP2 Yanacocha – Planta Este

El proyecto Yanacocha WTP2 corresponde a la instalación de una Planta de Tratamiento de Aguas (Water Treatment Plant) ubicada en una faena minera peruana. La **Planta Este**, particular foco de este desarrollo, contempla:

- estructuras civiles y metálicas,
- fundaciones para equipos,
- estanques,
- zonas de proceso,
- pasarelas,
- áreas de bombeo,
- salas eléctricas,
- equipos de tratamiento,
- racks estructurales menores,
- y obras complementarias.

Este entorno permite ejemplificar de manera práctica la eficiencia del modelado inteligente mediante Smart 3D.



Vista general del modelo 3D – Planta Este, WTP2 Yanacocha

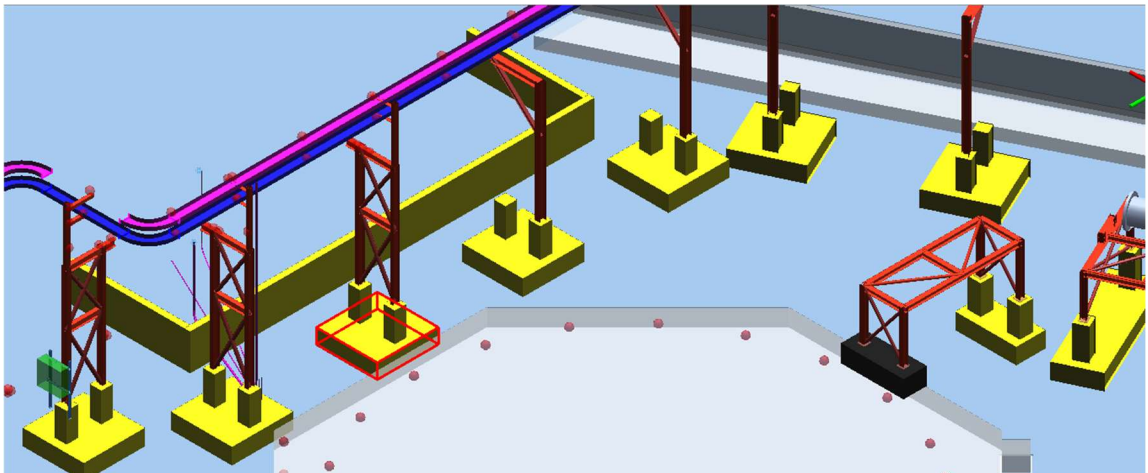
2.2 Flujo de trabajo de modelado CSA

Smart 3D proporciona ventajas operacionales en el desarrollo del proyecto, permitiendo:

- modelado basado en reglas,
- catálogos estructurales definidos,
- uso de perfiles normalizados,
- integración con modelos multidisciplinarios,
- asociación de atributos y datos,
- generación automática de documentación.

El modelado CSA en Planta Este se realizó mediante:

- elementos de concreto (slabs, pedestales, fundaciones),
- elementos metálicos (perfiles, escaleras, pasarelas),
- coordinación con piping, electricidad e instrumentación,
- referencia cruzada con condiciones de terreno y topografía.



Modelado de fundaciones, muros y pedestales – Planta Este

2.3 Principales funciones y herramientas

La arquitectura del software permitió:

✓ Un modelo único centralizado

Todas las disciplinas consumen y alimentan el mismo entorno, evitando duplicación de información.

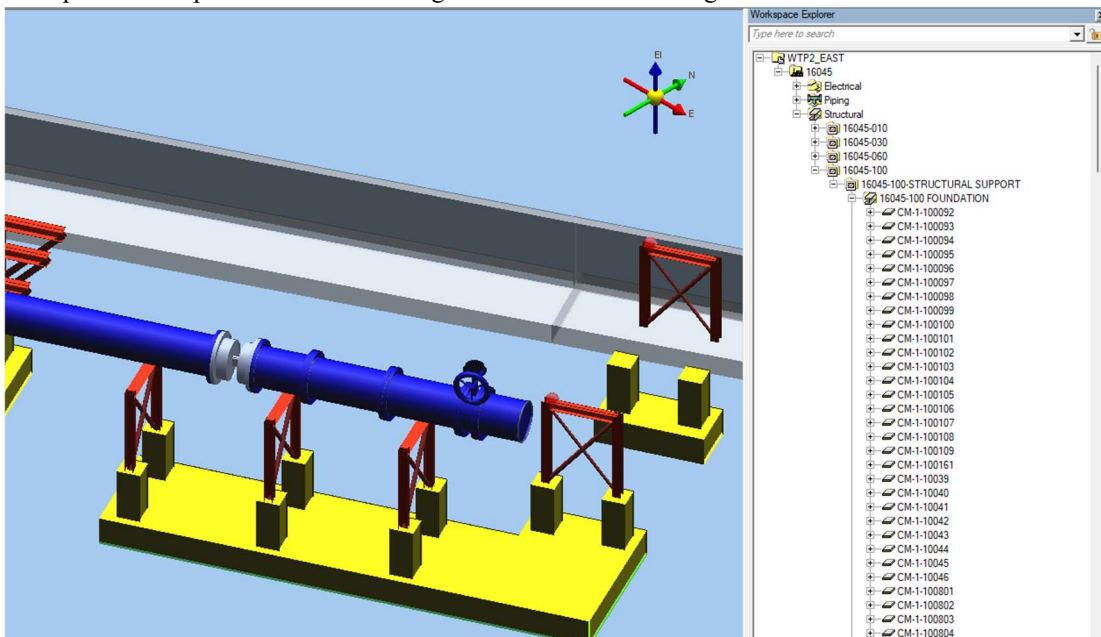
✓ Validación automática basada en reglas

Cada elemento se valida según catálogos y restricciones corporativas.

✓ Flujo de trabajo colaborativo

Equipos ubicados en distintos países trabajan simultáneamente sobre el mismo dataset.

Esquema de arquitectura Smart 3D según documentación Hexagon



2.4 Arquitectura funcional y modelo de datos

El flujo real utilizado fue:

1. Modelado inicial CSA
2. Inserción de equipos mecánicos
3. Integración con piping
4. Revisión con eléctrica e instrumentación
5. Clash detection en Navisworks
6. Ajustes y correcciones
7. Emisión de modelos y planos
8. Registro de información en Agile y Aconex

2.5 Coordinación multidisciplinaria

El proyecto utilizó documentos corporativos claves como:

✓ 26442-ST3-1HR-P61H-00105 – CSA Application Integration Diagram

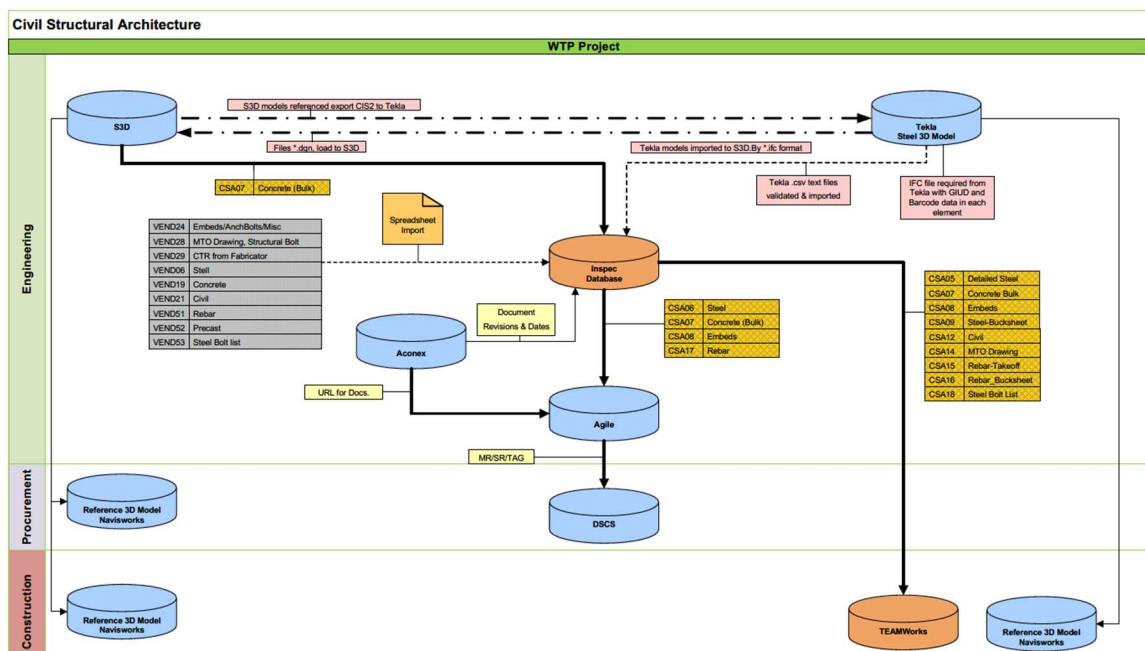
Este documento muestra la relación entre:

- Smart 3D
- Navisworks
- Inspect Database
- Hexagon Smart Materials
- Agile
- Aconex

✓ Metodología de Etiquetado

Define codificación de:

- insertos
- pernos
- embebidos
- elementos estructurales



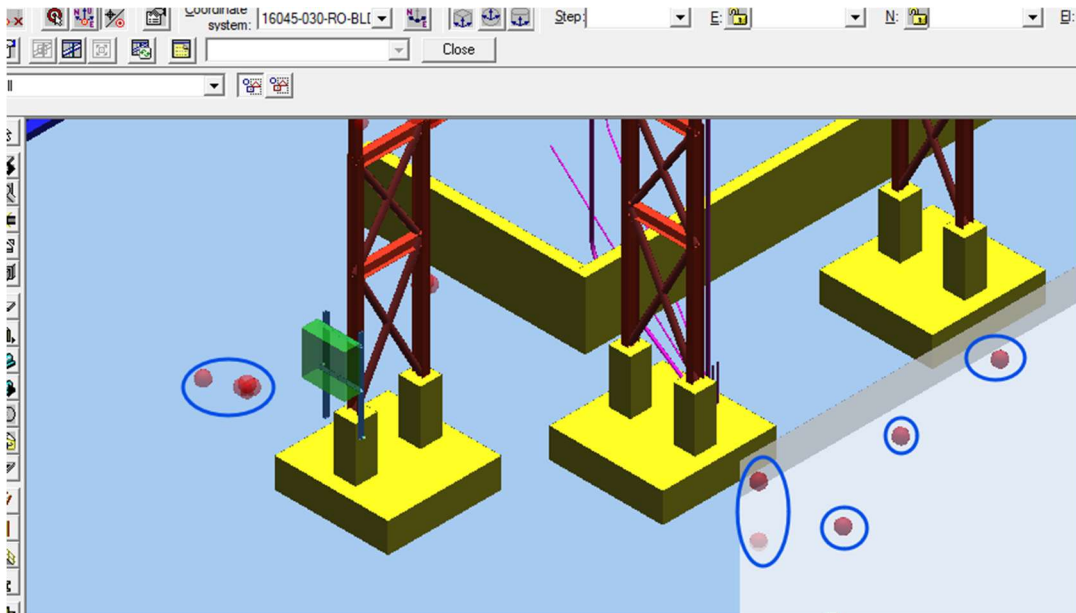
Documento CSA Integration

2.6 Clash detection y revisión en Navisworks

Navisworks se utilizó para:

- identificación de interferencias,
- recorridos virtuales,
- coordinación entre disciplinas,
- revisión con el cliente,
- simulación de montaje.

Los Clash se pueden identificar mediante distintas herramientas, en Smart 3D directamente, en visores NavisWorks, o SmartReview.



Interferencias con otros elementos del modelo del entorno modelado de Smart 3D

2.7 Generación de Planos y Documentos CSA

Smart 3D permitió generar:

- planos de fundaciones,
- planos de estructuras metálicas,
- cortes,
- detalles,
- isométricos
- MTO automáticos.

Cada cambio en el modelo actualizaba la documentación.

III. METODOLOGÍA DE GENERACIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA

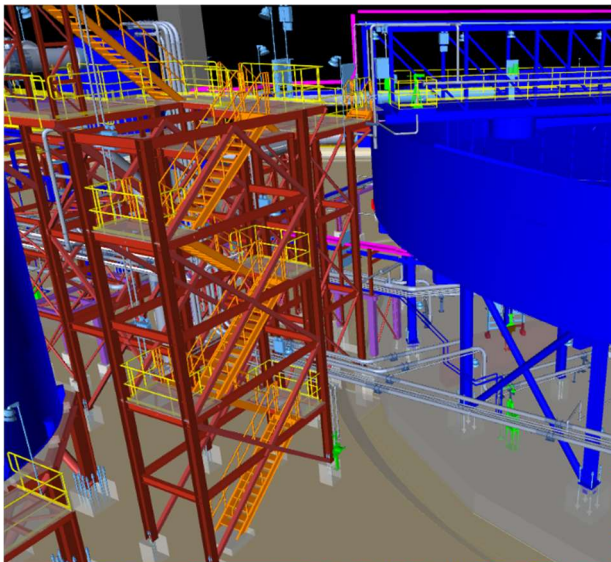
El presente capítulo expone los resultados obtenidos durante el análisis y aplicación del software **Intergraph Smart 3D (S3D)** en las actividades de modelado, coordinación, revisión y generación documental del proyecto **WTP2 Yanacocha – Planta Este**.

3.1 Calidad del Modelo 3D y Representación Gráfica

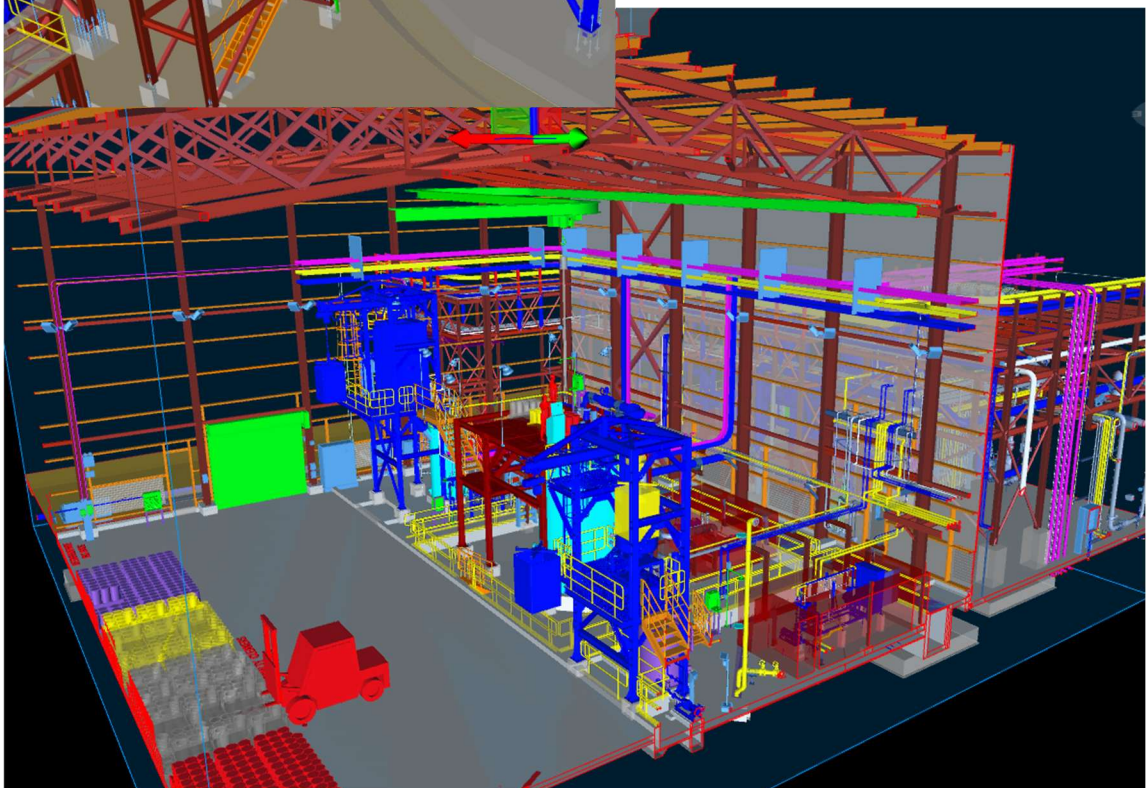
Smart 3D permitió elaborar un modelo tridimensional altamente preciso y coherente con las disciplinas involucradas. La estructura de datos del software facilitó la verificación geométrica, la estandarización y el cumplimiento de reglas corporativas.

Resultados observados:

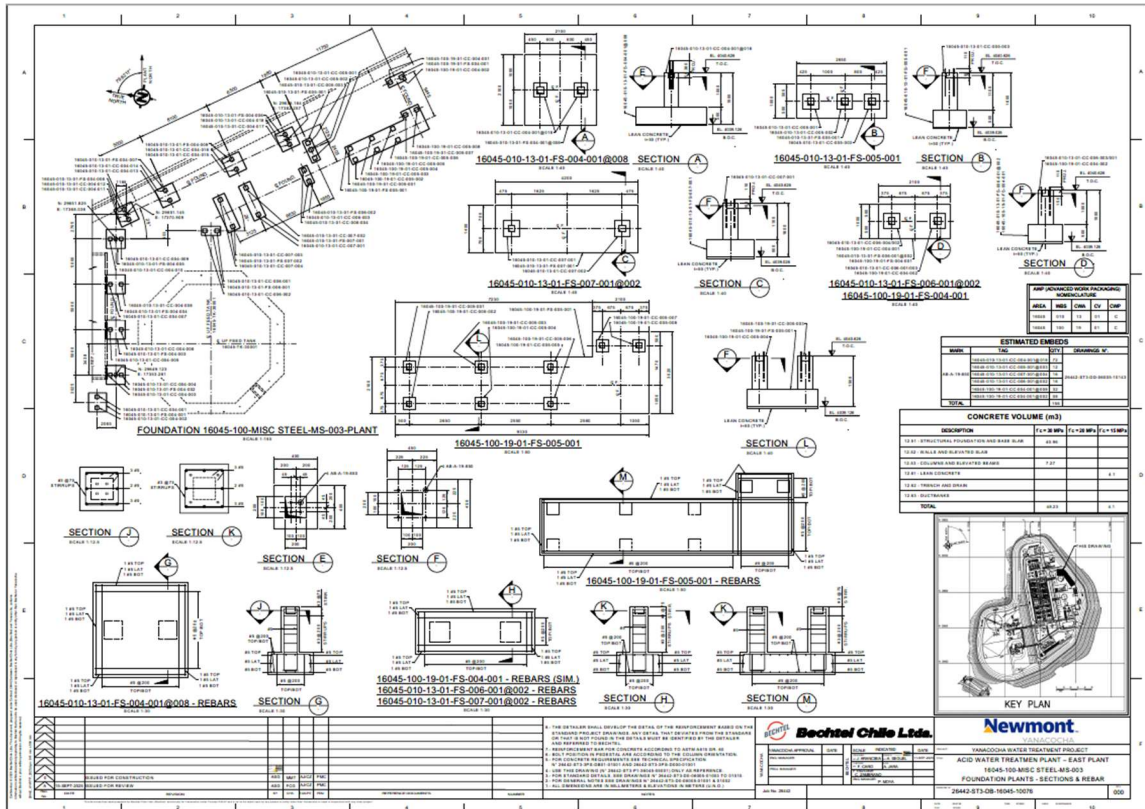
- Las fundaciones y estructuras metálicas del sector Este fueron modeladas sin inconsistencias geométricas.
- Se redujo el tiempo de inserción de elementos gracias al uso de reglas y catálogos CSA.
- El modelo final representó fielmente los requerimientos del cliente y de las disciplinas mecánica y de piping.



Integración de modelo con todas las disciplinas



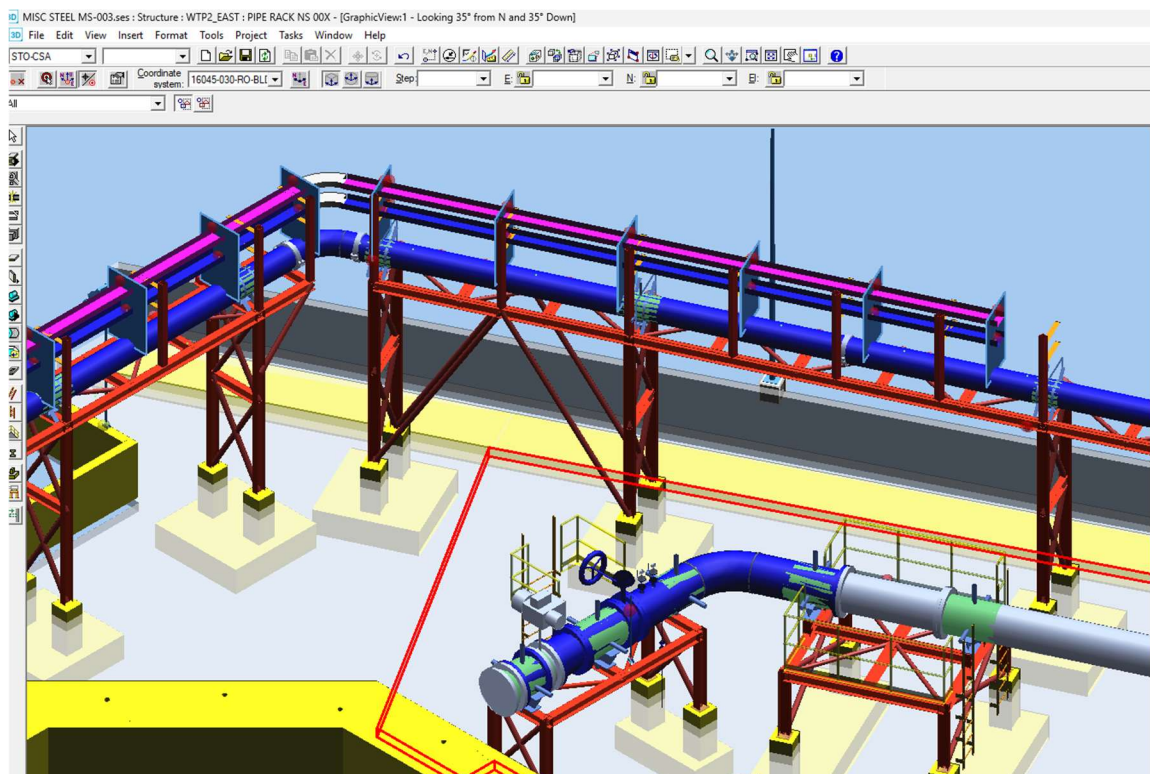
3.2 Generación de planos, cortes y detalles



Plano Fundaciones generado desde modelo Smart 3D

Resultados concretos:

- Se redujo el número de interferencias detectadas en comparación con iteraciones anteriores.
- Las estructuras CSA se sincronizaron correctamente con soportes mecánicos y equipos.
- La disciplina de piping pudo apoyar sus rutas directamente en la geometría real CSA.



Modelo 3D integrado de la Planta Este generado en Smart 3D

3.3 Emisión de listados técnicos y MTO automáticos

Se generaron cubicaciones automáticas de hormigón, acero, pernos de anclaje e insertos.

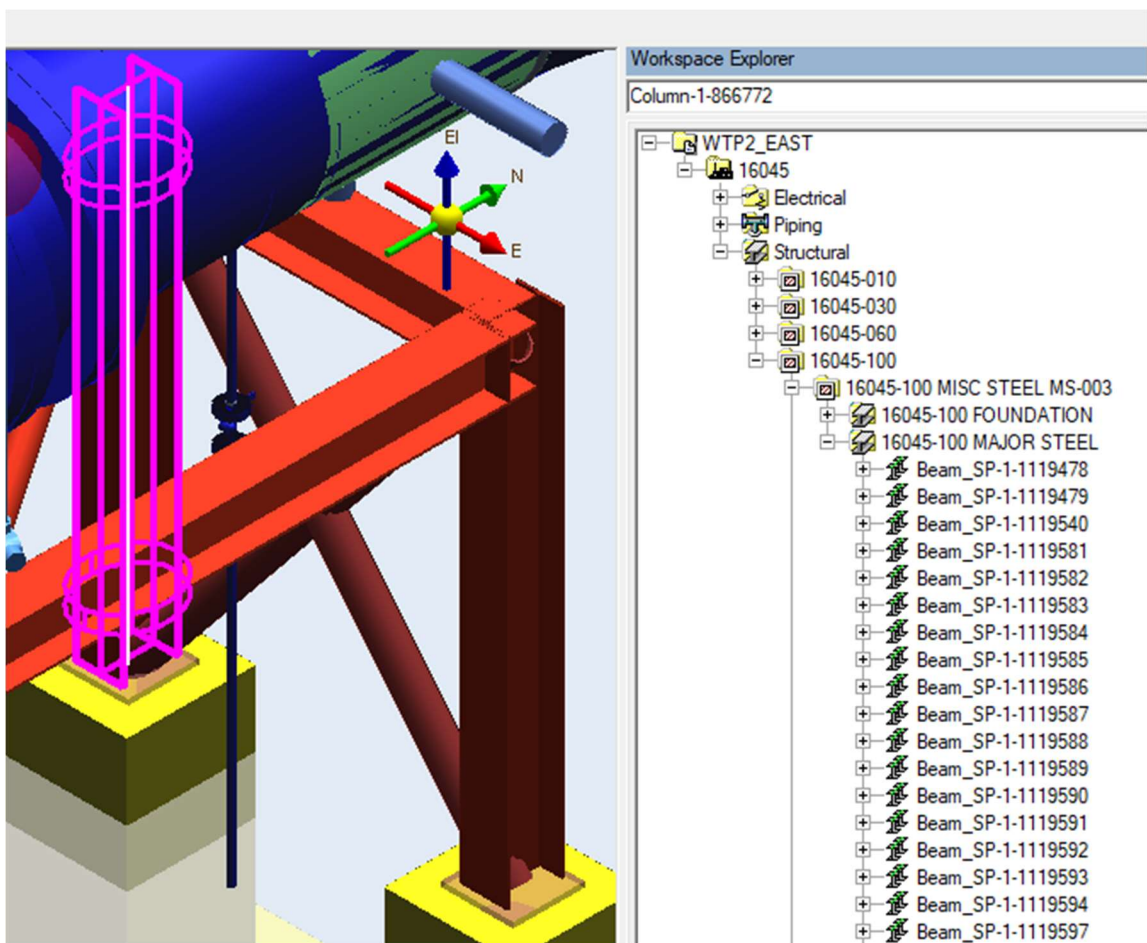
3.4 Gestión documental con Agile y Aconex

Uno de los trabajos prácticos más relevantes en Planta Este fue el modelado de:

- fundaciones de equipos,
- pedestales,
- insertos y anchor bolts,
- losas,
- muros de contención,
- plataformas metálicas.

Smart 3D permitió:

- aplicar metodologías de etiquetado,
- mantener consistencia dimensional,
- enlazar elementos con planos y reportes,
- minimizar la duplicación de trabajo manual.



Elementos modeladas en Smart 3D con tagging corporativo

3.5 Integración con Inspect Database y QA/QC

La integración entre Smart 3D y plataformas corporativas permitió:

Resultados directos:

- seguimiento completo de los elementos modelados,
- carga y validación de controles QA/QC,
- registro de estados de construcción,
- compatibilización con documentos oficiales del cliente.

Inspect Database centralizó información de:

- avances,
- inspecciones,
- materiales utilizados,
- aceptación en sitio.

Agile administró:

- flujos de emisión documental,
- revisiones,
- históricos de cambios,
- aprobaciones del cliente.

3.6 Estrategia de actualización automática

Uno de los resultados clave fue la **generación automatizada de planos y listados (MTO)** desde el modelo central, lo que:

- redujo tiempos de emisión,
- evitó errores por desactualización,
- permitió replanteos rápidos ante cambios,
- entregó documentación coherente al cliente.

Planos como:

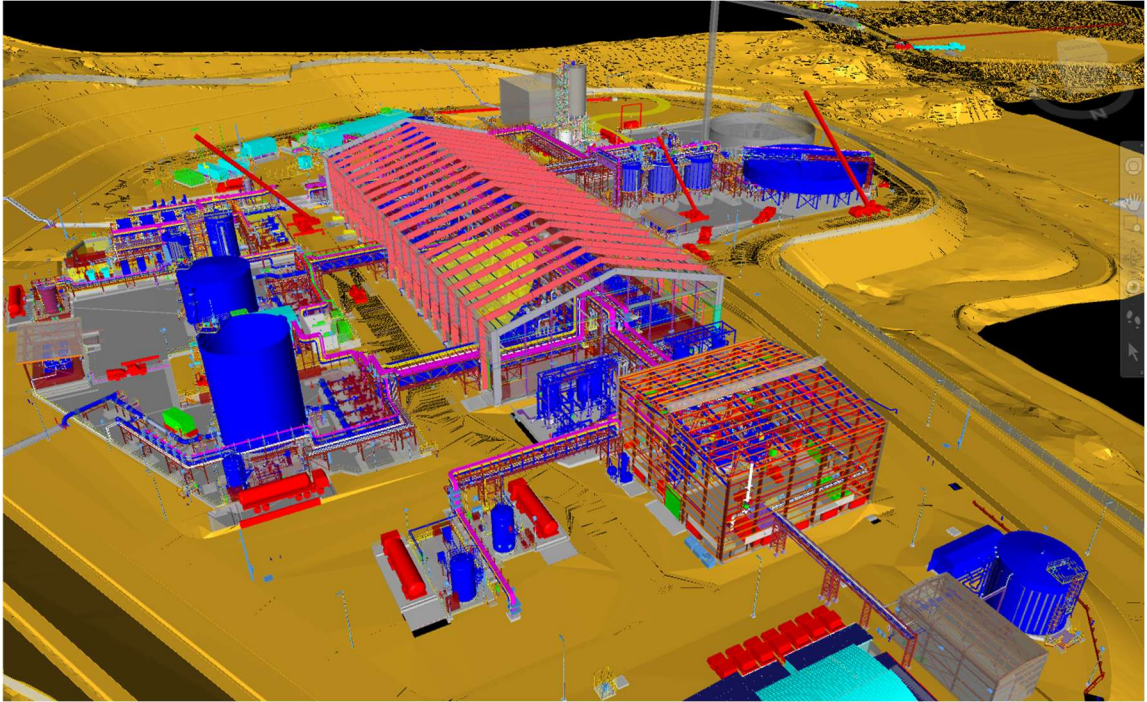
- cortes estructurales,
- detalles constructivos,
- secciones transversales,
- planos de ubicación,
- planos de fundaciones,

fueron generados directamente desde Smart 3D.

3.7 Reportes Fotográficos y Validación en Terreno

Los reportes fotográficos del cliente mostraron que:

- las estructuras y fundaciones construidas coincidieron con lo modelado,
- no existieron desviaciones significativas,
- las interferencias predichas en modelo no se presentaron en terreno,
- la documentación emitida desde Smart 3D fue precisa y aplicable.



fotos en contraste del modelo, con la obra en proceso



IV. ANÁLISIS COMPARATIVO Y EVALUACIÓN DEL SOFTWARE

4.1 Criterios funcionales de comparación

Se comparó modelado inteligente, multiusuario, automatización de planos, MTO, trazabilidad y QA/QC.

4.2 Smart 3D vs AVEVA E3D

Ambos destacan en industria, pero Smart 3D mostró mejor integración documental corporativa en CSA.

4.3 Smart 3D vs Tekla Structures

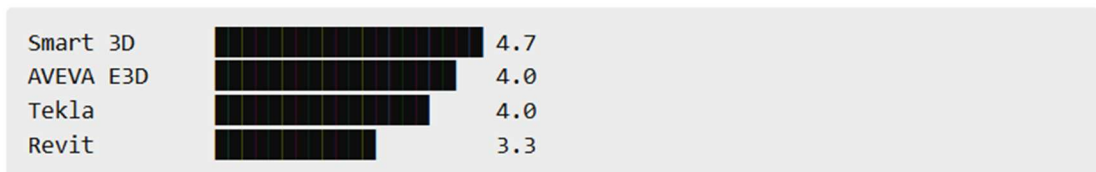
Tekla sobresale en detailing estructural, mientras Smart 3D ofrece mejor integración multidisciplinaria industrial.

4.4 Smart 3D vs Revit / Plant 3D

Revit presenta ventajas BIM arquitectónicas, pero Smart 3D domina en minería e integración de procesos.

| Criterio técnico | Smart 3D | AVEVA E3D | Tekla | Revit |
|---------------------------------|----------|-----------|-------|-------|
| Modelado CSA industrial | 5 | 4 | 5 | 3 |
| Integración multidisciplinaria | 5 | 5 | 3 | 3 |
| Generación automática de planos | 5 | 4 | 4 | 4 |
| MTO / cubicaciones | 5 | 4 | 5 | 3 |
| Trazabilidad documental | 5 | 4 | 3 | 3 |
| QA/QC y obra | 5 | 3 | 4 | 2 |
| Curva de aprendizaje | 3 | 3 | 4 | 5 |

Gráfico visual comparativo (promedio global)



4.6 Ventajas observadas

Alta trazabilidad, automatización, coherencia y reducción de errores.

4.7 Desventajas y limitaciones

Curva de aprendizaje, dependencia de catálogo y complejidad de administración.

V. RESULTADOS OBTENIDOS

5.1 Resultados del flujo de modelado CSA

Reducción de tiempos de modelado y mejora en consistencia geométrica.

5.2 Resultados en generación documental

Disminución de errores de planos desactualizados y rapidez en emisiones.

5.3 Resultados en coordinación

Menor número de clashes y mejor integración entre disciplinas.

5.4 Resultados comparativos

Smart 3D presentó mejor desempeño global en trazabilidad documental.

5.5 Síntesis global

Se comprobó una mejora significativa en productividad y calidad técnica.

VI. DISCUSIÓN

El análisis del uso de **Intergraph Smart 3D (S3D)** en el proyecto **WTP2 Yanacocha – Planta Este** permite evaluar desde un punto de vista técnico y operativo el impacto real del software en el proceso de ingeniería. La discusión se centra en cuatro componentes principales:

1. **Modelado inteligente y coherencia geométrica**
2. **Coordinación multidisciplinaria mediante un modelo centralizado**
3. **Integración corporativa del flujo de información**
4. **Implicancia práctica en construcción, QA/QC y documentación**

6.1 Discusión sobre el Modelado Inteligente y la Calidad de la Información

El uso de Smart 3D permitió obtener un modelo tridimensional cuyo nivel de detalle y consistencia superó ampliamente al generado con herramientas CAD tradicionales. La capacidad del software para aplicar **reglas de diseño**, catálogos estructurales y relaciones asociativas tuvo impacto directo en la calidad geométrica del modelo.

Observaciones prácticas:

- La inserción de fundaciones, pedestales y elementos metálicos evitó errores comunes en la etapa de diseño.
- Los atributos vinculados (materiales, dimensiones, ID de elemento) facilitaron la emisión documental.
- El modelo sirvió como fuente única de verdad (single source of truth), eliminando discrepancias entre disciplinas.

6.2 Discusión sobre Coordinación Multidisciplinaria

La coordinación entre disciplinas es uno de los aspectos críticos en ingeniería industrial. El uso de Smart 3D junto con Navisworks generó mejoras evidentes en:

- prevención de interferencias,
- comunicación entre disciplinas,
- revisión técnica con el cliente,
- resolución temprana de conflictos geométricos.

Observaciones:

- Las interferencias estructurales detectadas fueron corregidas antes de generar documentación.
- Se redujo casi por completo la duplicación de elementos entre piping y estructuras.
- La interacción con modelos mecánicos y eléctricos fue fluida gracias a la base centralizada.

6.3 Discusión sobre Integración Documental y Flujo Corporativo

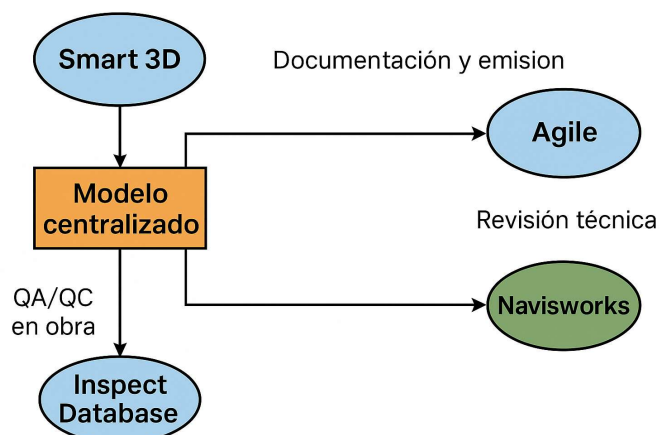
El proyecto WTP2 utilizó plataformas corporativas como:

- Agile (control de revisiones y emisión documental),
- Inspect Database (control QA/QC en obra),
- Aconex (flujos de aprobación cliente),
- Navisworks (clash detection y revisiones 3D).

Smart 3D complementó y alimentó estos sistemas, creando un flujo continuo e integrado desde el modelado hasta la entrega final.

Efectos prácticos:

- La documentación enviada a Agile siempre coincidió con el modelo.
- La trazabilidad de elementos en Inspect Database se volvió más confiable.
- El cliente recibió documentación clara y actualizada.



6.4 Discusión sobre la Aplicación en Terreno

Los reportes fotográficos del proyecto evidencian que las estructuras construidas en Planta Este se ajustaron al modelo 3D generado. Esto confirma que la información entregada por Smart 3D era:

- precisa,
- actualizada,
- consistente,
- aplicable a obra.

Observaciones de campo:

- No se reportaron interferencias graves en obra gracias al uso de Clash Detection.
- Las fundaciones y pedestales construidos coincidieron con el diseño.
- La integración documental evitó reprocesos.

4.5 CONCLUSIONES

A partir del análisis realizado, se concluye lo siguiente:

✓ Smart 3D aporta un valor significativo en proyectos industriales complejos

Su arquitectura basada en datos y reglas permite un modelado más preciso y coherente.

✓ La coordinación multidisciplinaria mejora notablemente

Un modelo centralizado evita duplicación de información y reduce errores entre disciplinas.

✓ La integración con plataformas corporativas es un beneficio estratégico

Especialmente para trazabilidad (Inspect), documentación (Agile/Aconex) y revisión técnica (Navisworks).

✓ La calidad de la información técnica mejora sustancialmente

Los planos generados automáticamente mantienen relación directa con el modelo 3D.

✓ La aplicación práctica en WTP2 Yanacocha – Planta Este demostró eficacia real

Los elementos construidos coincidieron con lo modelado, confirmando la robustez del software.

✓ El uso de Smart 3D profesionaliza y moderniza el rol del Dibujante Técnico

Facilitando su inserción en proyectos de gran envergadura.

Yanaocha, planta Este. 25 de noviembre de 2025



VII BIBLIOGRAFÍA

Este apartado contiene todas las referencias utilizadas en el proyecto, organizadas según las normas **APA 7**. Incluye textos técnicos, documentación del proyecto WTP2 Yanacocha – Planta Este, bibliografía general, documentos corporativos y recursos web relevantes para el análisis del software Smart 3D y los procesos asociados.

7.1 Bibliografía (Textos, manuales y documentos técnicos)

Hexagon PPM. (2023). *Intergraph Smart 3D – Technical Overview and Capabilities*. Hexagon Documentation Series.

(Documento oficial de descripción del software, arquitectura y funcionalidades.)

Hexagon PPM. (2022). *Smart 3D Modeling and Engineering Guide*. Hexagon Learning Center.

(Manual técnico sobre modelado inteligente, catálogos y reglas.)

Bechtel Corporation. (2023). *CSA Application Integration Diagram – Documento 26442-ST3-IHR-P61H-00105*.

(Documento corporativo sobre integración de Smart 3D con Inspect, Agile, Navisworks y Aconex.)

Bechtel Corporation. (2023). *Metodología de Etiquetado – Insertos y Anchor Bolts para JACS COMM 2*.

(Guía práctica de etiquetado industrial para proyectos CSA.)

Bechtel Corporation. (2023). *Weekly Progress Photo Report – Planta Este (Yanacocha WTP2)*.

(Registro fotográfico del avance de obra.)

Intergraph Corporation. (2017). *Smart 3D User's Manual – Engineering & Design Module*.

(Manual operativo del software.)

7.2 Webgrafía (Sitios web y material digital oficial)

(Fuentes actualizadas de Hexagon y referencias complementarias.)

Hexagon. (2024). *Intergraph Smart 3D – Product Overview*. Recuperado de: <https://hexagon.com/es/products/intergraph-smart-3d>

Hexagon PPM. (2024). *Smart 3D Learning Center*. Recuperado de: <https://learn.hexagonppm.com>

Autodesk. (2024). *Revit Product Overview*. Recuperado de: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview>

Trimble Tekla. (2024). *Tekla Structures – Product Page*. Recuperado de: <https://www.tekla.com/products/tekla-structures>

AVEVA. (2024). *AVEVA E3D Design – Product Information*. Recuperado de: <https://www.aveva.com/en/products/e3d-design/>

Bentley Systems. (2024). *MicroStation – Product Overview*. Recuperado de: <https://www.bentley.com/microstation/>