

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



“METODOLOGÍA BIM EN LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE OBRAS HIDRÁULICAS. CASO PRÁCTICO: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO TARWIYOCC”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA

HARET GONZALO SIERRA LOPINTA

LIMA – PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

“METODOLOGÍA BIM EN LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE OBRAS HIDRÁULICAS. CASO PRÁCTICO: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO TARWIYOC”

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado por:

BACH. HARET GONZALO SIERRA LOPINTA

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Mg.Sc. ALFONSO CERNA VÁSQUEZ
Presidente

Ing. CARLOS ALBERTO BRAVO AGUILAR
Asesor

Mg.Sc. TERESA OLINDA VELASQUEZ BEJARANO
Miembro

Ing. ANTONIO CELESTINO ENCISO GUTIÉRREZ
Miembro

LIMA – PERU

2021

DEDICATORIA

Este arduo trabajo es dedicado a mi familia, especialmente a mis padres Wilbert y Eufemia, por toda su comprensión, apoyo y aliento.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer la concreción de este trabajo de investigación al Ing. Carlos Bravo Aguilar, por su guía y apoyo.

A mi hermano Hans, por todas sus valiosas sugerencias.

A mis compañeros de trabajo, por los enriquecedores comentarios con quienes compartí conocimientos y momentos muy gratos.

Finalmente, a mis amigos, por los conocimientos compartidos y el apoyo emocional durante toda esta aventura.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	JUSTIFICACIÓN	1
1.2.	OBJETIVOS	2
1.2.1	Objetivo principal.....	2
1.2.2	Objetivos específicos.....	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	MODELADO DE LA INFORMACIÓN DE LA CONSTRUCCION (BIM).....	3
2.1.1	Definición	3
2.1.2	Contexto internacional.....	4
2.1.3	Contexto nacional.....	6
2.1.4	Diferencias entre metodología tradicional y BIM	10
2.1.5	Diferencias entre CAD y modelo BIM.....	12
2.1.6	Niveles de desarrollo (LOD).	15
2.1.7	Usos BIM en la industria de construcción.....	17
2.1.8	Usos BIM en la etapa de diseño.	18
2.1.9	Herramientas BIM en etapa de diseño.....	21
2.1.10	Beneficios de adoptar BIM.....	25
2.1.11	Limitaciones y desventajas.....	26
2.2.	DETECCIÓN DE INTERFERENCIAS E INCOMPATIBILIDADES	27
2.2.1	Detección de incompatibilidades.....	27
2.2.2	Detección de interferencias.	29
2.3.	INGENIERIA EN INFRAESTRUCTURA DE SISTEMAS DE RIEGO.....	31
2.3.1	Componentes de la infraestructura un sistema de riego.	32
III.	METODOLOGÍA.....	37
3.1.	GENERALIDADES	37
3.2.	MATERIALES	37
3.2.1	Zona de estudio.....	38

3.2.2	Descripción del proyecto.....	39
3.2.3	Situación Actual	40
3.2.4	Sistema proyectado.....	42
3.2.5	Estudios topográficos.	45
3.2.6	Planos	46
3.2.7	Memoria descriptiva.....	47
3.2.8	Especificaciones técnicas.	48
3.2.9	Metrado.....	48
3.2.10	Presupuesto de obra	48
3.2.11	Programas	48
3.2.12	Equipos	49
3.3.	MÉTODOS	50
3.3.1	Análisis de la información.....	52
3.3.2	Modelado BIM.	52
3.3.3	Detección de interferencias e incompatibilidades.	81
3.3.4	Clasificación de incidencias.	83
3.3.5	Análisis de incidencias.	83
3.3.6	Consideraciones de los escenarios.....	84
3.3.7	Costo Implementación.....	85
3.3.8	Fichas.....	86
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	90
4.1.	Modelado BIM 3D.....	90
4.2.	Análisis de fichas de incidencias	92
4.3.	Análisis de fichas de Valoración.....	93
V.	CONCLUSIONES.....	96
VI.	RECOMENDACIONES	97
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
VIII.	ANEXOS	103

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Cronograma evolutivo de la tecnología BIM.....	5
<i>Figura 2:</i> Implantación del BIM a nivel mundial a fecha 2014.....	6
<i>Figura 3:</i> Antecedentes del Marco Normativo en el Perú.	8
<i>Figura 4:</i> Resumen de acciones Plan BIM Perú	10
<i>Figura 5:</i> Aumento de los costos debidos a un cambio de diseño y su capacidad de.....	11
<i>Figura 6:</i> Vistas de un muro paramétrico.	13
<i>Figura 7.</i> Propiedades de un muro.	14
<i>Figura 8:</i> Generación automática de planos a partir del modelo.	14
<i>Figura 9:</i> Niveles de desarrollo.....	17
<i>Figura 10:</i> Usos BIM por etapa de proyecto.....	18
<i>Figura 11:</i> Modelos BIM 3D.	19
<i>Figura 12.</i> Computo de materiales a partir de un modelo BIM.	20
<i>Figura 13:</i> Interfaz gráfica de simulación.....	21
<i>Figura 14:</i> Software de modelado de obras puntuales	22
<i>Figura 15:</i> Softwares de modelado de obras lineales.....	22
<i>Figura 16:</i> Softwares de estimación de materiales	23
<i>Figura 17:</i> Softwares de planificación 4D	23
<i>Figura 18:</i> Softwares de detección de interferencias e incompatibilidades.....	24
<i>Figura 19:</i> Softwares colaborativos.	24
<i>Figura 20:</i> Flujo de trabajo cuando se encuentra un error en los planos.	28
<i>Figura 21:</i> Elaboración de un modelo 3D basado en los planos 2D de cada especialidad.	29
<i>Figura 22:</i> Flujo de trabajo para revisión de interferencia.....	30
<i>Figura 23:</i> Interferencia entre 2 vigas y una estructura metálica.....	30
<i>Figura 24:</i> Componentes para un sistema de riego tipo.....	31
<i>Figura 25:</i> Bocatoma de captación lateral.	33
<i>Figura 26:</i> Parte de un desarenador.	34
<i>Figura 27:</i> Canal de sección trapezoidal.....	35
<i>Figura 28:</i> Canoa por encima del canal	36

<i>Figura 29:</i> Partes de una transición.....	36
<i>Figura 30:</i> Ubicación del proyecto	39
<i>Figura 31:</i> Bocatoma existente.	40
<i>Figura 32:</i> Desarenador existente.	41
<i>Figura 33:</i> Canal trapezoidal existente	42
<i>Figura 34:</i> Dimensiones del desarenador.....	43
<i>Figura 35:</i> Dimensiones del muro de contención.	43
<i>Figura 36:</i> Dimensiones de canoa.....	44
<i>Figura 37:</i> Dimensiones de canal trapezoidal.....	45
<i>Figura 38:</i> Levantamiento topográfico	45
<i>Figura 39:</i> Flujograma de modelado BIM para Obras Hídricas.....	51
<i>Figura 40:</i> Georreferenciación en Civil 3D	53
<i>Figura 41:</i> Ubicación de Bench Marks en Civil 3D.	54
<i>Figura 42:</i> Superficie topográfica del proyecto en Civil 3D.....	54
<i>Figura 43:</i> Vista en planta y perfil del desarenador.....	55
<i>Figura 44:</i> Vista 3D del movimiento de tierras del desarenador	56
<i>Figura 45:</i> Vista en planta y perfil de la canoa.	57
<i>Figura 46:</i> Vista 3D del movimiento de tierras de la canoa.	57
<i>Figura 47:</i> Estructura de concreto bocatoma.	58
<i>Figura 48:</i> Estructura de concreto desarenador	59
<i>Figura 49:</i> Estructura de concreto canoa.....	59
<i>Figura 50:</i> Modelado de aceros en desarenador.	60
<i>Figura 51:</i> Modelado de aceros en canoa.	60
<i>Figura 52:</i> Encofrado bocatoma.....	61
<i>Figura 53:</i> Encofrado desarenador.....	61
<i>Figura 54:</i> Encofrado canoa.....	62
<i>Figura 55:</i> Familia paramétrica creadas.....	62
<i>Figura 56:</i> Instalaciones mecánicas en obras puntuales	63
<i>Figura 57:</i> Flujo de trabajo de la obra lineal.....	63
<i>Figura 58:</i> Superficies obra lineal.....	64

<i>Figura 59:</i> Alineamiento del canal.....	65
<i>Figura 60:</i> Vista perfil del alineamiento y la rasante.....	66
<i>Figura 61:</i> Sección típica canal.....	67
<i>Figura 62:</i> Sección muro de contención	67
<i>Figura 63:</i> Obra lineales	68
<i>Figura 64:</i> Obra Lineal	68
<i>Figura 65:</i> Solidos 3D de la obra lineal	69
<i>Figura 66:</i> Partidas a realizar según el Expediente Técnico “Construcción sistema de riego Tarwiyocc”	71
<i>Figura 67:</i> Flujo de trabajo de cuantificación de materiales.....	74
<i>Figura 68:</i> Tablas de planificación de Revit clasificadas según las partidas de obra.	75
<i>Figura 69:</i> Flujo de trabajo para generar el modelo 4D.....	78
<i>Figura 70:</i> Importación de modelos a Navisworks.....	78
<i>Figura 71:</i> Importación del Diagrama de Gantt.....	79
<i>Figura 72:</i> Simulación del proceso constructivo del proyecto “Construcción del sistema de riego Tarwiyocc”	80
<i>Figura 73:</i> Incongruencia entre planos y metrados.....	81
<i>Figura 74:</i> Informe de conflictos por Navisworks.....	82
<i>Figura 75:</i> Ejemplo de ficha de incidencia	87
<i>Figura 76:</i> Ejemplo de ficha de valoración (Escenario A)	88
<i>Figura 77:</i> Ejemplo de ficha de valoración (Escenario B).....	89
<i>Figura 78:</i> Clasificación de incidencia	92
<i>Figura 79:</i> Tipo de incidencia.....	93
<i>Figura 80:</i> Ahorro potencial sin considerar implementación BIM.....	94
<i>Figura 81:</i> Ahorro potencial considerando implementación BIM.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1:</i> Lista de planos del Exp. Técnico	47
<i>Tabla 2:</i> Bench Marks del proyecto	53
<i>Tabla 3:</i> Descripción del modelado de las partidas de obra.....	72
<i>Tabla 4:</i> Comparación de metrados a partir del modelo BIM y del Expediente Técnico...	76
<i>Tabla 5:</i> Costo Implementación BIM.....	86
<i>Tabla 6:</i> Resumen Fichas de valoración.	93

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Planos Expediente Técnico.....	103
Anexo 2: Planos BIM.....	114
Anexo 3: Cotización servicio BIM.....	122
Anexo 4: Fichas de incidencia y valoración.....	128

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se ha aplicado las herramientas de la metodología Modelado de la Información para la Construcción (BIM, por sus siglas en inglés) a un proyecto de infraestructura hidráulica con fines de riego, en una etapa de elaboración del proyecto de obra. La investigación se centra de forma práctica en identificar los beneficios resultantes de realizar un modelado BIM, coordinación 3D y la generación de entregables a partir de los modelos tomando como caso práctico un proyecto real ubicado en el distrito de Acocro, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. En primer lugar, se construyó los modelos digitales, a un Nivel de Desarrollo 350 (LOD, por sus siglas en inglés), en los softwares Revit y Civil 3D tomando como referencia los documentos del expediente técnico. Como siguiente paso se realizó la coordinación de los modelos, con el fin de identificar las posibles incidencias (incongruencias entre planos, falta de detalle/especificaciones, falta de documentación, propuestas de cambio, entre otras). Para el análisis de estas incidencias se elaboraron fichas de valoración considerando dos escenarios: el primer escenario consistió en plantear las soluciones en el caso de detectar estos errores, en una etapa de diseño aplicando BIM y el segundo consistió en plantear las soluciones en una etapa de ejecución, en caso de trabajar con una metodología tradicional. Ambas soluciones se valoraron y compararon respecto a sus costos de materiales y mano de obra, resultando un potencial beneficio en caso de utilizar herramientas BIM. Finalmente se procedió a realizar una simulación constructiva y la generación de la documentación BIM (planos y metrados) a partir del modelo coordinado, del cual se pudo observar una mejora notable en la calidad de los entregables del proyecto.

Palabras Claves: Modelado de Información de la Construcción (*BIM*), Infraestructura hidráulica, Incidencias, Detección de interferencias, Herramientas BIM.

ABSTRACT

In this research work, the tools of the BIM methodology have been applied to a project of hydraulic infrastructure for irrigation, in a phase of elaboration of the work project. The research focuses in a practical way on identifying the benefits resulting from the realization of a BIM model, the 3D coordination and the generation of deliverables from the models, taking as a practical case a real project located in the Acocro district, Huamanga province, Ayacucho department. First, the digital models were built, at a Level of Development 350, in Revit and Civil 3D software, taking as reference the documents of the technical file. As a next step, the models were coordinated in order to identify incidents (inconsistencies between plans, lack of detail / specifications, lack of documentation, change proposals, among others). For the analysis of these incidents, evaluation sheets were prepared considering two scenarios: the first scenario consisted of proposing the solutions in the case of detecting these errors, in a design stage applying BIM and the second consisted of proposing the solutions in a execution stage, in case of working with a traditional methodology. Both solutions were evaluated and compared with respect to their costs of materials and labor, resulting in a potential benefit in case of using BIM tools. Finally, the BIM documentation (plans and metrics) and a construction simulation of the coordinated model were generated, from which a notable improvement in the quality of the project deliverables could be observed.

Key Words: Building Information Modeling (*BIM*), Hydraulic infrastructure, Construction Delays, Clash detection, BIM tools.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. JUSTIFICACIÓN

Los proyectos de construcción cada vez son más complejos, sin embargo, las herramientas y tecnologías que se usan son las mismas que hace 30 años atrás, por lo que se requiere un cambio en la manera de trabajar. Es por ello que en el mundo se está pasando de trabajar con modelos tradicionales en 2 dimensiones, a trabajar con modelos BIM que permiten tener un control más cuidadoso de los proyectos sobre los que se trabajan. En obras de edificaciones, donde el uso de esta metodología es más difundido, se ha demostrado el ahorro de tiempo y dinero en los proyectos que lo implementan, esto se debe a que al integrar los planos de las diferentes especialidades (estructuras, topografía, instalaciones, entre otros) en una única base de datos en 3D, se puede detectar incompatibilidades e interferencias que puedan afectar cada uno de los sistemas.

En el Perú la implementación de esta metodología se está consolidando en el sector de edificaciones desde hace algún tiempo para obras de mediana a gran envergadura, como es el caso de las de los juegos panamericanos de Lima 2019, el Edificio Educativo Universidad del Pacífico, Ministerio de justicia, etc. Debido a estos cambios que viene teniendo la industria de la construcción en el país, se publicó el decreto supremo N°289-2019-EF en el cual se aprueba la incorporación progresiva de BIM en la inversión pública (Plan BIM Perú).

En ese sentido, debido a la introducción de estas nuevas tecnologías disruptivas en el sector, es necesario aplicar estas herramientas y metodologías en otro tipo de infraestructura, como son las obras hidráulicas, con el fin de analizar cuáles son los beneficios resultantes.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo principal

- Aplicar las herramientas de la metodología BIM en la etapa de elaboración del proyecto de obra; caso Sistema de riego Tarwiyocc.

1.2.2 Objetivos específicos

- Elaborar un modelo virtual BIM 3D del proyecto.
- Identificar las interferencias e incompatibilidades en las especialidades que intervienen en la etapa de diseño, mediante el modelo BIM del proyecto.
- Comparar en función a los costos, la detección de incidencias utilizando herramientas BIM en etapa de diseño y la detección de las mismas en etapa de ejecución.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MODELADO DE LA INFORMACIÓN DE LA CONSTRUCCION (BIM)

2.1.1 Definición

BIM es una metodología de trabajo sustentado en un modelo en tres dimensiones, que tiene como objetivo reunir toda la información del proyecto en una sola base de datos, la cual puede ser utilizada por el equipo de diseño y construcción, y al final por los propietarios y operadores a lo largo del ciclo de vida de la construcción. (Chapple, 2009)

“BIM (Building Information Modeling) es un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten formular, diseñar, construir, operar y mantener una infraestructura o edificación de forma colaborativa en un espacio virtual” (BIME INITATIVE, 2019)

La metodología BIM se puede definir mediante 3 ideas puntuales:

- Modelo digital 3D: Es el prototipo virtual de la edificación o infraestructuras que se pretende construir. La idea de pre-construir de manera virtual un proyecto, es construir el edificio dos veces, de manera que la primera vez se construya en un ordenador, con el fin de identificar y corregir las falencias que se encuentren en los documentos del proyecto. Y la segunda vez, se construya en la realidad ya teniendo documentos optimizados. (Guerra, 2019)

El modelo también sirve como una base de datos, del cual podemos obtener de manera automática la documentación de construcción como planos 2D, planos 3D, computo de materiales, recorridos virtuales, etc.

- La información: El modelo digital 3D no solo contiene información geométrica, también contiene características de los materiales, precios, detalles de acabados, tiempos de ejecución, entre otros. Es así que se puede obtener información a partir del modelo. De esta forma existe un mayor control en la gestión y planificación de los proyectos. (Taboada et al., 2011)

La información que debe contener cada modelo está supeditada a los estándares y normas nacionales e internacionales, con el fin de que haya un consenso en el intercambio de información entre las personas que utilizan la metodología.

- Colaboración entre los agentes: El modelo digital es la parte fundamental de la metodología, pero no se podría hablar de BIM sin tener un entorno colaborativo entre los agentes. Es decir que se debe mejorar la comunicación y coordinación entre los participantes del proyecto, de manera que exista una plataforma común donde cada especialista coordine su modelo con las otras especialidades, y en caso de algún error u observación puedan comunicarse de manera rápida.

Los usos de BIM pueden ser aplicados en todo el ciclo de vida del proyecto desde el diseño y construcción, hasta la etapa de operación y mantenimiento. Además, no solo se emplean en proyectos nuevos, también pueden ser aplicados en proyectos de rehabilitación, cambios de uso, mantenimiento, restauración de patrimonio, etc.(Gosalves & Malek, 2016)

2.1.2 Contexto internacional

Según Muñoz (2020), la metodología BIM, si bien parece novedosa, tiene sus orígenes en la década de 1970, cuando el investigador Chuck Eastman, quién es conocido como el pionero de BIM, planteo el concepto de “Building Description System (BDS)” como una base de datos única e integrada para un análisis visual y cuantitativo de proyectos de construcción. En los años siguientes el concepto estuvo siendo desarrollado por otros investigadores alrededor del mundo, por ejemplo, en el caso de EE. UU se le conocía como “Building Product Models” y en Europa; “Product Information Models”. Finalmente, el termino que se acuño para esta filosofía de trabajo fue “Building Information Modelling”.

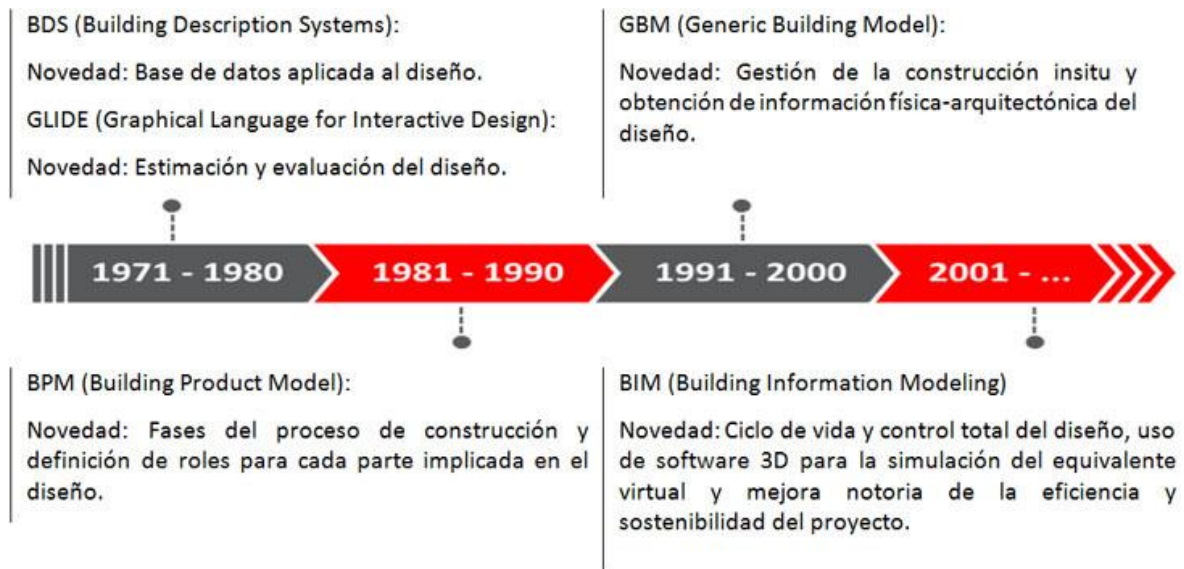


Figura 1: Cronograma evolutivo de la tecnología BIM

Fuente: BIM Community (2018)

En la actualidad BIM está siendo implementado en gran cantidad de países a nivel mundial. Esto se debe a que ya existen varios estudios e informes de los impactos positivos que esta metodología brinda en la mejora de la productividad y calidad de los proyectos de construcción. En Reino Unido, HM Government (2012), indica que con la adopción de estas nuevas metodologías de trabajo se estima un ahorro de 2 mil millones de libras esterlinas anualmente.

El nivel de implementación BIM en cada país es diferente, en cuanto a las potencias mundiales el uso de la metodología es obligatorio para el sector público. Caso contrario sucede en países menos desarrollados, donde recién se vienen realizando planes para su implementación. (Muñoz, 2020)

- Estados Unidos: El uso del BIM es exigido en todos los proyectos del gobierno desde el año 2007.
- Reino Unido: El uso del BIM es requisito obligatorio para los proyectos públicos desde el 2016.
- Canadá: Pasaron de un nivel de adopción del 28% en el año 2007 al 71% en el 2012.

- España: Desde el año 2018 es obligatorio en los proyectos de construcción llevados a cabo por la Administración Pública.
- Latinoamérica: En Latinoamérica la implementación BIM viene dándose desde hace años. Sin embargo, por la falta de normativas, manuales de modelado y una falta de interés por parte de los gobiernos no se desarrolla en su completa dimensión. Por otro lado, Brasil, Chile y México vienen destacando en sus niveles de adopción BIM. (DGPMI, 2020)

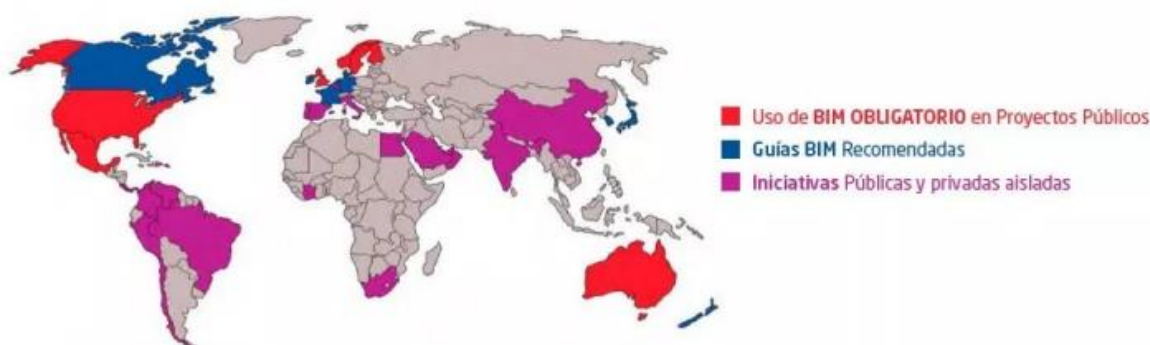


Figura 2: Implantación del BIM a nivel mundial a fecha 2014

Fuente: MEF (2019)

2.1.3 Contexto nacional.

En el Perú se viene aplicando BIM desde hace años atrás, como ejemplo de los primeros casos de éxito se tiene la construcción del Ministerio de justicia, Ministerio del Interior y los juegos Panamericanos 2019, sin embargo, estos solo son casos aislados realizados por empresas privadas. En cuanto al sector público el nivel de desarrollo de la metodología recién está dando sus primeros pasos, debido a que hace no más de 2 años se está fomentando su uso en algunas entidades del estado como PRONIED, PRONIS, INPE y Provias. (Cabrera, 2020)

Durante los últimos años el Perú ha comenzado a tomar medidas frente a los cambios que viene teniendo el sector de la construcción, por lo que desde el 2019 se estuvo publicando normativas y estándares para la implementación de estas nuevas metodologías de trabajo.

Como primer hito importante se identifica el Plan Nacional de Competitividad y Productividad publicada en el decreto DS 237-2019-EF en el que se presenta las medidas políticas para la adopción progresiva del Plan BIM Perú. Otro punto importante es la publicación del DS N°289-2019-EF en el que aprueban las disposiciones para la incorporación de BIM en las inversiones públicas. (Fernández, 2020)

En paralelo el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) estuvo generando normas técnicas peruanas para el desarrollo de BIM:

- NTP-ISO 29481: 2018
Modelado de la información de los edificios. Manual de entrega de la información. Parte 2: Marco de trabajo
- ETP-ISO/TS 12911: 2018
Guía marco para el modelado de información de la edificación (BIM). 1a Edición
- NTP-ISO 22263:2019
Organización de la información relacionada a las obras de construcción. Marco de referencia para la gestión de la información del proyecto.
- NTP-ISO 19650-1:2021
Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluyendo el modelado de la información de la construcción (BIM). Gestión de la información mediante el modelado de la información de la construcción. Parte 1: Conceptos y principios. 1a Edición
- NTP-ISO 19650-2:2021
Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil incluyendo el modelado de la información de la construcción (BIM). Gestión de la información mediante el modelado de la información de la construcción. Parte 2: Fase de ejecución de los activos. 1a Edición

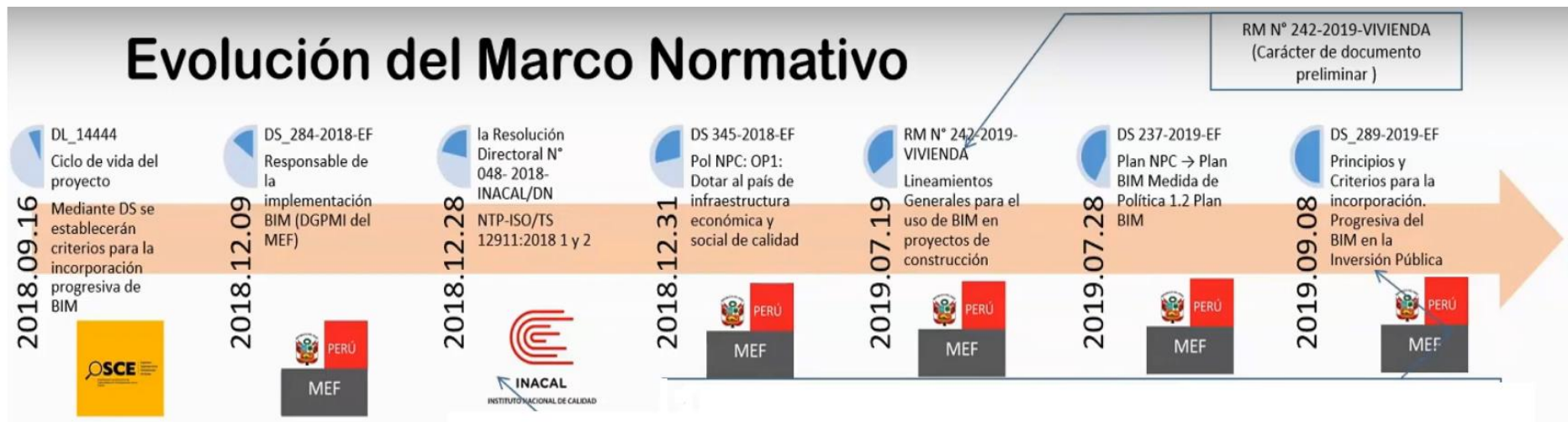


Figura 3: Antecedentes del Marco Normativo en el Perú

Fuente: Rodríguez. (2020)

El Plan BIM Perú son un conjunto de actividades y metas a cumplir por parte del sector público y privado para tener una implementación progresiva de la metodología en los tres niveles de gobierno (nacional, regional y local). La meta final tiene como objetivo que para el 2030 todos los proyectos de construcción con inversión pública sean realizados con BIM.

En ese sentido, el primer paso que tiene el Plan BIM Perú es analizar el estado actual de la industria de la construcción en los 3 niveles de gobierno. De acuerdo al Plan de Implementación y hoja de ruta del Plan BIM Perú (2020) que cita el reporte de indicadores nacionales INEI (2019) existe una baja capacidad de ejecución por parte de los tres niveles de gobierno (nacional, regional y local), esto se traduce en un descenso en la ejecución de obras, es así que hubo una baja del -7.02% en el año 2019 respecto al 2018.

Según el Informe Económico de la construcción realizado por CAPECO (2019), el principal motivo de la baja y la limitada ejecución de obras públicas se debe a:

- a) “La obsolescencia, inoperancia y permeabilidad hacia la corrupción de la normativa de contratación estatal.
- b) La excesiva dispersión de entidades ejecutoras.
- c) La inexistencia de una burocracia estatal especializada y empoderada para la contratación y gestión de obras.
- d) La ineficiencia de los sistemas de evaluación y control de proyectos de infraestructura y edificación pública.
- e) La falta de articulación entre los planes de inversión pública y las oportunidades de desarrollo en el entorno territorial de los proyectos”.

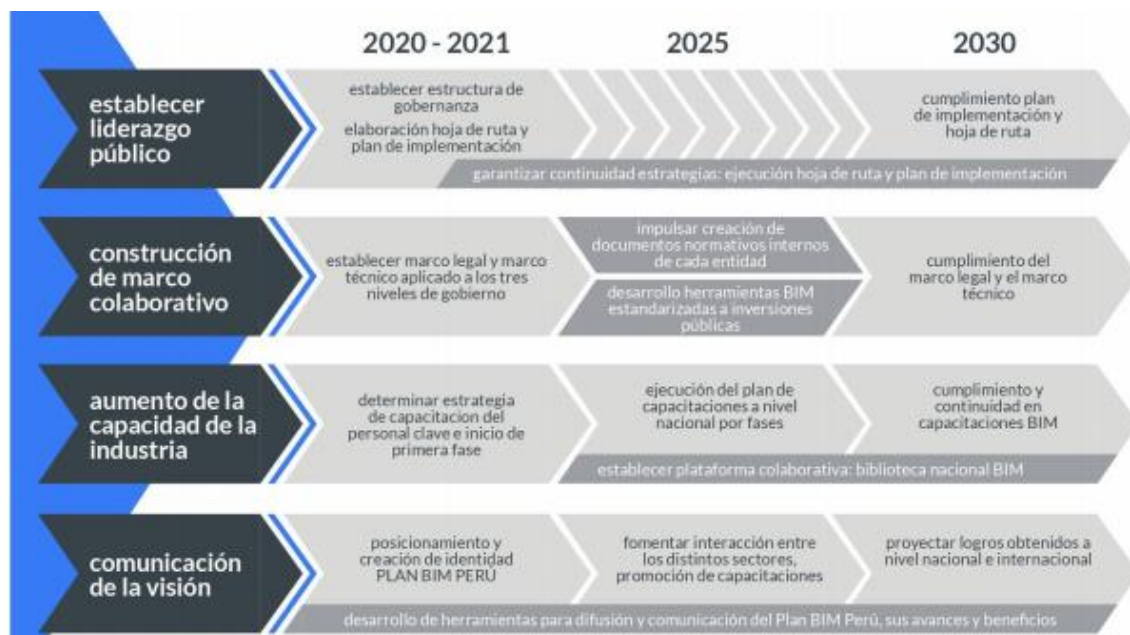


Figura 4: Resumen de acciones Plan BIM Perú

Fuente: DGPMI (2020)

2.1.4 Diferencias entre metodología tradicional y BIM

En la actualidad podemos definir dos metodologías de trabajo en el desarrollo de proyectos de construcción: la tradicional y la basada en BIM. Ambas se desarrollan a lo largo del ciclo de vida del proyecto que comprende la etapa de diseño, la etapa de ejecución y la etapa de operación y mantenimiento.

La metodología tradicional plantea un trabajo en donde las áreas de las distintas especialidades trabajan paralela e independientemente una de otra, y la forma de documentar la información es mediante planos CAD. En este esquema los mayores esfuerzos se dan en la etapa de ejecución, debido a que es en esta, donde se les asigna mayor información y mejoras a los planos. Sin embargo, es en esta etapa donde realizar algún cambio o mejora al diseño del proyecto es más complicado y costoso.

Por otro lado, la metodología BIM plantea un trabajo colaborativo, donde los profesionales de las diferentes especialidades trabajan de manera conjunta en una única base de datos, que son los modelos BIM. Estos modelos se pueden concebir como una pre-construcción virtual del proyecto en un ordenador, de tal manera que se pueda ver la edificación antes de construirlo de manera física. No obstante, este método de trabajo requiere un mayor esfuerzo en la etapa de diseño, a diferencia del que se invierte en un proceso de diseño tradicional.

Estas diferencias se manifiestan claramente en la famosa representación gráfica elaborada por Patrick MacLeamy, y propuesta a continuación:

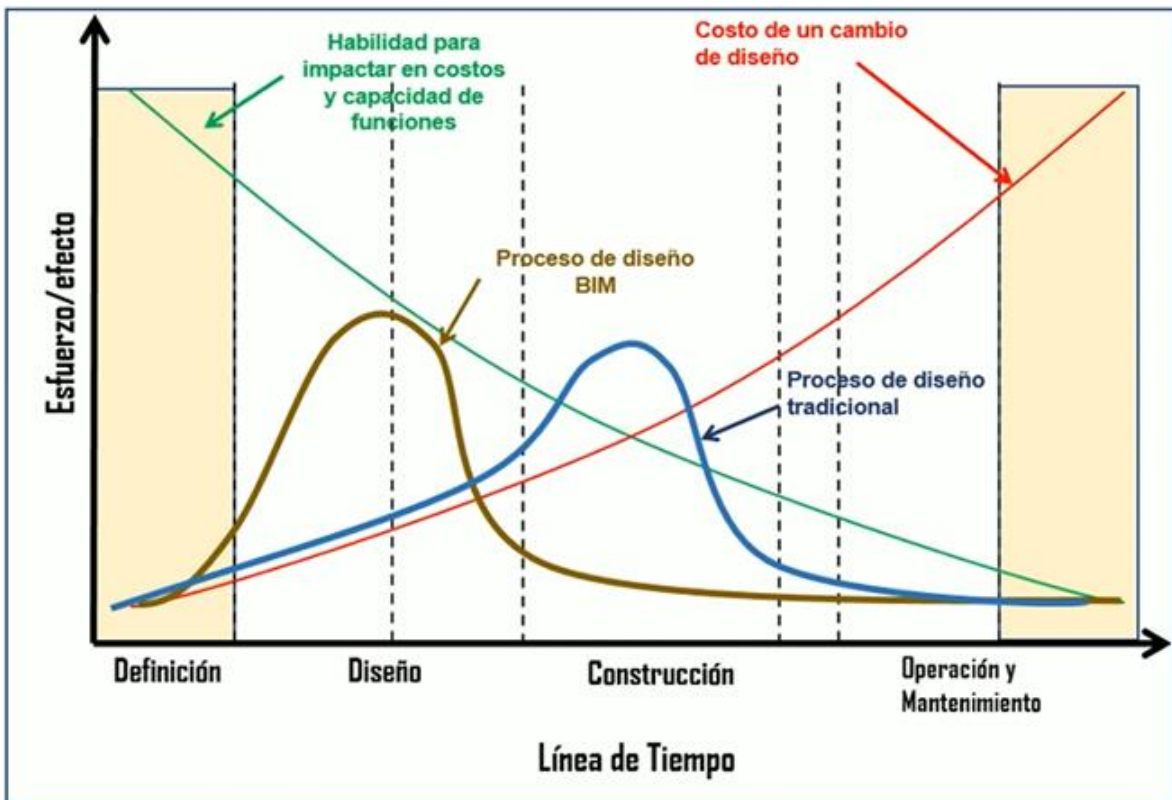


Figura 5: Aumento de los costos debidos a un cambio de diseño y su capacidad de Controlarlos

Fuente: Alvarez (2019)

2.1.5 Diferencias entre CAD y modelo BIM.

La principal diferencia entre el CAD y los modelos BIM, es que el primero es una herramienta que imita el dibujo a mano (líneas, arcos, círculos, etc.) y su principal uso es la generación de diferentes planos 2D (planta, perfil, secciones, etc) de la edificación o infraestructura que se pretende construir. Sin embargo, estos planos son independientes unos de otros, es decir, si se realiza un cambio en uno de ellos se debe corregir los otros de manera manual.

Por otro lado, los modelos BIM son modelos 3D con información geométrica (área, volumen, longitudes) y no geométrica (propiedades térmicas, precios, detalles, acabados, etc.). Los modelos se crean en base objetos paramétricos, es decir que estos se definen en términos de elementos constructivos como vigas, muros, pilotes, etc. (Salman & Azhar, 2008)

De acuerdo a García (2017), existen 4 ventajas que proporciona la metodología BIM sobre CAD:

a) Coherencia

En los modelos BIM, debido a que todos los elementos del modelo están relacionados entre sí, al realizar un cambio o modificación en el proyecto, este se actualiza de manera automática en todos los planos. A diferencia de CAD, que se tendría que modificar las diferentes vistas de los planos de manera manual.

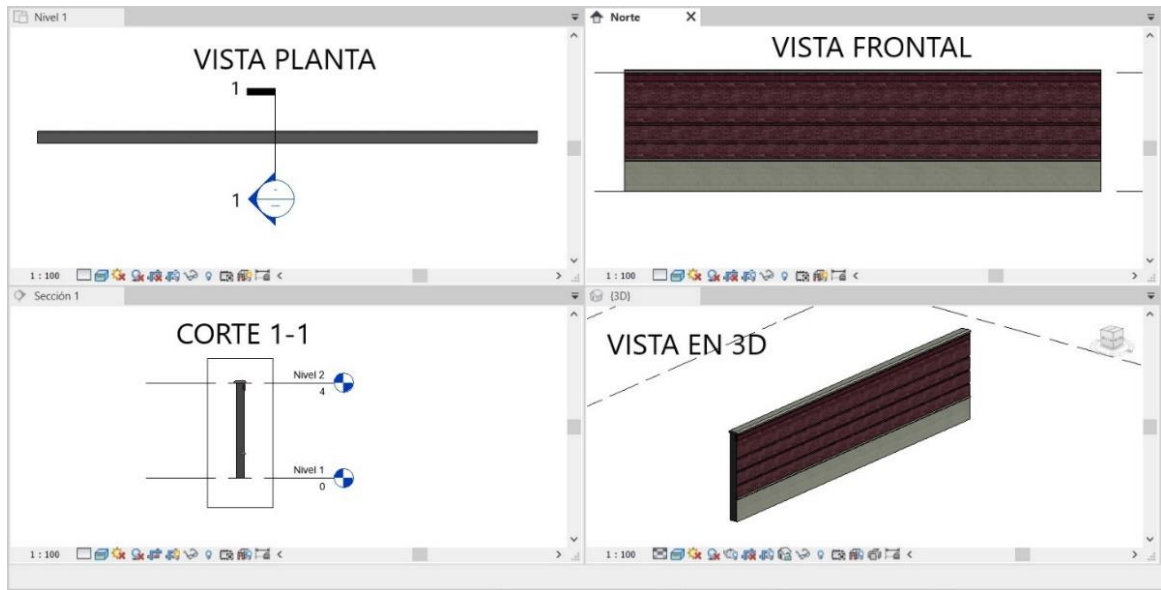


Figura 6: Vistas de un muro paramétrico

Fuente: Elaboración Propia

b) Base de datos

Los modelos BIM no solo contienen información geométrica (área y volumen), también muestran información adicional de los elementos constructivos como tipo de material, propiedades térmicas, precios, detalles de acabados, etc.

Los planos CAD pueden mostrar esta información, sin embargo, solo se encuentra como un formato de texto que es independiente al dibujo.

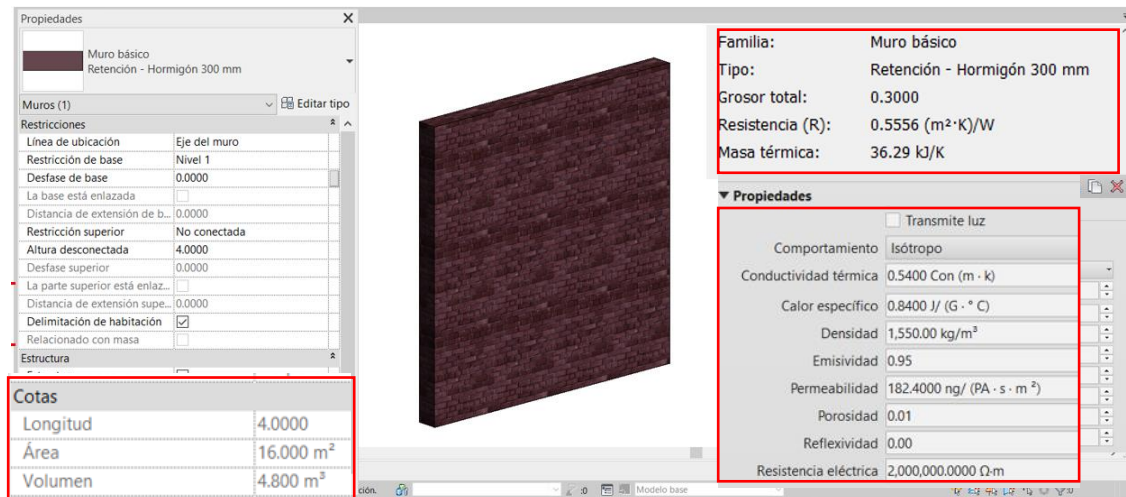


Figura 7. Propiedades de un muro

Fuente: Elaboración Propia

c) Documentación

A partir de los modelos BIM se puede generar flujos de trabajo más eficientes, ya que al tener una base de datos del proyecto se puede obtener la documentación (planos 2D, planos 3D y metrados), de manera automática. A diferencia de CAD en el que la documentación tiene otro flujo de trabajo; primero se realizan los planos y en base a ellos se obtiene el metrado.

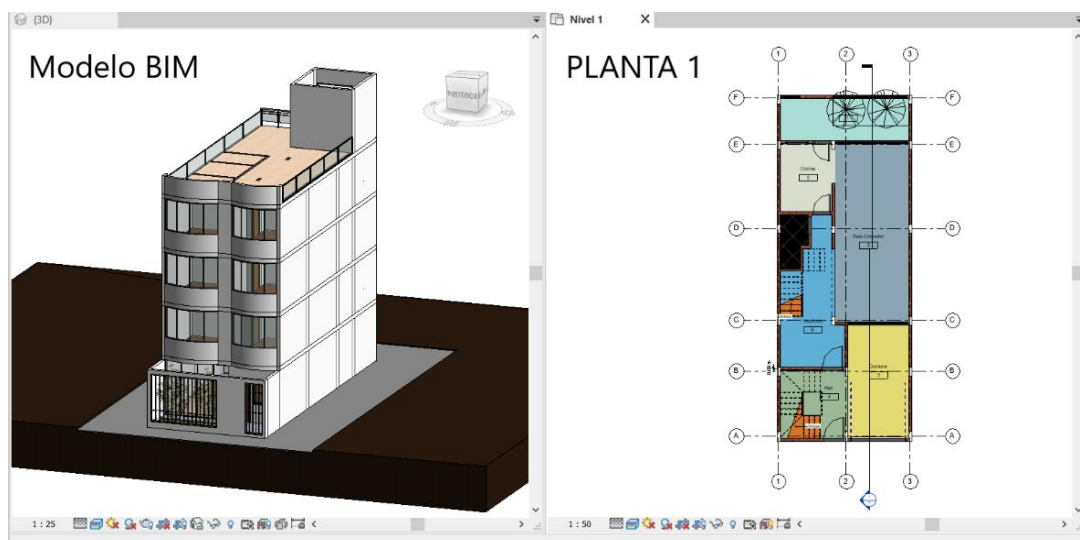


Figura 8: Generación automática de planos a partir del modelo

Fuente: Elaboración Propia

d) Gestión de la información

Al trabajar con CAD, el principal problema es la gran cantidad de archivos de las distintas especialidades que se generan, lo cual dificulta su organización y finalmente el ploteo de los mismos. Estas problemáticas se facilitan con BIM ya que, al tener un modelo único, la información estaría centralizada en un único archivo.

Se debe tener en claro que BIM no es un programa de modelado en 3D. Si bien la metodología de trabajo tiene como base los modelos digitales en tres dimensiones, también engloba la comunicación y el trabajo colaborativo entre los agentes.

2.1.6 Niveles de desarrollo (LOD).

Como se explicó anteriormente, la metodología BIM tiene como base a los modelos digitales con información geométrica y no geométrica, por tal motivo es necesario tener un estándar de qué cantidad y calidad de información se le debe dotar a un modelo. Esta clasificación se realiza con el fin de que todos los involucrados en el proyecto tengan una referencia de cuál será el nivel de detalle a alcanzar. Por ejemplo, los modelos de una ingeniería de detalle son más elaborados que un modelo en un estudio de prefactibilidad.

Los países pioneros en BIM crearon estándares en sus modelos de contrato para realizar una clasificación en la cantidad y nivel de detalle de los modelos. Por ejemplo, en Estados Unidos el Instituto Americano de Arquitectos (AIA) publicó el documento E202-2008 en el que por primera vez se introduce el concepto Nivel de Desarrollo o Level Of Devevelopment, LOD por sus siglas en inglés. Por otro lado, el Reino Unido en el año 2013 publica el documento PAS1192-1 donde plantea un nuevo sistema de clasificación que representa un Nivel de detalle (LOd) y un Nivel de Información del modelo (LOI). En el presente trabajo explicaremos a mayor profundidad el estándar impuesto por EE.UU. debido a que es el más utilizado a nivel mundial.

AIA (2008) define el LOD como un sistema de clasificación en cuanto a los requisitos de información que posee un elemento del modelo y a los usos que se le puede dar a esta información.

Según un artículo publicado por el BIM Forum (2013) que se basa en la clasificación del AIA, se establece que existen 5 niveles de desarrollo:.

- LOD 100: El elemento modelado puede ser representado con un símbolo u otra presentación gráfica. Puede contener información de área, volumen y altura, sin embargo, los elementos LOD 100 deben considerarse solo como medidas aproximadas, no exactas.

- LOD 200: El elemento modelado se representa gráficamente con cantidades aproximadas, al igual que el LOD 100, con el diferencial que se le añade información de orientación y localización a los elementos. Puede incluirse información que no sea gráfica, como propiedades de los materiales, fabricantes, manuales de mantenimiento, etc. (Alonso, 2014)

- LOD 300: El elemento modelado se representa gráficamente, el nivel con el que se define las cantidades, tamaño forma y ubicación de los elementos es de forma precisa.

- LOD 350: Es equivalente al nivel LOD300 con el diferencial que se realiza una interacción entre las especialidades del proyecto.

- LOD 400: Un elemento LOD 400 se modela con suficiente detalle y precisión para la fabricación, puesta en obra/montaje e instalación del elemento.

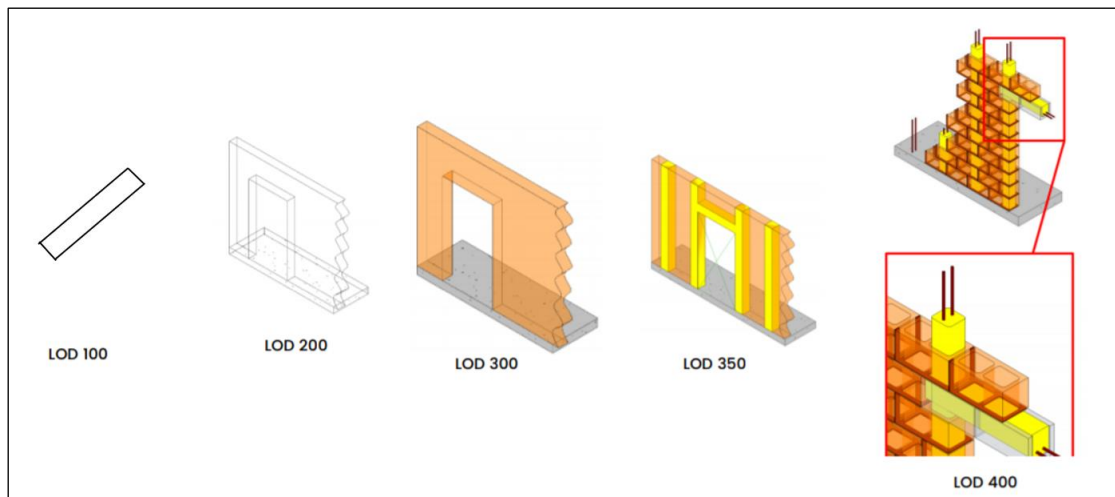


Figura 9: Niveles de desarrollo

Fuente: Escuela de Construcción Digital (2021)

Cabe recalcar que el nivel de desarrollo al que llegarán los modelos de un proyecto depende de la información y el uso que se les dará. Por ejemplo, en la *figura 9*, si el fin es calcular el metrado del muro, es suficiente llegar a un LOD300, ya que el modelo contiene las propiedades geométricas (área y volumen). Sería innecesario llegar a un nivel LOD400 debido a que se tendría los mismos resultados.

2.1.7 Usos BIM en la industria de construcción.

Los usos BIM se refieren a las aplicaciones que se pueden realizar con la información que contienen los modelos, estos usos dependen en gran medida de los objetivos que requiere el propietario del proyecto.

En la Universidad Estatal de Pensilvania (2010) se publicó un documento de planeamiento para la ejecución de BIM en proyectos de construcción, en el cual se identifican 25 usos relacionados a las etapas del proyecto.

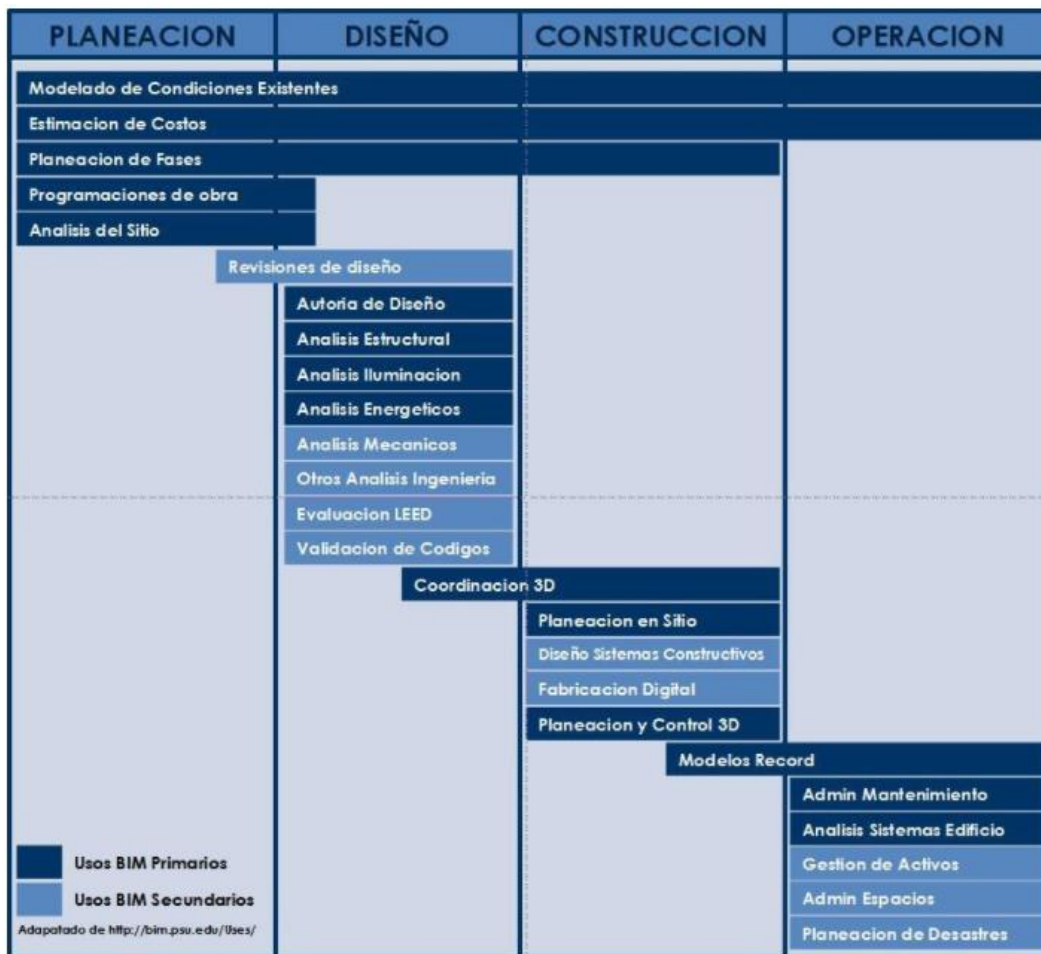


Figura 10: Usos BIM por etapa de proyecto

Fuente: Vinet & Zhedanov (2010)

Cabe recalcar que no necesariamente se debe realizar todos los usos BIM en un proyecto, estos dependen de los objetivos acordados entre el cliente y el equipo de trabajo. Esto se debe a que, de acuerdo a cada uso BIM, se le debe alimentar de cierta información al modelo. Por ejemplo: si el objetivo es la obtención del metrado, se debería dotar al modelo con información del área, volumen, tipo de material y las especificaciones técnicas.

2.1.8 Usos BIM en la etapa de diseño.

De los usos vistos en la *Figura 10*, solo 4 son los usos primarios en una etapa de diseño. Asimismo, estos puntos están relacionados directamente con los objetivos del presente trabajo, por lo cual es indispensable explicarlos a profundidad.

a) Visualización (Modelado de condiciones existente)

Se puede apreciar la infraestructura en tres dimensiones, con el fin de que los involucrados en el proyecto (diseñadores, constructores, propietarios y operadores) tengan una mejor conceptualización y comprensión de lo que se pretende construir.

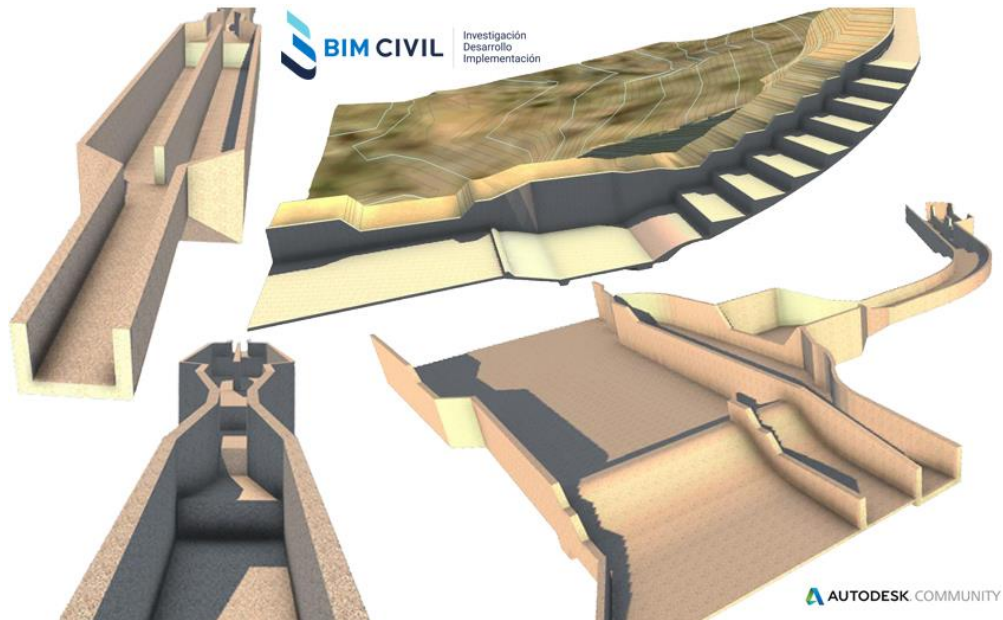


Figura 11: Modelos BIM 3D

Fuente: BIM CIVIL (2019)

b) Estimación de cantidad de materiales

El modelo BIM no solo contiene información geométrica de las estructuras, también es una base de datos que almacena diferentes parámetros como tipo de material, propiedades del material, precios, especificaciones técnicas, etc. En ese sentido, la generación de reportes de las principales partidas de materiales se obtiene a partir del modelo de manera automática. (Taboada et al., 2011)

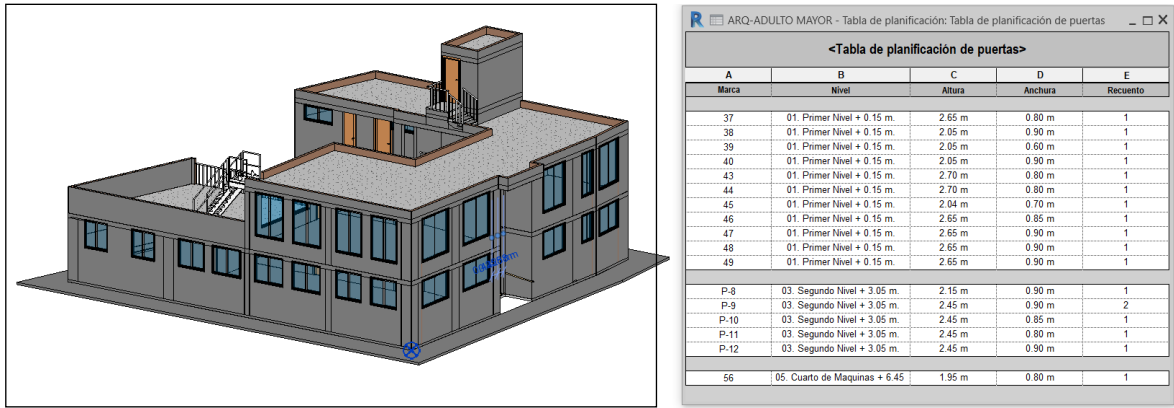


Figura 12. Compuo de materiales a partir de un modelo BIM

Fuente: Escuela de Construcción Digital (2021)

c) Simulación 4D (Planeación de fases)

Si al modelo 3D se le asocia el calendario de obras, es decir el tiempo programado para cada tarea, se obtiene un modelo denominado modelo BIM 4D, en el cual se puede visualizar la secuencia constructiva de la infraestructura.

Es así que el planificador de la construcción realiza su tarea visualmente, es decir que puede comprobar a partir de la simulación 4D cómo proceden las tareas en cada día en específico. De esta manera la planificación, que muchas veces resulta ser un factor crítico en la gestión de proyectos, resulta más confiable. (Alcántara, 2008)

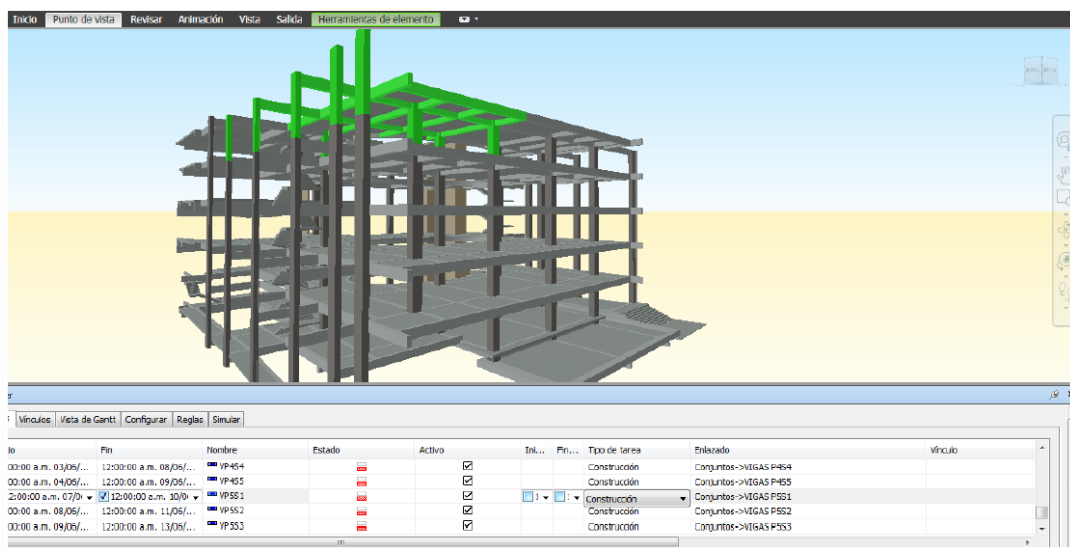


Figura 13: Interfaz gráfica de simulación

Fuente: Alcántara (2008)

d) Detección de interferencias e incompatibilidades (Coordinación 3D)

BIM plantea la pre-construcción de la obra antes de una etapa de construcción, es por ello que conforme se modela, se va encontrando las posibles interferencias e incompatibilidades de los planos por una cuestión de lógica constructiva. De esta manera la metodología resulta una herramienta útil para revisar, corregir y optimizar la documentación en etapa de diseño. Lo que se traduce en proyectos de calidad en el tiempo y costo adecuado. (Taboada et al., 2011)

En el subtítulo 2.2 Detección de interferencias e incompatibilidades se amplía más información sobre este tema.

2.1.9 Herramientas BIM en etapa de diseño.

Es natural que esta metodología traiga consigo nuevas herramientas para los ambiciosos beneficios que plantea. Es por ello que en la actualidad hay una gran cantidad y variedad de softwares que ayudan a que la metodología pueda lograr sus objetivos.

Como se mencionó anteriormente la idea de BIM no es un concepto reciente, nació hace más de cuatro décadas, sin embargo, recién hoy en día existen las tecnologías computacionales necesarias para hacerse realidad. (Villa, 2017)

Para lograr los usos BIM, anteriormente descritos, es necesario que los agentes involucrados trabajen con herramientas actuales en el mercado:

a. Herramientas de visualización

Este tipo de softwares son los que permiten conceptualizar el diseño del proyecto en un modelo en 3D. Asimismo se le puede asignar información geométrica (volumen y área) y no geométrica (posición, costo, propiedades del material, etc.)

Estos programas a su vez se dividen en dos tipos:

- Software de obras puntuales: Permite al usuario modelar con objetos paramétricos prediseñados como muros, columnas, vigas, suelos, entre otros. Su uso en BIM está consolidado en proyectos de edificaciones.



Figura 14: Software de modelado de obras puntuales

Fuente: García (2020)

- Software de obras lineales: Permite al usuario modelar obras lineales de gran longitud como carreteras, canales, vías férreas, entre otros.



Figura 15: Softwares de modelado de obras lineales.

Fuente: García (2020).

b. Herramientas de estimación de cantidad de materiales

El computo de materiales en los procesos BIM consiste en utilizar un modelo virtual 3D para extraer datos de sus dimensiones con el fin de extraer mediciones. No es un proceso 100 por ciento automático, sino que hay que adaptar y corroborar que las dimensiones que presenta el modelo sean las reales para construir.



Figura 16: Softwares de estimación de materiales

Fuente: García (2020)

c. Herramientas de simulación 4D

La función de este tipo de softwares es realizar la simulación constructiva del proyecto de manera virtual, es decir podemos vincular el modelo 3D con el cronograma de obra.

Las herramientas que trabajan con la metodología BIM más utilizadas en modelos 4D son las siguientes:



Figura 17: Softwares de planificación 4D

Fuente: García (2020)

d. Herramientas de detección de interferencias e incompatibilidades

Una de las grandes ventajas de realizar un modelo virtual de la infraestructura es poder realizar un estudio de colisiones que evite cruces y errores entre disciplinas a la hora de ejecutar la obra. Con este procedimiento se evitan sobrecostos en obra.

Algunas de las herramientas más utilizadas en el mercado BIM para realizar el estudio son las siguientes:



Figura 18: Softwares de detección de interferencias e incompatibilidades

Fuente: García (2020).

e. Herramientas colaborativas

Si bien los usos del modelo digital reflejan los principales beneficios de trabajar con BIM, no se podría hablar de BIM sin un trabajo colaborativo, ya que la generación y usos de los modelos se deben a la facilidad de comunicación, intercambio de información y la rápida toma de decisiones de los equipos que han trabajado en el proyecto.

Es así que para que exista un mejor flujo de información, se necesita una plataforma virtual en la cual los agentes puedan comunicarse en tiempo real y tener la información de otras especialidades a la mano. Es decir, es una plataforma en la nube en la que se pueda visualizar y gestionar la información de modelos BIM.

Algunas de las herramientas más utilizadas en el mercado son:



Figura 19: Softwares colaborativos

Fuente: García (2020)

2.1.10 Beneficios de adoptar BIM

El beneficio clave de BIM es su representación geométrica precisa de las partes de una construcción en un único modelo digital de información (CRC Construction innovation, 2007). Otros beneficios relacionados son:

- *Comunicación más rápidos y eficaz:* Los flujos de trabajo son más eficientes, ya que al tener una única plataforma en la que se almacena la información, los distintos especialistas pueden comunicarse entre sí de manera rápida para aportar y añadir valor al proyecto.
- *Mejor diseño:* las propuestas de construcción son analizadas rigurosamente, ya que al tener un modelo pre construido del edificio se puede realizar simulaciones del proceso constructivo, de tal manera que se pueda optimizar los diseños antes de que llegue a una etapa de construcción.
- *Mejor calidad de producción:* Los flujos de trabajo son más rápidos, ya que la producción de documentación (planos y metrados) se obtienen del modelo de manera automática.
- *Mejor servicio al cliente:* El cliente ya no solo pasa a ser un agente externo en el diseño del proyecto, este al visualizar la construcción en 3D lo comprende mejor y podrá aportar ideas.
- *Los datos del ciclo de vida:* La gestión de BIM no solo se limita a una etapa de diseño y construcción, la información que contienen los modelos sirven para la etapa de operación y mantenimiento. Incluso para la disposición final de la obra cuando termine su tiempo de vida.

Por otro lado, los beneficios resultantes también se asocian a ahorro de tiempo y dinero en los proyectos que aplican estas nuevas tecnologías, por poner un ejemplo el Centro de Ingeniería de Instalaciones Integradas de la Universidad de Stanford realizó un estudio tomando como base 32 proyectos BIM. En esta investigación se tuvo los siguientes resultados (CIFE, 2007):

- a) Precisión de la estimación de costos dentro del 3%.
- b) Reducción de hasta un 80% en el tiempo necesario para generar una estimación de costos.
- c) Un ahorro de hasta el 10% del valor del contrato mediante detecciones de conflictos.
- d) Reducción de hasta un 7% en el tiempo del proyecto.

Muchas veces existe una confusión entre los usos y los beneficios de BIM, la diferencia principal es que los segundos son los resultados positivos de los primeros. (Alcántara, 2008)

2.1.11 Limitaciones y desventajas

Como vimos en los puntos anteriores la aplicación de BIM en proyectos de construcción trae muchos beneficios, sin embargo, se debe tener en cuenta ciertas consideraciones antes de implementarlo en una empresa. (Moreno, 2019)

- Se debe invertir en tecnología BIM: en primer lugar, se debe comprar licencias de softwares, los cuales tiene un costo relativamente alto. Asimismo, se debe conseguir ordenadores de gama media-alta que soporten el requerimiento computacional de los softwares. Dentro de esta inversión también se necesita considerar la capacitación de los miembros de la empresa.
- En un inicio la eficiencia en los proyectos puede ser baja, debido a la falta de experiencia del equipo de trabajo.

- Puede existir una resistencia a la adopción de BIM por parte de profesionales que trabajan con CAD, ya que esta nueva metodología los obliga a realizar un trabajo colaborativo en el que deben respetar un orden al momento de modelar.
- Existe poco o un nulo conocimiento de BIM por parte de los gobiernos regionales y locales, lo que influye en su desarrollo.

2.2. DETECCIÓN DE INTERFERENCIAS E INCOMPATIBILIDADES

En un proyecto de construcción las mayores incertidumbres se reflejan en las interferencias e incompatibilidades que se podrían suscitar en la etapa de ejecución de la obra. Es por ello que una correcta detección de este tipo de incidencias, en etapa de diseño, permite mejorar la la calidad del proyecto con un ahorro de tiempo y costos. (Duque, 2013)

2.2.1 Detección de incompatibilidades

Las incompatibilidades son problemas que se originan debido a la incorrecta representación gráfica entre los planos e incongruencias entre los documentos (especificaciones técnicas, metrados, presupuesto, etc) de una misma especialidad. Por ejemplo, cuando una viga en plano de planta aparece con un ancho distinto respecto al plano de corte o de detalle de la misma viga.

En el caso de que en etapa de ejecución se encuentre el problema anterior, se generaría incertidumbre durante la construcción, ya que el residente de la obra no sabría que plano respetar. Así que debería anotarlo en el cuaderno de obras para que la observación sea resuelta por una vía formal “contratista-supervisión”. No obstante, la solución de este proceso toma tiempo y puede afectar el cronograma de obras, traduciéndose finalmente a un aumento de costos y tiempo en el proyecto. (Taboada et al., 2011)

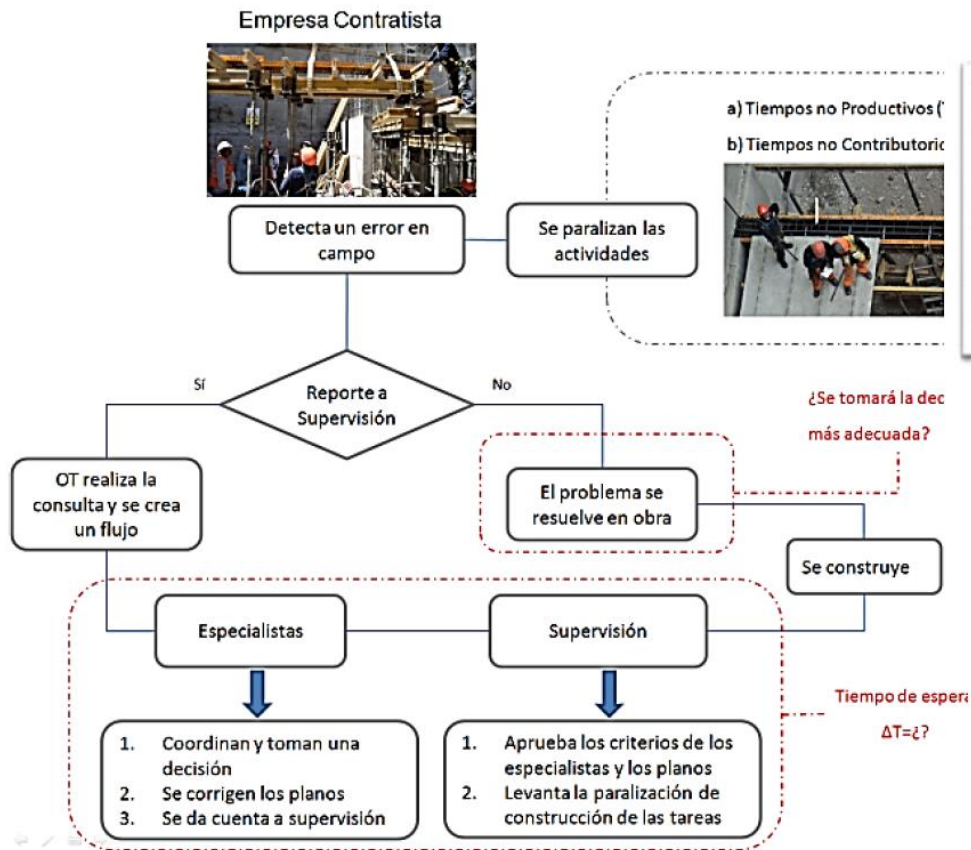


Figura 20: Flujo de trabajo cuando se encuentra un error en los planos

Fuente: Taboada et al. (2011)

- Procedimiento para la detección de incompatibilidades

Como primer paso se debe definir el nivel de detalle (LOD) con el que se va a modelar las estructuras. Posteriormente se debe construir el modelo 3D de cada especialidad. Cuando se modela usando un software BIM es necesario tener todos planos (planta, corte, perfil, elevaciones, etc.) y especificaciones técnicas, de la misma forma como se construiría en una etapa de ejecución.

De acuerdo al avance que se tiene del modelo, se va precisando más en los detalles y este se acerca más a cómo quedaría en la realidad. Es así que las detección de incompatibilidades surgirán por una cuestión de lógica constructiva conforme a la generación del modelo. (Taboada et al., 2011)

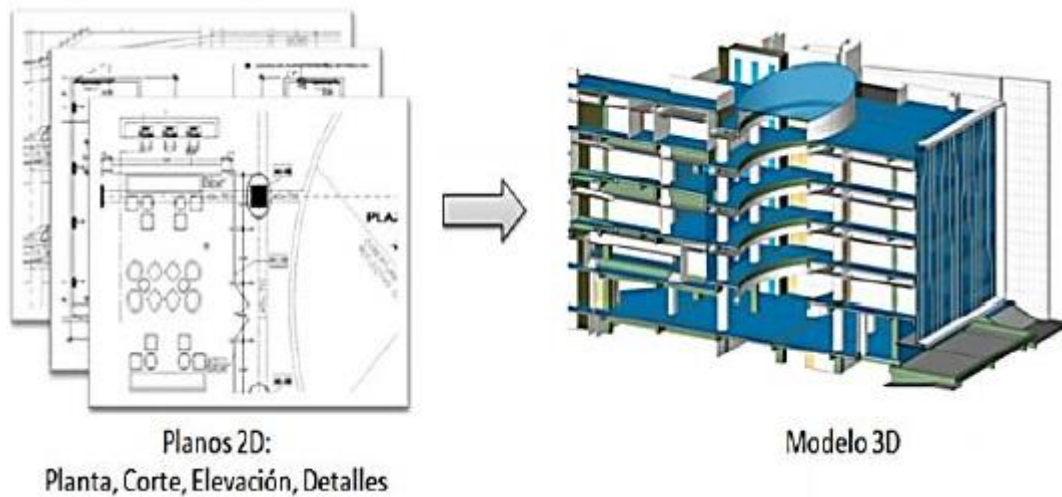


Figura 21: Elaboración de un modelo 3D basado en los planos 2D de cada especialidad

Fuente: Taboada et al. (2011)

2.2.2 Detección de interferencias.

Según Berdillana (2008), las interferencias son problemas que ocurren entre los planos de las distintas especialidades del proyecto, debido a su deficiente integración. Por ejemplo, cuando existe un cruce entre las instalaciones, ya sea eléctricas o sanitarias, con una viga o columnas

- Procedimiento para la detección de interferencias

Una vez se tenga los modelos BIM 3D de cada especialidad podemos integrarlos en un único modelo, de tal manera que podamos visualizar todas las estructuras que comprende el proyecto en un único entorno.

Una vez se tenga un modelo único, se procede a realizar el análisis de interferencias con un software BIM. Uno de los softwares más conocidos en el mercado es Navisworks® el cual cuenta con una herramienta llamada *clash detective* que reporta los conflictos en el modelo de manera automática.

En la *figura 22*. se muestran un ejemplo en el que se visualiza el reporte de una interferencia entre dos especialidades.

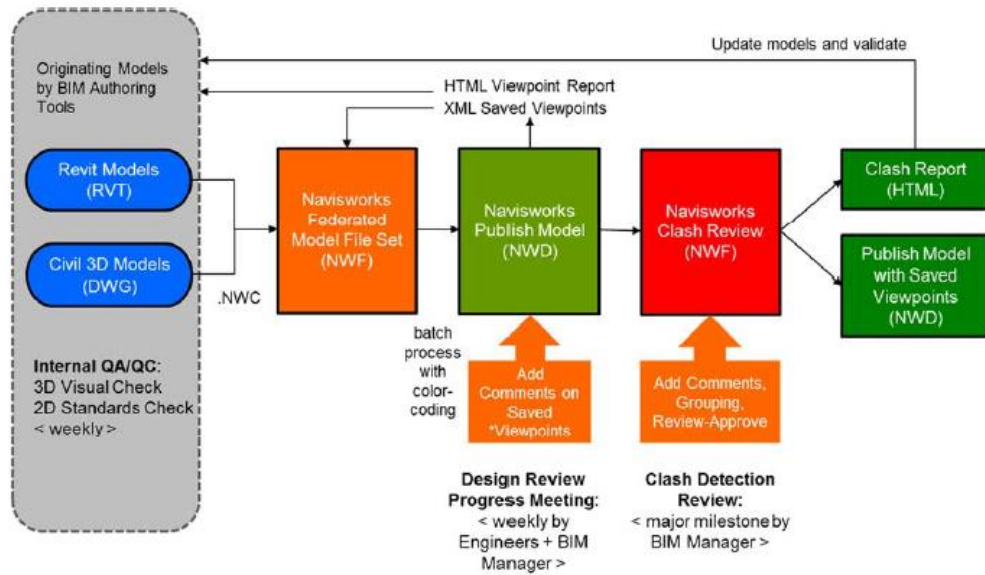


Figura 22: Flujo de trabajo para revisión de interferencia

Fuente: Huang (2017)

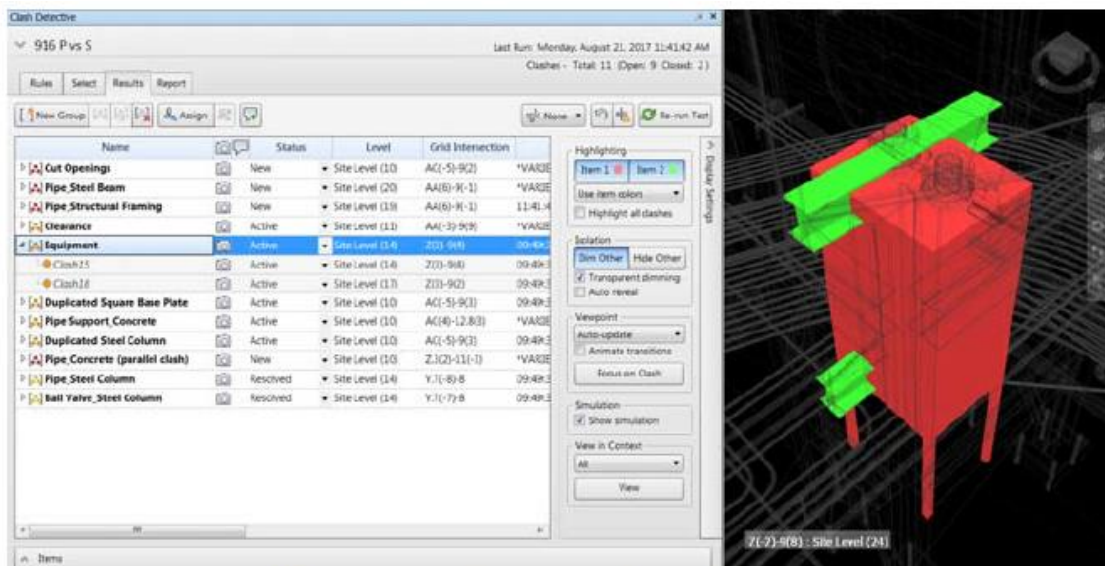


Figura 23: Interferencia entre 2 vigas y una estructura metálica

Fuente: Huang (2017)

2.3. INGENIERIA EN INFRAESTRUCTURA DE SISTEMAS DE RIEGO

La infraestructura de un sistema de riego es el conjunto de estructuras que permiten transportar el agua desde donde nace o existe hacia los campos de cultivo. Como partes principales del sistema se puede tener bocatomas, desripiador, desarenador, canal de distribución y conducción y reservorio. Asimismo, se puede contar con obras de arte para la conducción del agua, tales como medidores de caudal, tomas laterales, acueductos, canoas, pasarelas, rápidas, sifones y alcantarillas. (MINAGRI, 2015)

Al realizar el planteamiento hidráulico de los componentes de un sistema de riego, existen muchas alternativas y distintas combinaciones, la cuales dependerán de la topografía, orografía, geotecnia, entre otros factores de la zona de estudio.

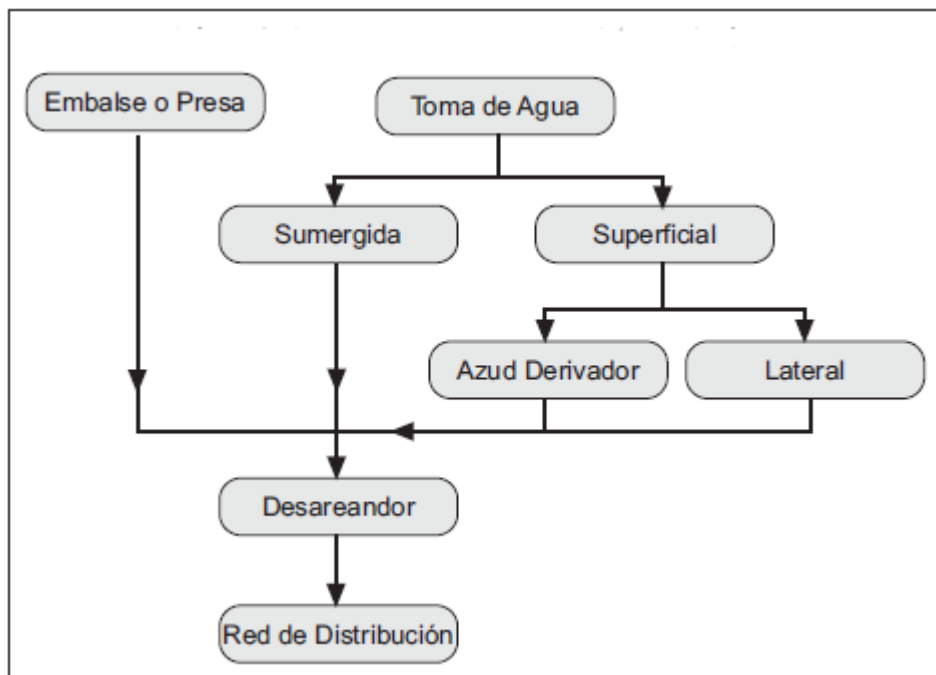


Figura 24: Componentes para un sistema de riego tipo

Fuente: Ergueta (2008)

2.3.1 Componentes de la infraestructura un sistema de riego.

a. Captación

Según Rocha (2003), las obras de captación o bocatomas son estructuras hidráulicas que son construidas sobre un río o canal con el fin de captar una parte o la totalidad del caudal de agua para alimentar un sistema de riego, agua potable, generación de energía hidroeléctrica, etc.

Existen diferentes tipos de bocatoma las cuales dependen de las características de cada río, entre las más conocidas tenemos bocatoma lateral, bocatoma tirolesa, bocatoma mixta, etc.

Acorde a los objetivos del presente trabajo solo se profundizará en la explicación del tipo de bocatoma lateral.

Bocatoma de captación lateral

La bocatoma lateral es una obra de captación superficial y es la más empleada cuando se trata de captar el agua de un río.

La forma más simple de concebir una captación lateral es como una bifurcación. En primer lugar, conviene presentar una breve descripción de los elementos constituyentes más frecuentes de una bocatoma de captación lateral, los que podrían clasificarse de la siguiente manera:

- *Barraje fijo*: Su función es elevar el nivel de agua del río para que ingrese al canal de derivación.

- *Barraje móvil*: Es una estructura que se compone por una o más compuertas, tiene el fin de dar paso al río en época de crecidas. Se ubica contiguo a la ventana de captación.

- *Canal de Limpia*: Su función es manejar los sedimentos del río.

- *Ventanas de captación:* Permite controlar el ingreso del agua hacia el canal de derivación. Se compone por rejillas las cuales tienen como función evitar el ingreso de cuerpos extraños.
- *Desripador:* Su función es manejar los sedimentos que contiene el agua a captar. Se ubica contiguo a la ventana de captación y paralelo al flujo del río.
- *Aliviaderos de demasías:* Su función es de protección, en épocas de crecida permite el desfogue del exceso de agua.
- *Muros de encauzamiento:* Su función es permitir el ingreso al barraje y elevar el nivel del agua. En épocas de crecida impide el desborde del río.

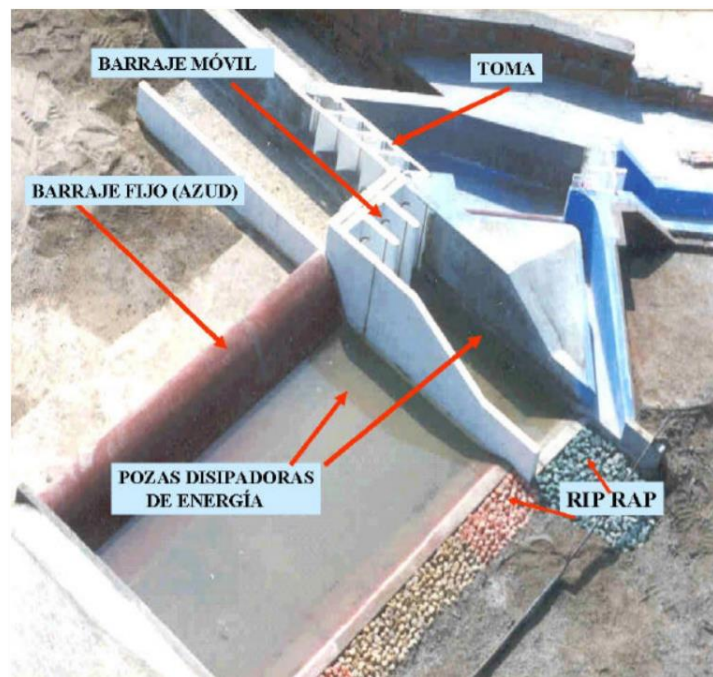


Figura 25: Bocatoma de captación lateral

Fuente: Rocha (2003)

b. Desarenador

Según Villón (2003), los desarenadores son obras hidráulicas que sirven para separar el material sólido del agua del canal, con el fin de evacuarlas y evitar problemas de erosión y colmatación en los canales. Generalmente se ubican a la salida de la toma de captación.

Las partes de un desarenador son:

- Transición de entrada y salida: unen el canal con el desarenador.
- Cámara de sedimentación: lugar en donde los sedimentos caen al fondo, producto de la disminución de la velocidad producida por el aumento de la sección transversal.
- Vertedero: al final de la cámara se construye un vertedero sobre el cual pasa el agua limpia hacia el canal
- Compuertas de lavado: tiene la función de evacuar los sedimentos depositados en el fondo de la cámara de sedimentación.
- Canal Directo: por el cual se da servicio mientras se está lavando el desarenador

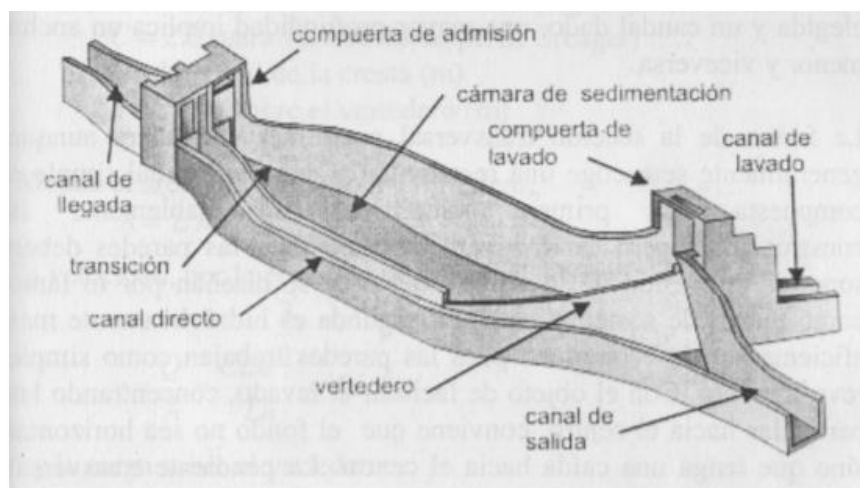


Figura 26: Parte de un desarenador

Fuente: Villón (2003)

Como criterio general para su diseño se toma las siguientes consideraciones: diámetro de las partículas a sedimentar, la velocidad del flujo y velocidad de sedimentación.

c. Canal de riego

Según Rodríguez (2008), son cauces artificiales que permiten el transporte de diferentes caudales de agua en lámina libre, a semejanza de un río. Este tipo de canales usualmente se diseñan con forma geométricas regulares (prismáticos), sección transversal invariable y una pendiente constante.



Figura 27: Canal de sección trapezoidal

Fuente: Rodríguez (2008)

d. Canoa

Son estructuras de paso, la finalidad de una canoa es pasar agua de un canal de riego por encima o debajo de un río u otro canal. Por lo general se usa construcciones de concreto.



Figura 28: Canoa por encima del canal

Fuente: MINAGRI (2015)

e. Transición

Según Villón (2003), es una estructura que tiene el fin de modificar, de forma gradual, la sección de un canal para empalmar tramos de diferente pendiente o dirección. Este tipo de obras se diseñan a la entrada o salida de las diferentes obras de arte como: desarenador, caída, rápida, aforadores, etc.

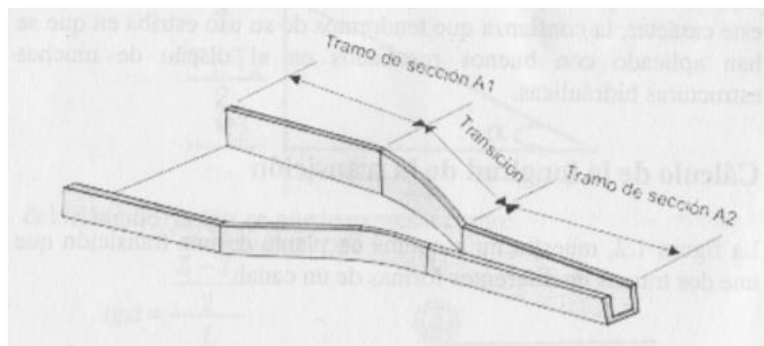


Figura 29: Partes de una transición

Fuente: Villón (2003)

Como criterio general para su diseño, se debe procurar que existan las menores pérdidas de carga en el cambio de sección.

III. METODOLOGÍA

3.1. GENERALIDADES

La metodología empleada en la presente investigación fue de tipo aplicada. El objetivo principal fue explorar los beneficios resultantes de aplicar las herramientas de la metodología BIM en un proyecto de infraestructura hidráulica con fines de riego. La muestra fue un Expediente Técnico ubicado en el distrito de Acocro, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

En primer lugar, se realizó un modelamiento BIM en base a los documentos del Expediente Técnico, seguidamente se realizó la documentación (planos y metrados) y finalmente la simulación constructiva del proyecto en base a los modelos BIM 3D generados.

Posteriormente se aplicó las herramientas BIM para la detección de las posibles incidencias (interferencias e incompatibilidades) en el Expediente Técnico del caso de estudio, y se realizó una clasificación de estas. Finalmente se realizó un análisis que consistió en valorar los potenciales beneficios de aplicar las herramientas BIM en una etapa de elaboración de obra para reducir costos y tiempo, respecto a encontrarlas en una etapa de ejecución utilizando una metodología tradicional.

3.2. MATERIALES

En este título se dará más alcances de los materiales y softwares utilizados para el modelamiento BIM del caso de estudio del trabajo de investigación. La información fue obtenida del Expediente Técnico “Construcción del sistema de riego Tarwiyoc”.

3.2.1 Zona de estudio

Región	: AYACUCHO	Longitud	: 74°13'22""W
Provincia	: HUAMANGA	Latitud	: 13°09'26"S
Distrito	: ACOCRO	Altitud	: 3832 m.s.n.m.

El proyecto se encuentra políticamente ubicada en la provincia de Acocro-Huamanga-Ayacucho-Perú, en la zona sur central de los andes.

La Población del área de influencia del proyecto tiene como principal actividad económica la agricultura tradicional en un 80%, destacando entre ellos el cultivo del trigo, maíz, papa, haba, cebada, quinua, frutales y otros tubérculos.

Recurso Hídricos

En los meses de noviembre a marzo hay abundante precipitación y, en el resto del año, ambiente seco, con presencia de 10 horas de sol promedio entre los meses de abril a octubre. El complejo hidrográfico está constituido por los ríos: Río Yucay, Río Challhuamayo, Río Quisuormaya.

Topografía

El proyecto se emplaza entre los niveles desde 3781. 27m.s.n.m a 3832. 00m.s.n.m.

La topografía de la zona es accidentada en algunos tramos se encuentra zonas planas principalmente en la cima de las cumbres, los tramos en la que atraviesan los cerros son bastante accidentadas y presentas pendientes altas, toda la zona está rodeada por cerros muy accidentados con pequeñas áreas de vegetación y grandes barrancos.

Geomorfología

Por la diversidad de pisos térmicos y altitudes, nichos ecológicos, clima microclimas, en los tramos del Proyecto que unirán los anexos podemos encontrar, diversos tipos de suelos en cuanto a sus características físico-químicas.

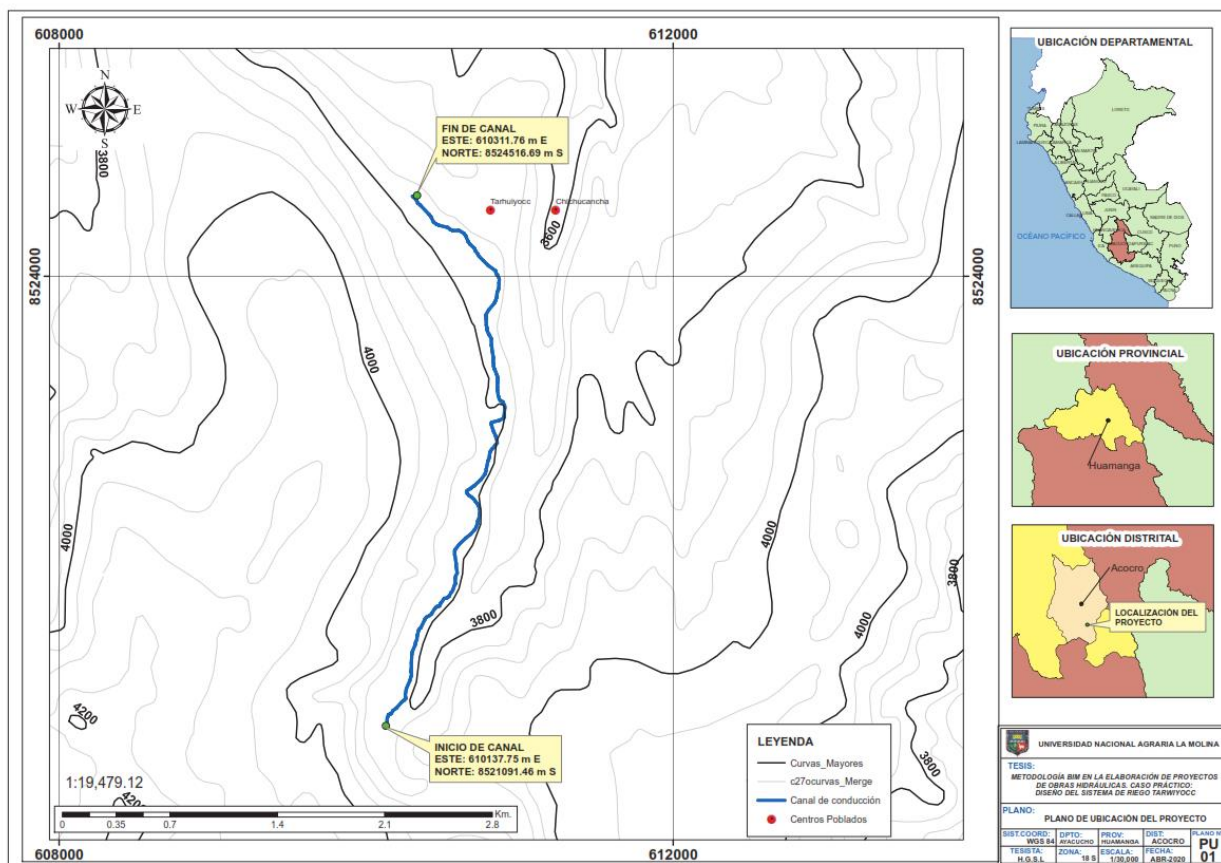


Figura 30: Ubicación del proyecto

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Descripción del proyecto.

El proyecto “Construcción Sistema de Riego Tarwiyooc”, tiene como objetivo básico establecer el incremento del rendimiento de los cultivos en la Comunidad de Tarwiyooc, y de disminuir las pérdidas por filtración y evaporación, garantizando así en forma oportuna el caudal de demanda. Lo cual se verá reflejado en mejores condiciones de vida; contribuyendo al desarrollo de la zona.

La situación actual del sistema de riego es deficiente: la bocatoma está en mal estado, existen tramos de la línea de conducción que están sin revestir, el desarenador está destruido. Esto se debe a que los componentes tienen más de 20 años de uso, por lo cual es evidente su deterioro. Sin embargo, hay ciertos tramos que se conservan en buen estado, en los que solo se harán refacciones.

En el sistema proyectado se plantea refaccionar la bocatoma, construir un desarenador, construir un muro de contención, construir una canoa y un canal trapezoidal de 1732 ml.

3.2.3 Situación Actual

- Bocatoma

Existe una bocatoma de captación lateral con 25 años de uso. Tiene el barraje desgastado, debido a la erosión. Asimismo, no cuenta con la compuerta del barraje móvil ni la rejilla de la ventana de captación. Por lo que se realizarán las refacciones respectivas.

Por otro lado, los muros de encauzamiento y la poza disipadora se encuentran en buen estado, por lo que solo se harán refacciones.

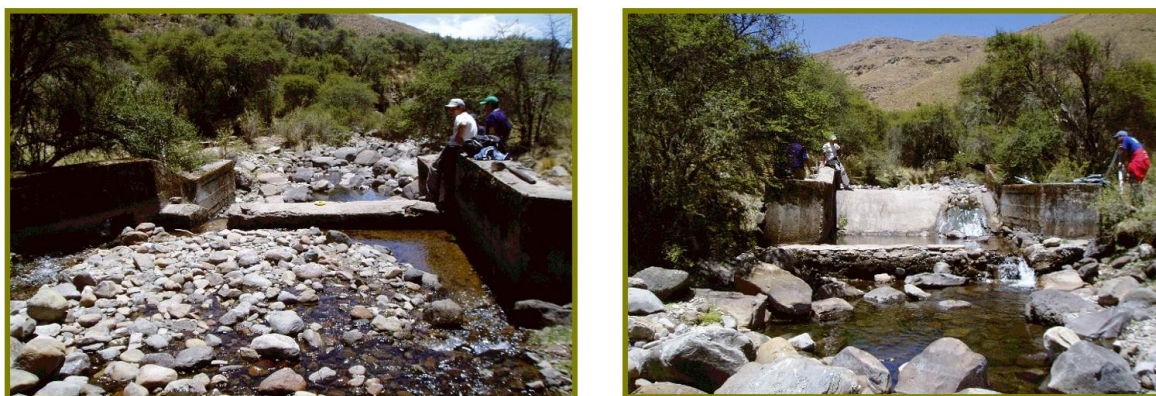


Figura 31: Bocatoma existente

Fuente: Expediente Técnico “Construcción sistema de riego Tarwiyoc”

- Canal rectangular

El inicio del canal de conducción 0+00 hasta la progresiva 0+023 es de forma rectangular. El canal se encuentra en buen estado.

- Desarenador

En la progresiva 0+014 existe un desarenador deteriorado, sin compuertas y llena de sedimentos. Se demolerá totalmente.



Figura 32: Desarenador existente.

Fuente: Expediente Técnico “Construcción sistema de riego Tarwiyoc”

- Canal trapezoidal

En la progresiva 0+023 se encuentra una transición que da paso a un canal trapezoidal. Este canal tiene las siguientes características:

Tramo 0+023 – 0+240 se encuentra en mal estado; se demolerá totalmente.

Tramo 0+240 – 0+1580 el canal no está revestido; se revestirá de concreto.

Tramo 1+580 – 0+1625 el canal se encuentra en buen estado.

Tramo 1+625 – 1+800 el canal no está revestido; se revestirá de concreto.



Figura 33: Canal trapezoidal existente

Fuente: Expediente Técnico “Construcción sistema de riego Tarwiyocc”

3.2.4 Sistema proyectado.

El proyecto comprende:

- *Refacción de una captación existente en la progresiva 0 + 000*

La bocatoma es de captación lateral y está diseñada con un caudal de captación 80 lts/seg.

Sus elementos principales son: un barraje fijo de 4 ml, un barraje móvil de 0.5 m, una ventana de captación de 0.4x0.4 m, una poza disipadora de energía de 4ml y muros de encauzamiento de 9ml.

- *Construcción de un desarenador en la progresiva 0+014*

El desarenador es de tipo convencional, según los estudios de suelo el material a sedimentar es de arena fina con diámetro de 0.20 mm.

Los componentes de la estructura son los siguientes: zona de entrada del desarenador es de 1.5 ml, la zona de sedimentación de 3 ml, la zona de salida es de 0.75 ml y el canal de purga es de 2 ml.

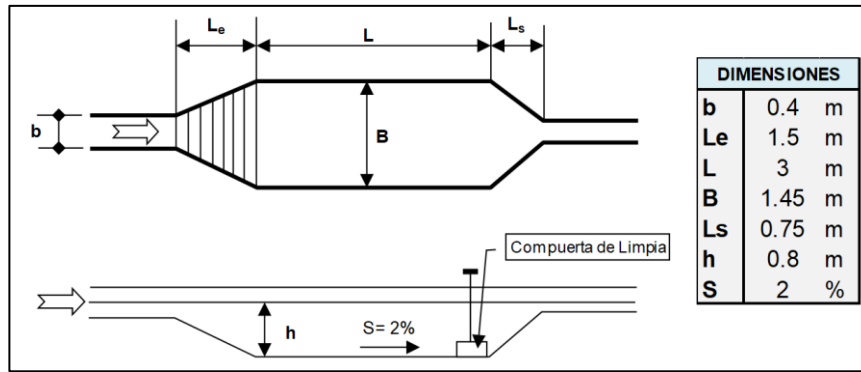


Figura 34: Dimensiones del desarenador

Fuente: Expediente Técnico “Construcción sistema de riego Tarwiyocc”

- *Construcción de un muro de contención en la progresiva 0 + 130*

En la progresiva 0+130 del trazo del canal existe un tramo de 10 m de terreno de material suelto, que está próximo a deslizarse, por lo cual se prevé el diseño de un muro de contención para la estabilidad de taludes.

Se diseñó un muro de concreto de $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$ de 10 m de alto.

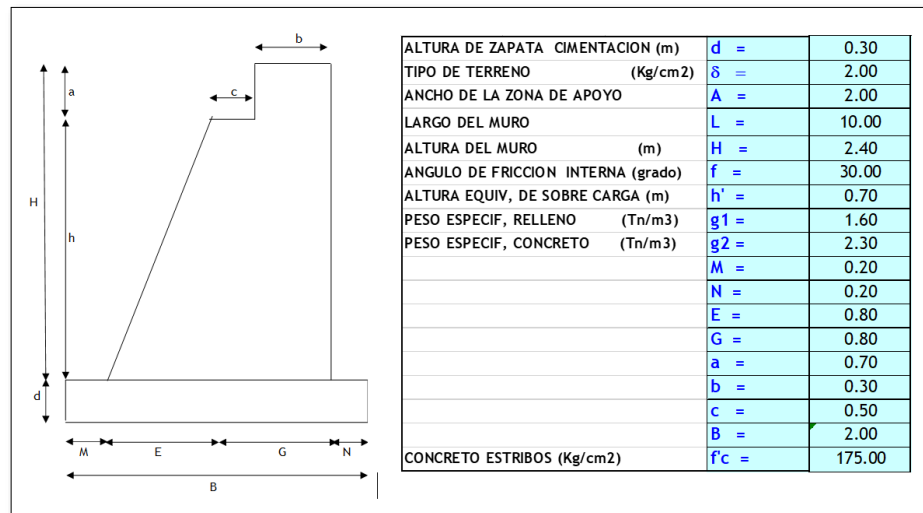


Figura 35: Dimensiones del muro de contención.

Fuente: Expediente Técnico “Construcción sistema de riego Tarwiyocc”

- *Construcción de una canoa en la progresiva 0 + 240*

En la progresiva 0+240 el canal cruza la quebrada S\N por lo que se proyecta una estructura de pase. Se prevé la construcción de una canoa lineal de 5m.

En este caso realizaremos la construcción de una canoa por encima del canal de conducción.

Dimensiones	
Ancho de la canoa	5.000 m
Tirante del flujo	0.229 m
Area hidraulica	1.145 m ²
Perimetro mojado	5.458 m
Radio Hidráulico	0.210 m
Espejo del agua	5.000 m
Altura total de la canoa	0.305 m
H de diseño	0.400 m
Bordo Libre	0.076 m
Velocidad de flujo	1.048 m/s
Numero de Froude	0.700
Tipo de flujo	Subcrítico
Energia Especifica	0.285 m-kg/kg

Figura 36: Dimensiones de canoa

Fuente: Expediente Técnico “Construcción sistema de riego Tarwiyocc”

- *Construcción de canal de concreto de $F'C' = 175 \text{Kg/cm}^2$*

Consiste de un canal de Sección Trapezoidal de 1732 ml diseñado para transportar un caudal de $Q = 80 \text{ lts/seg}$. Con las siguientes características:

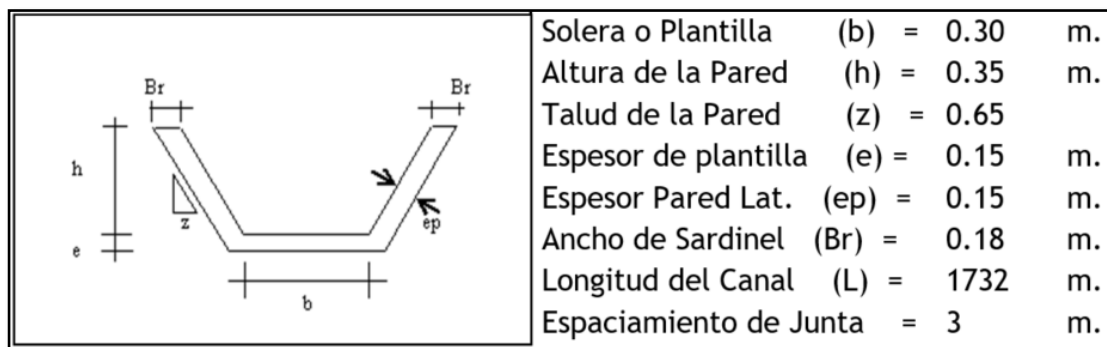


Figura 37: Dimensiones de canal trapezoidal

Fuente: Expediente Técnico “Construcción sistema de riego Tarwiyocc”

3.2.5 Estudios topográficos.

La información fue obtenida del Expediente Técnico “Construcción del sistema de riego Tarwiyocc” consta del levantamiento topográfico del trazo del canal y áreas adyacentes a las fuentes de agua Río Yucay, Río Challhuamayo, Río Quisuormaya.

Se realizó la toma de puntos cada 20m a lo largo del trazo del canal proyectado y como puntos de relleno se tomaron a 15 m a la margen izquierda y derecha de dicho trazo. Asimismo, se ha tomado puntos de relleno en la ubicación de quebradas para la ubicación de las obras de arte.



Figura 38: Levantamiento topográfico

Fuente: Expediente Técnico “Construcción sistema de riego Tarwiyocc”

3.2.6 Planos

Para el modelamiento BIM se tendrá como base los planos de detalle de las obras que comprende el proyecto. La información fue obtenida del Expediente Técnico “Construcción del sistema de riego Tarwiyoc”.

- Plano clave

Se utilizó para tener una conceptualización del planteamiento hidráulico, con el fin de identificar el inventariado de las obras proyectadas y las existentes.

- Plano de planta y perfil

Se utilizó para ver el trazo del canal y los radios de curvatura, por otro lado, la vista de perfil sirvió para identificar la rasante proyectada.

- Bocatoma refaccionada

Se utilizó como base para el modelado de la bocatoma (obras de concreto, aceros, encofrados, rejilla, compuerta).

- Desarenador

Se utilizó como base para el modelado de la desarenador (obras de concreto, aceros, encofrados, compuerta, junta waterstop). Asimismo, sirvió como referencia de los niveles para el movimiento de tierras.

- Canal de Transición

Se utilizó como base para el modelado de la transición. Asimismo, sirvió como referencia de los niveles para el movimiento de tierras.

- Muro de contención

Se utilizó como base para el modelado del muro de contención. Asimismo, sirvió como referencia de los niveles para el movimiento de tierras.

- Canoa

Se utilizó como base para el modelado de la canoa (obras de concreto, aceros, encofrado). Asimismo, sirvió como referencia de los niveles para el movimiento de tierras.

Tabla 1: Lista de planos del Exp. Técnico

PLANO	CODIGO
Plano clave	<i>C-01</i>
Planta y perfil longitudinal	<i>Pp-01</i>
Planta y perfil longitudinal	<i>Pp-02</i>
Bocatoma existente	<i>B-01</i>
Bocatoma refaccionada	<i>B-02</i>
Compuerta y rejilla metálica	<i>B-03</i>
Desarenador	<i>D-01</i>
Canal de Transición	<i>Ct-01</i>
Muro de Contención	<i>Mc-01</i>
Canoa	<i>Ca-01</i>

Fuente: Elaboración propia

Los planos del Expediente Técnico “Construcción del sistema de riego Tarwiyocc” se encuentran en el *Anexo 01*.

3.2.7 Memoria descriptiva.

La información fue obtenida del Expediente Técnico “Construcción del sistema de riego Tarwiyocc”. Se revisó para obtener la justificación de las soluciones técnicas adoptadas en el proyecto y dar un visto bueno a las memorias de cálculo.

3.2.8 Especificaciones técnicas.

Las especificaciones contienen las condiciones técnicas que deben ser aplicadas en la ejecución de las obras planteadas en el Expediente Técnico “Construcción Sistema de riego Tarwiyocc – Acocro”. Por ello al realizar el modelamiento BIM del proyecto se revisó conjuntamente con los planos.

3.2.9 Metrado

En la planilla de metrados se han considerado todas las partidas del proyecto. Los valores obtenidos del metrado se han extraído de los planos de diseños.

Los metrados serán una información adicional para constatar las especificaciones técnicas de los materiales que se necesitan. Asimismo, se verificó si el metrado es el correcto, a partir de la cuantificación de materiales de los modelos BIM.

3.2.10 Presupuesto de obra

El presupuesto de obra se ha elaborado con los metrados del proyecto y los costos unitarios de cada una de las partidas correspondientes.

Serán una información adicional para constatar las especificaciones técnicas de los materiales que se necesitan.

3.2.11 Programas

Se utilizó los softwares BIM de la empresa Autodesk, debido a que ofrecen una interfaz amigable al usuario y una interoperabilidad entre sus programas.

- **Autocad**

El software se utilizó para visualizar los planos obtenidos del Expediente Técnico. Asimismo, para la visualización de los planos generados a partir del modelado BIM.

Se utilizó una licencia para estudiante.

- **Revit.**

El software se utilizó para realizar el modelo BIM de obras puntuales: bocatoma, desarenador y canoa.

Se utilizó una licencia para estudiante.

- **Civil 3D**

El software se utilizó para realizar el modelo BIM de las obras lineales: canales, transiciones, muro de contención.

Se utilizó una licencia para estudiante.

- **Navisworks**

El software se utilizó para integrar los modelos del Civil 3d y Revit en un único modelo. Es así que al tener un único modelo podemos realizar la detección de las interferencias mediante la herramienta “Clash Detective”.

Se utilizó una licencia para estudiante.

3.2.12 Equipos

El modelamiento BIM se realizó con una computadora de gama media con las siguientes características:

- Laptop Pavilion HP Procesador: Intel Core i5 8300H (2300 GHz) 8ta Generación
- RAM: 8GB
- Almacenamiento: HDD 1TB
- Tarjeta de video: Intel UHD Graphics 630 (Integrada) y NVIDIA GeForce GTX 1050 (4GB)

3.3. MÉTODOS

Si bien la metodología BIM plantea un trabajo colaborativo, el uso de herramientas de modelamiento y coordinación se realizaron de manera unipersonal. No obstante, se siguió el mismo flujo de trabajo que emplearía una empresa que usa la metodología BIM para una elaboración de un Expediente Técnico en obras de infraestructura.

En primer lugar, se definió el nivel de desarrollo (LOD) con el que se modelará las estructuras que comprende el caso práctico. Debido a que en el Perú aún no existe una normativa sobre el uso de niveles de desarrollo, se tomó como base el informe de la Escuela de Arquitectos de los Estados Unidos (2008) donde un nivel LOD 350 es suficiente para cumplir los objetivos propuestos.

A continuación, se muestra el flujo de trabajo que se llevó a cabo para la aplicación de las herramientas BIM en el caso práctico.

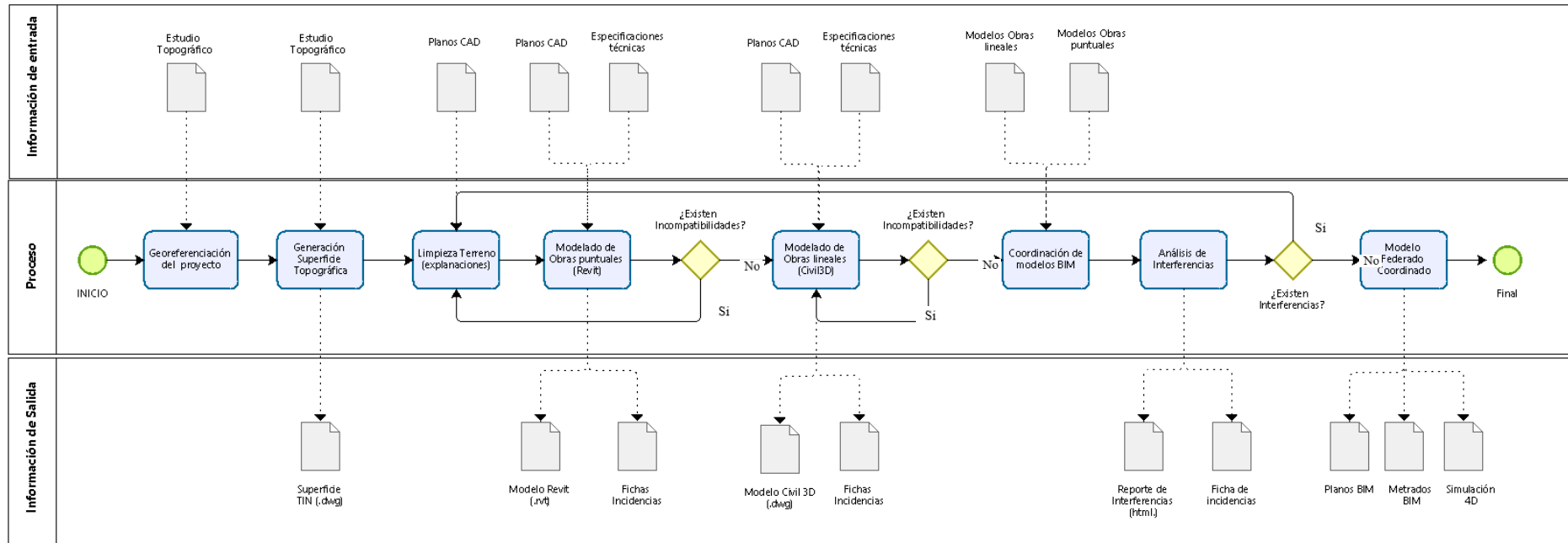


Figura 39. Flujograma de modelado BIM para Obras Hidráulicas

Fuente: Elaboración propia

3.3.1 Análisis de la información.

Se realizó el estudio de los documentos que comprenden el Expediente Técnico (Memoria descriptiva, especificaciones técnicas, metrados, presupuestos y planos).

3.3.2 Modelado BIM.

Existen dos formas de realizar un modelo BIM, la primera es la generación del modelo desde cero y la segunda es la generación del modelo en base a planos CAD. En la presente tesis, debido a que la información se obtuvo de un Expediente Técnico; se realizó de la segunda forma.

El nivel de desarrollo con el que se modeló los elementos fue un nivel LOD 350.

a) Ubicación espacial

Como primer paso se georreferenció la zona de trabajo en el programa Civil 3D. Se usó un sistema de coordenadas UTM, datum WGS84, zona 18S.

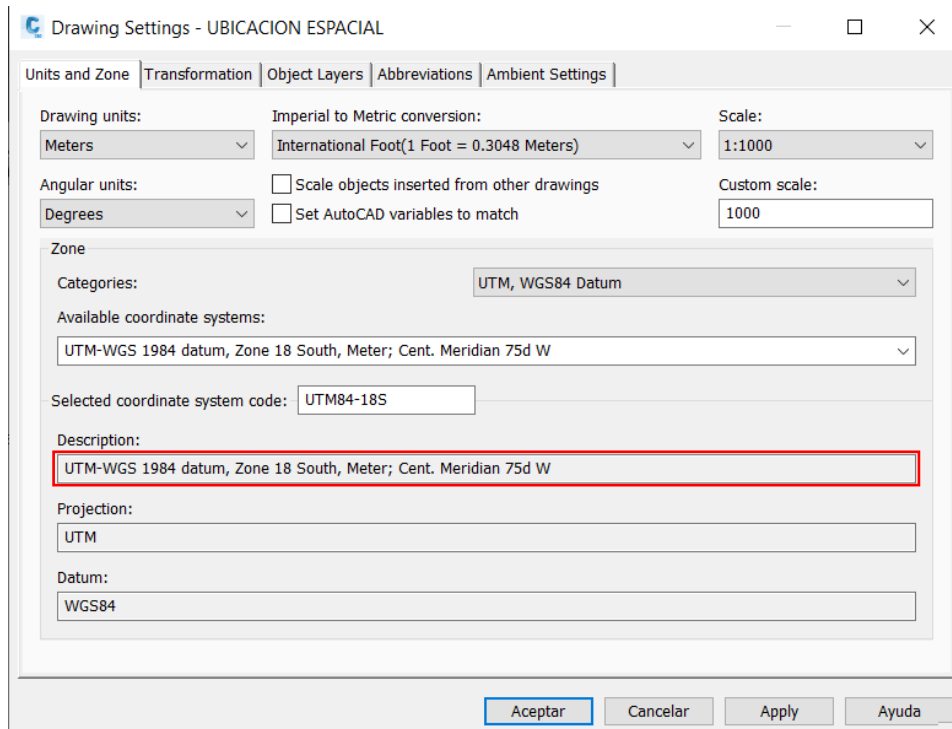


Figura 40: Georreferenciación en Civil 3D

Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente se ubicó los BenchMarks para tener la certeza de que la zona de trabajo se georreferenció correctamente.

Tabla 2: Bench Marks del proyecto

	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTURA (m)
BM-01	610126.288	8521091.34	3834
BM-02	60138.767	8521093.54	3832

Fuente: Elaboración propia

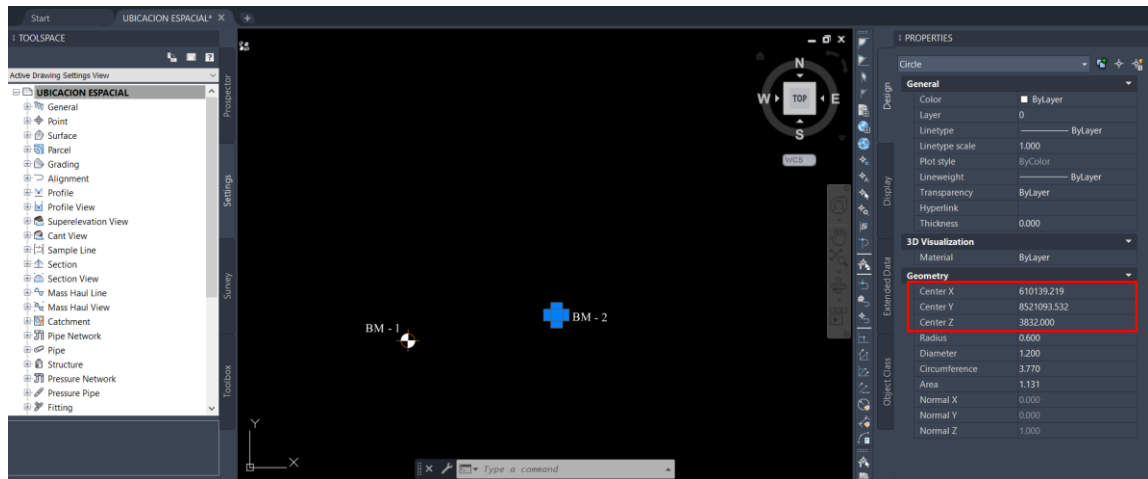


Figura 41: Ubicación de Bench Marks en Civil 3D

Fuente: Elaboración propia

b) Topografía

Una vez georreferenciada la zona de trabajo se procedió a importar los puntos topográficos obtenidos del levantamiento hecho en campo. Posteriormente se creó la superficie del terreno en base a dichos puntos.

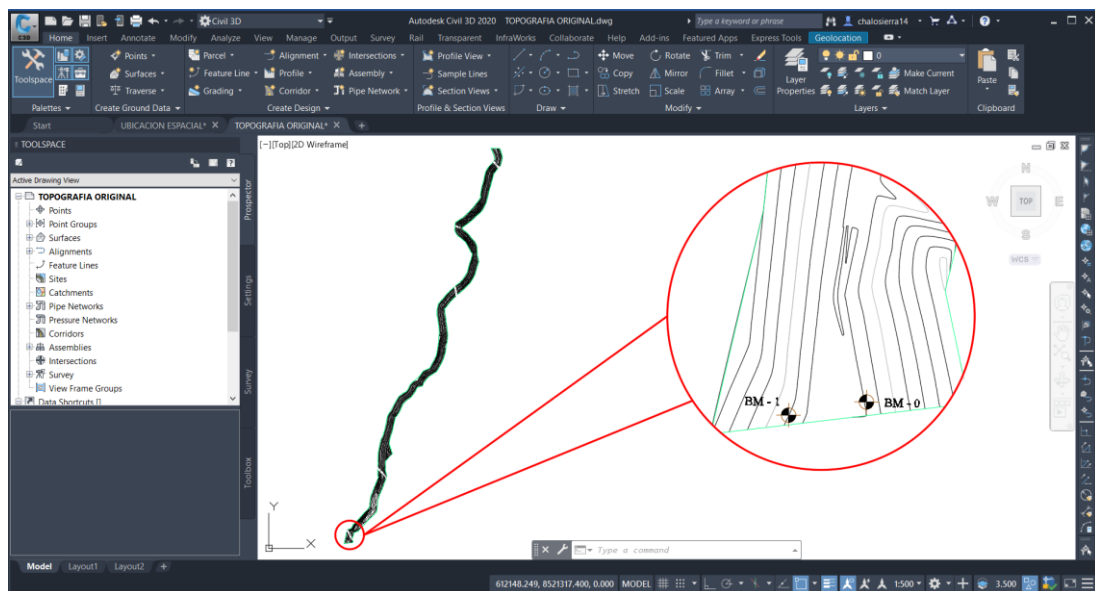


Figura 42: Superficie topográfica del proyecto en Civil 3D

Fuente: Elaboración propia

c) Movimiento de tierras

En esta primera parte del movimiento de tierras se comenzó con la limpieza del terreno, donde se emplazarán las obras puntuales (bocatoma, desarenador y canoa). En el caso de las obras lineales el movimiento de tierras se realizó conjuntamente con el modelado de las estructuras (canal trapezoidal, transición y muro de contención).

La limpieza del terreno de obras puntuales se realizó mediante el método de explanaciones en el software Civil 3D. Para este proceso es fundamental definir el área donde se emplazará la estructura, el nivel de limpieza y los criterios del talud de corte o relleno.

- *Movimiento de tierras bocatoma*

En esta estructura solo se realizarán refacciones, por lo cual no existe un movimiento de tierras. La estructura ya esta emplazada.

- *Movimiento de tierras desarenador*

Se realizó el movimiento de tierras según las especificaciones técnicas, considerando la altura de la estructura y el solado de 3". Se consideró un talud de 1:1.

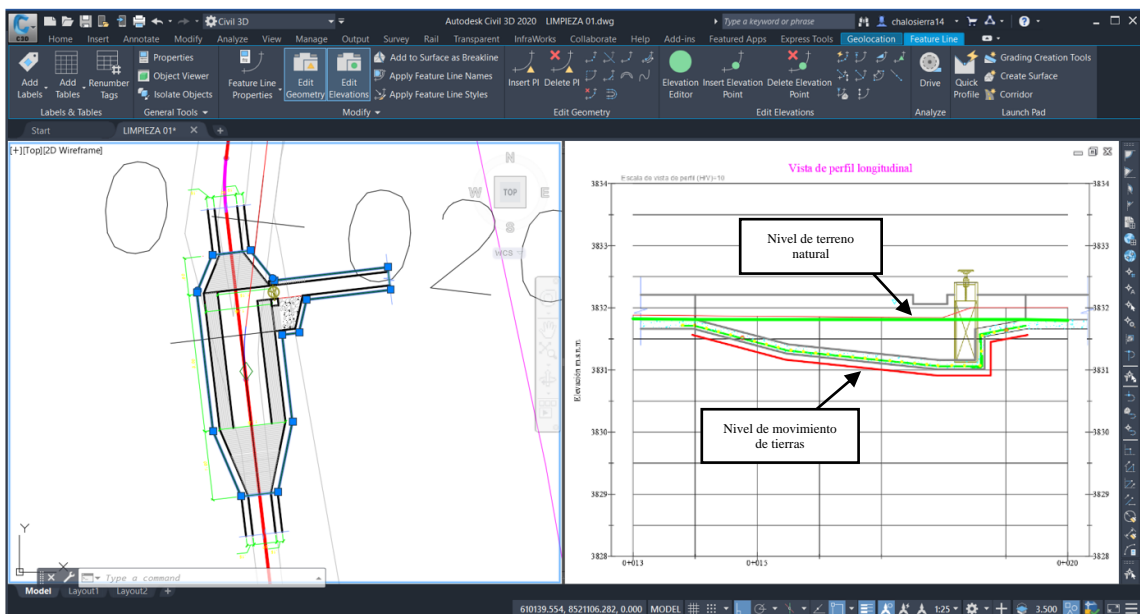


Figura 43: Vista en planta y perfil del desarenador

Fuente: Elaboración propia

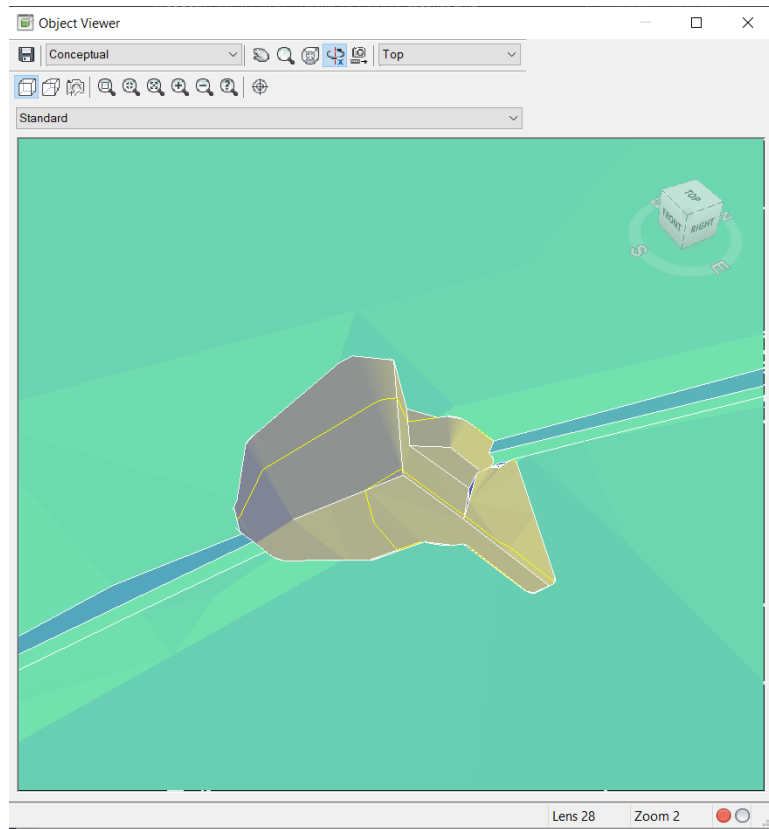


Figura 44: Vista 3D del movimiento de tierras del desarenador

Fuente: Elaboración propia

- *Movimiento de tierras canoa*

Se realizó el movimiento de tierras según las especificaciones técnicas, considerando la altura de la estructura y el solado de 3". Se consideró un talud de 1:1.

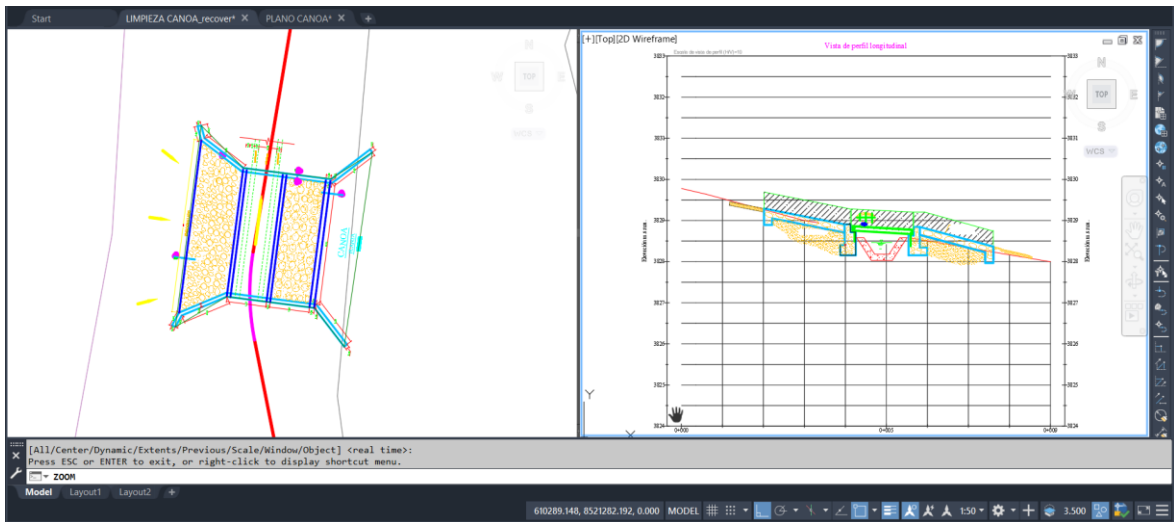


Figura 45: Vista en planta y perfil de la canoa.

Fuente: Elaboración propia

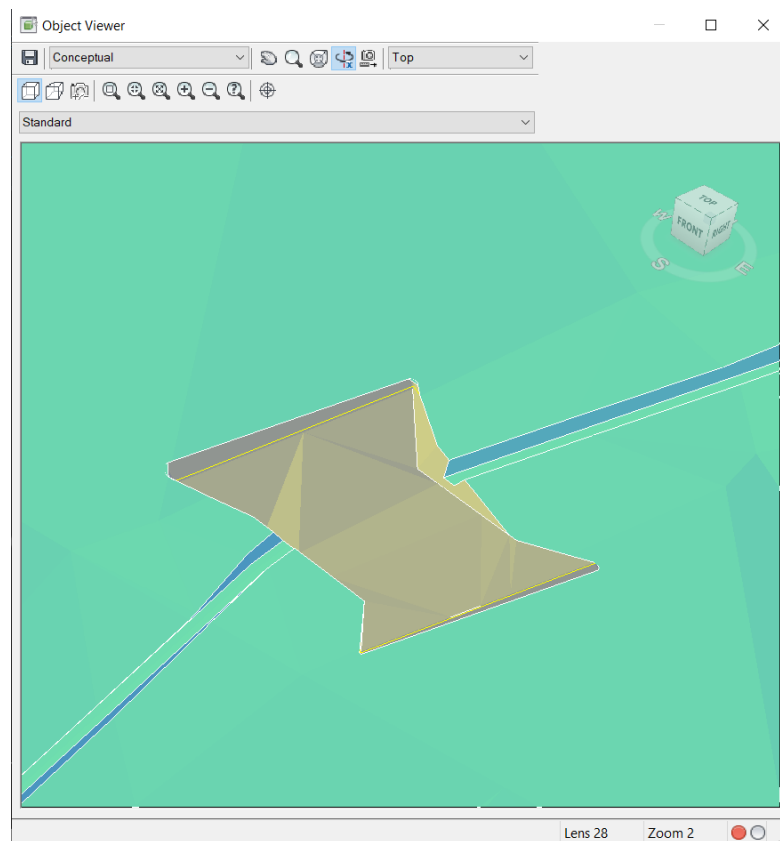


Figura 46: Vista 3D del movimiento de tierras de la canoa

Fuente: Elaboración propia

d) Modelado de obras puntuales

El proyecto tiene 3 obras de concreto de grandes dimensiones (bocatoma, desarenador y canoa), por lo que se vio por conveniente modelarlos en el software Revit.

Cada estructura se modelo en un archivo Rvt. diferente, debido que están separadas considerablemente una de otra.

- Modelado estructuras.

Como primer paso se modeló las estructuras de concreto. Si bien el software ya viene incorporado con elementos estructurales como vigas, columnas, pilares, etc, no existen elementos para obras de infraestructura de riego, por lo que se tuvo que crearlas a partir de “modelos genéricos”. A su vez a estos elementos se les asignaron el tipo de material con el que se construirían, con el fin de que a partir del modelo se pueda extraer el metrado.

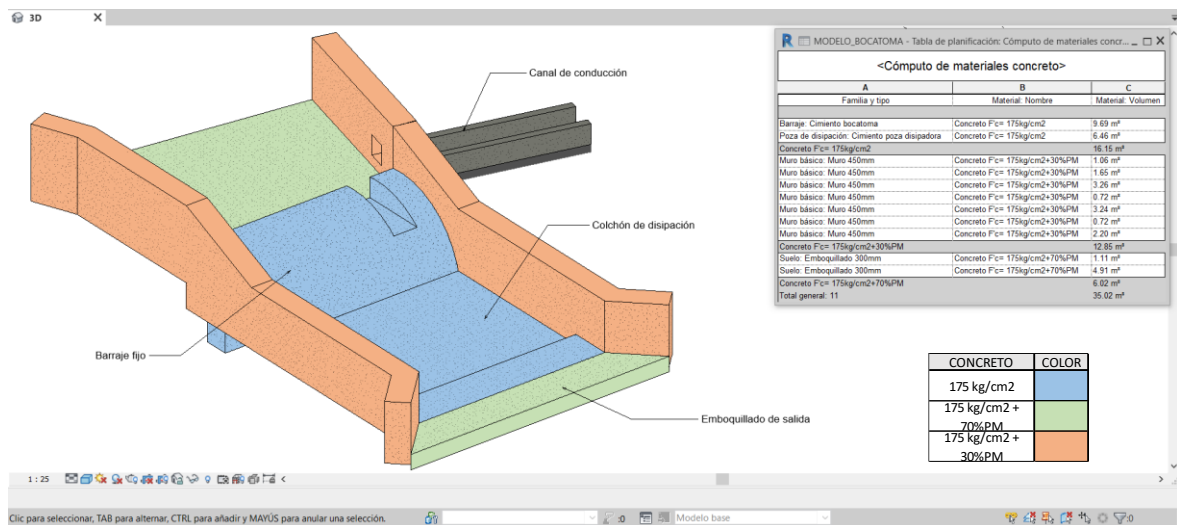


Figura 47: Estructura de concreta bocatoma

Fuente: Elaboración propia

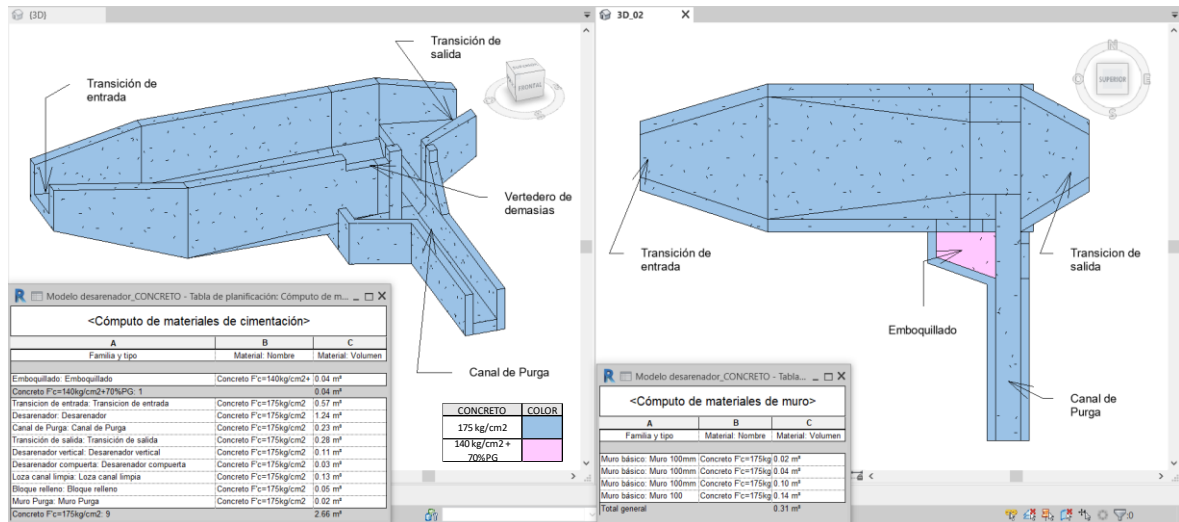


Figura 48: Estructura de concreto desarenador

Fuente: Elaboración propia

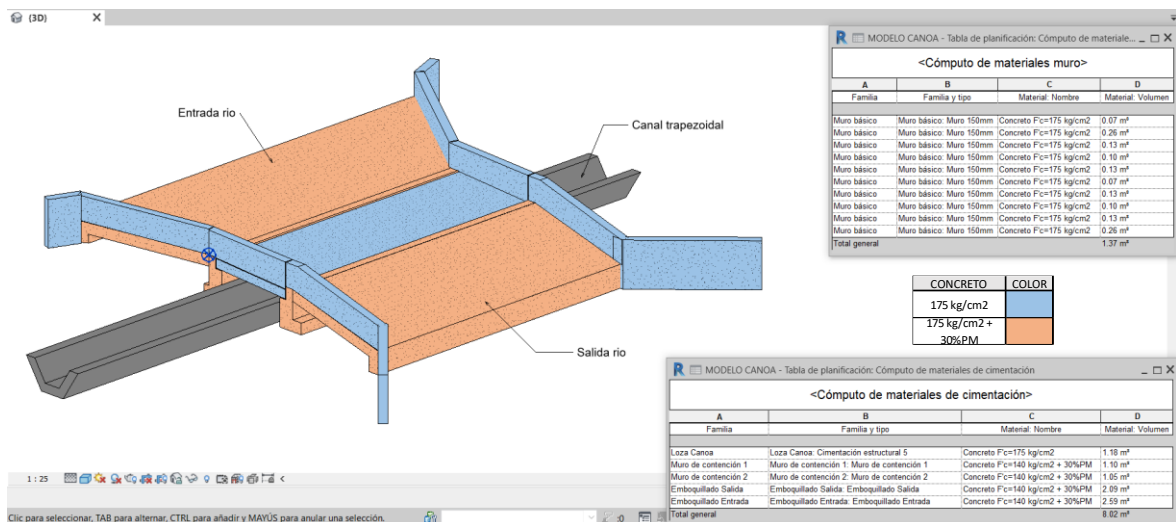


Figura 49: Estructura de concreta canoa

Fuente: Elaboración propia

Como segundo paso se procedió a colocar los aceros estructurales en las obras de concreto armado (desarenador y canoa). Se modeló según los planos de detalle y las especificaciones técnicas (distribución, longitud, traslape, recubrimiento y ganchos).

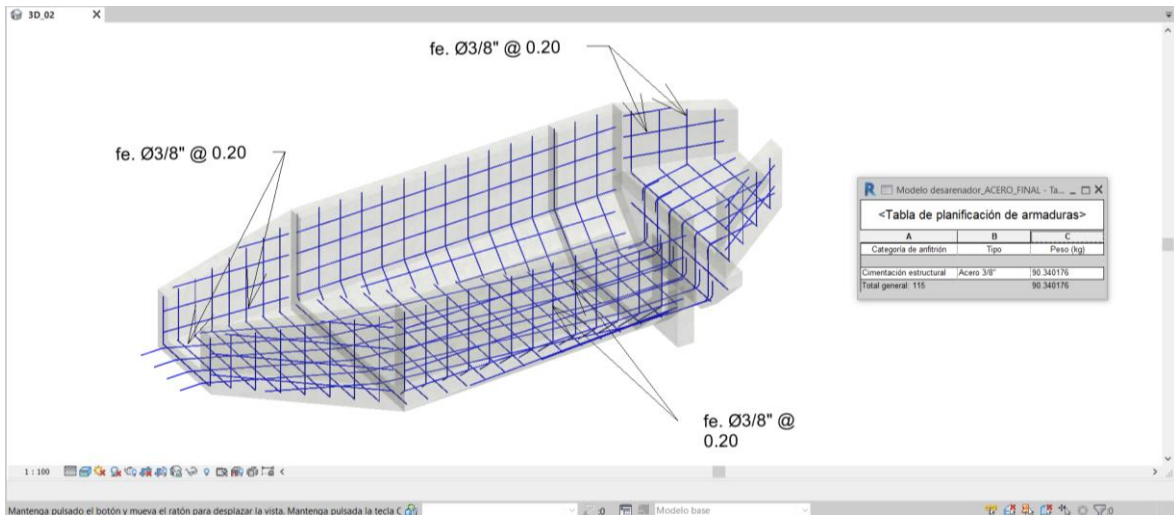


Figura 50: Modelado de aceros en desarenador

Fuente: Elaboración propia

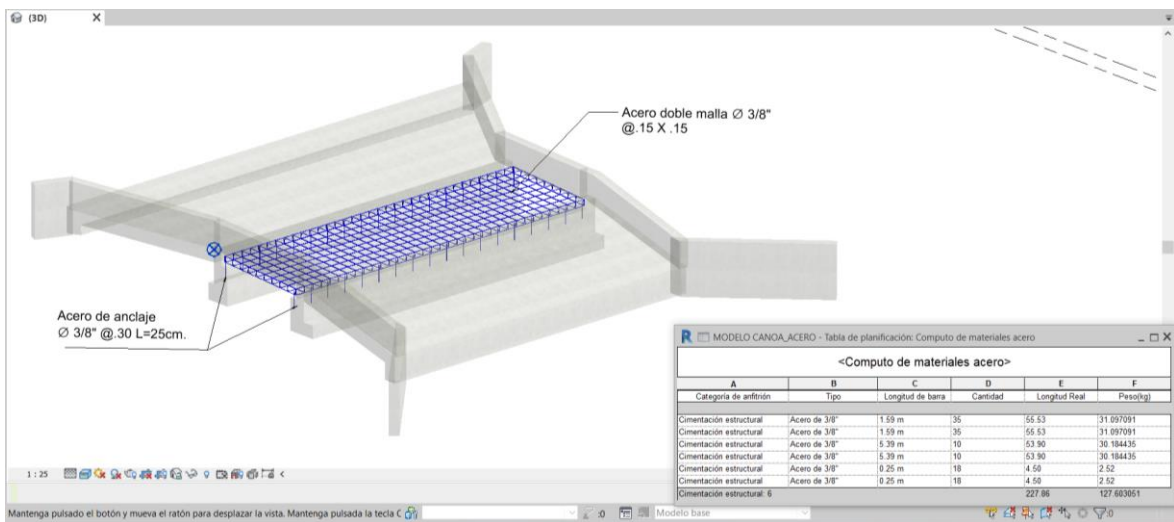


Figura 51: Modelado de aceros en canoa

Fuente: Elaboración propia

Como tercer paso se realizó el modelado del encofrado de las estructuras. Si bien Revit no tiene una función específica con la que se pueda realizar esta tarea, se realizó un artificio: los elementos de tipo *muro* simularon el área de encofrado.

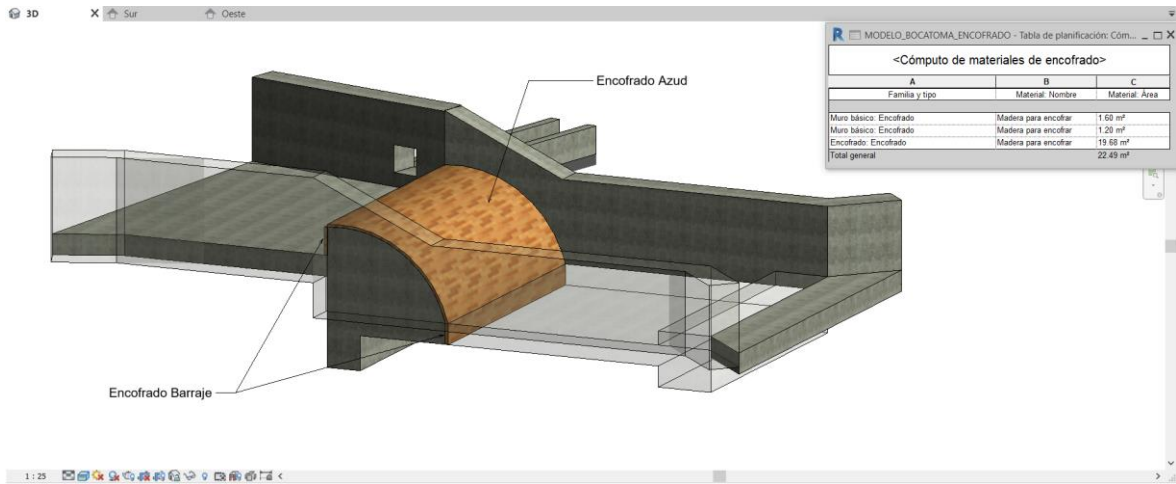


Figura 52: Encofrado bocatoma

Fuente: Elaboración propia

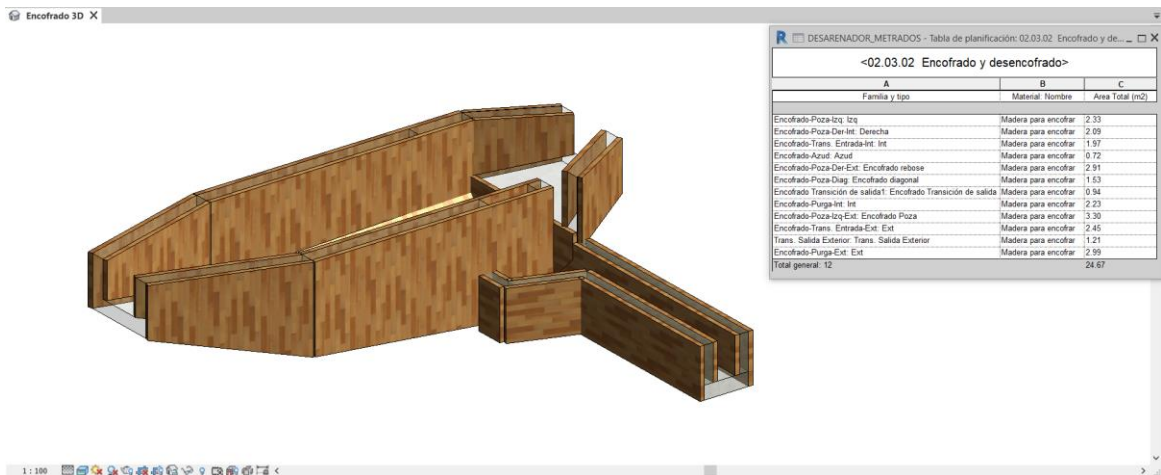


Figura 53: Encofrado desarenador.

Fuente: Elaboración propia

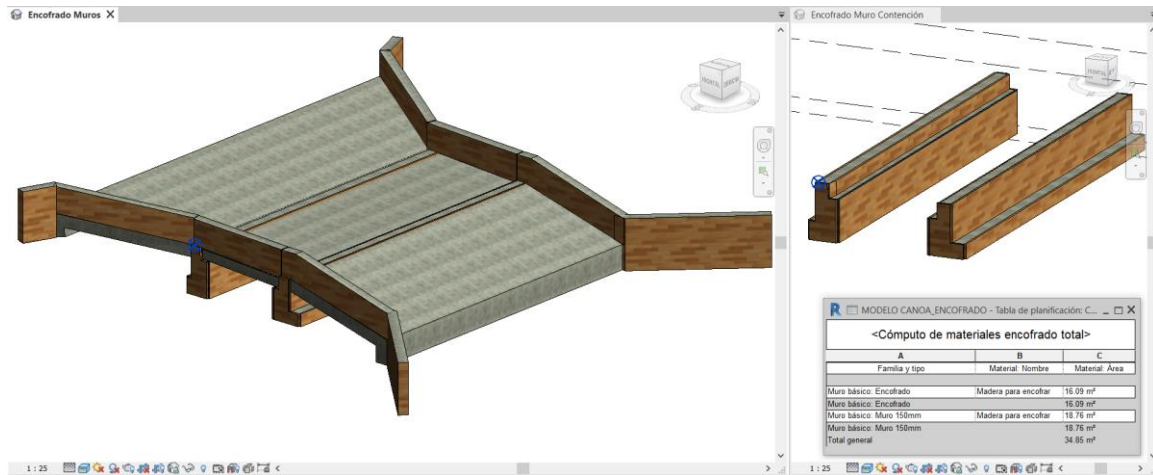


Figura 54: Encofrado canoa

Fuente: Elaboración propia

- Modelado instalaciones y complementos.

Finalmente se realizó el modelado de las instalaciones mecánicas e instalaciones complementarias, en esta clasificación encontramos las compuertas metálicas, la rejilla de ventana de captación y las juntas waterstop. Estos elementos fueron modelados desde cero como familias paramétricas tomando como referencia los planos y las especificaciones técnicas.

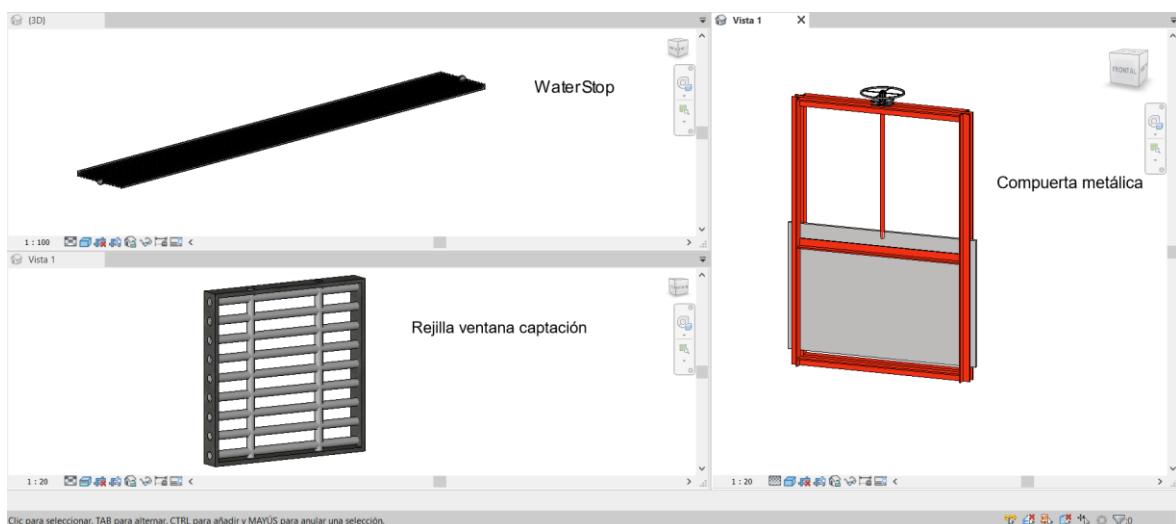


Figura 55: Familia paramétrica creadas

Fuente: Elaboración propia

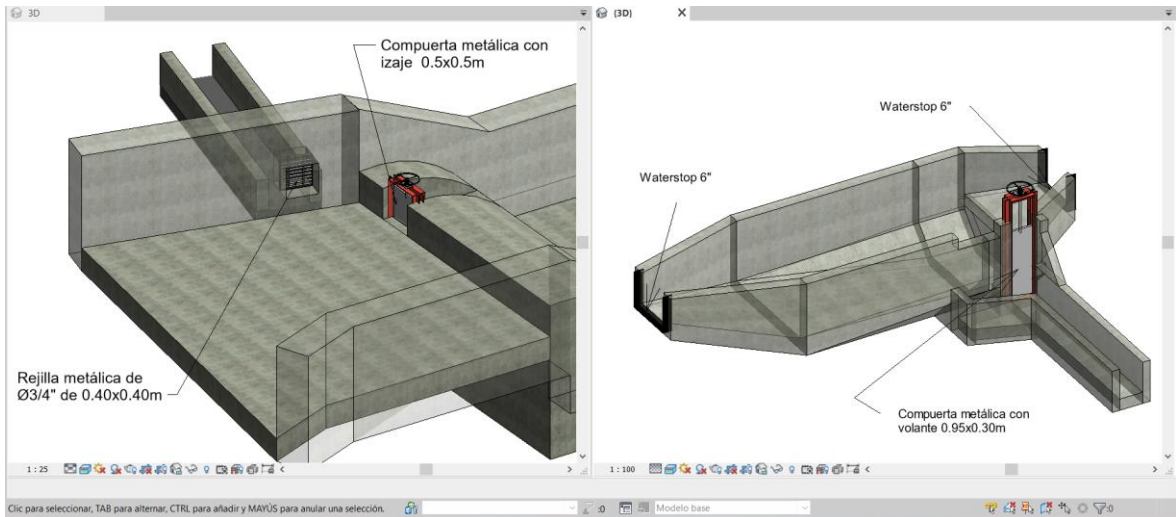


Figura 56: Instalaciones mecánicas en obras puntuales

Fuente: Elaboración propia

e) Modelado de obras lineales

El modelo BIM 3D de la obra lineal se realizó desde el tramo 0+000 hasta el 1+800, se consideró tanto los tramos de canal existente (0+000 - 0+024, 1+480 – 1+560) como el tramo de canal trapezoidal proyectado. Asimismo, se consideró como obras lineales a la transición L=1.5ml (0+023) y al muro de contención L=10ml (0+180)

El flujo de trabajo que se siguió para el modelado de las obras lineales fue el siguiente:

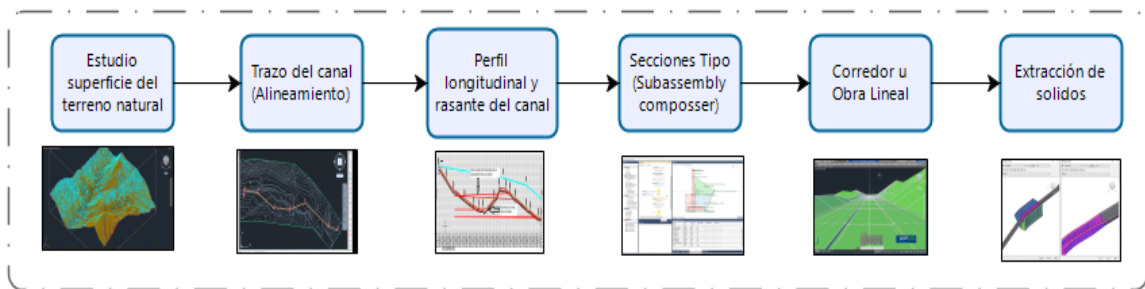


Figura 57: Flujo de trabajo de la obra lineal

Fuente: Elaboración propia

- Superficie

La superficie topográfica es una representación geométrica tridimensional de un área de terreno. En otras palabras, es el lienzo en donde se emplazarán las estructuras que comprende el proyecto, en ese sentido, es fundamental que este elemento deba ser lo más cercano a la realidad.

Se utilizó la Superficie del Terreno Natural obtenida del ítem 3.4.2.1.

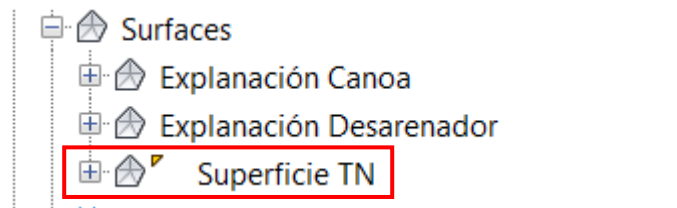


Figura 58: Superficies obra lineal.

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que existen 2 tipos de superficies:

Superficie del Terreno Natural: La superficie del terreno natural es la representación tridimensional del levantamiento topográfico hecho en campo.

Superficies de Explanación: Este tipo de superficies se obtuvieron al realizar una explanación, en los puntos donde estarán ubicados el desarenador y la canoa.

- Alineamiento

Como siguiente paso se generó el alineamiento o el trazo por donde irá el canal y las obras de arte. Este tipo de elementos pueden estar representados por líneas y curvas.

El criterio que se tomó para el diseño del alineamiento fue de acuerdo a una gradiente acorde al terreno y a los radios máximos y mínimos normados por el ANA. En el caso de estudio del trabajo de investigación el alineamiento ya está definido en el Expediente Técnico.

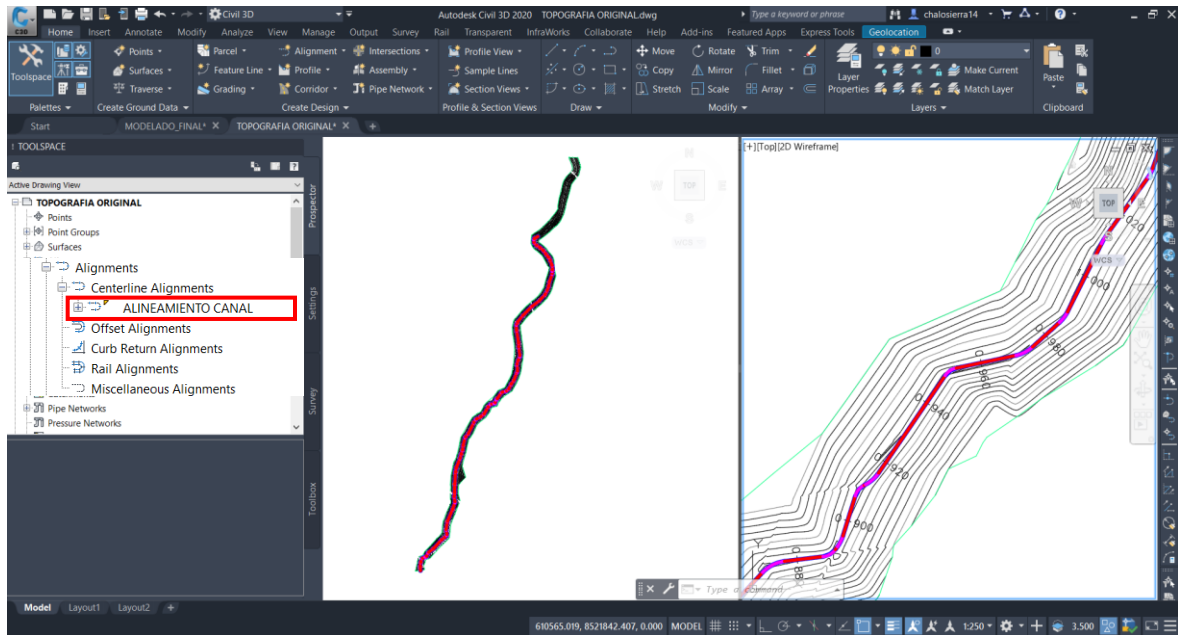


Figura 59: Alineamiento del canal

Fuente: Elaboración propia

- Perfil longitudinal y rasante

Una vez creado el alineamiento del canal, se procedió a crear el perfil longitudinal para visualizar el perfil del terreno en base al alineamiento. Posteriormente se diseñó la rasante del canal.

En el caso de estudio del trabajo de investigación la rasante ya está definida en el Expediente Técnico.

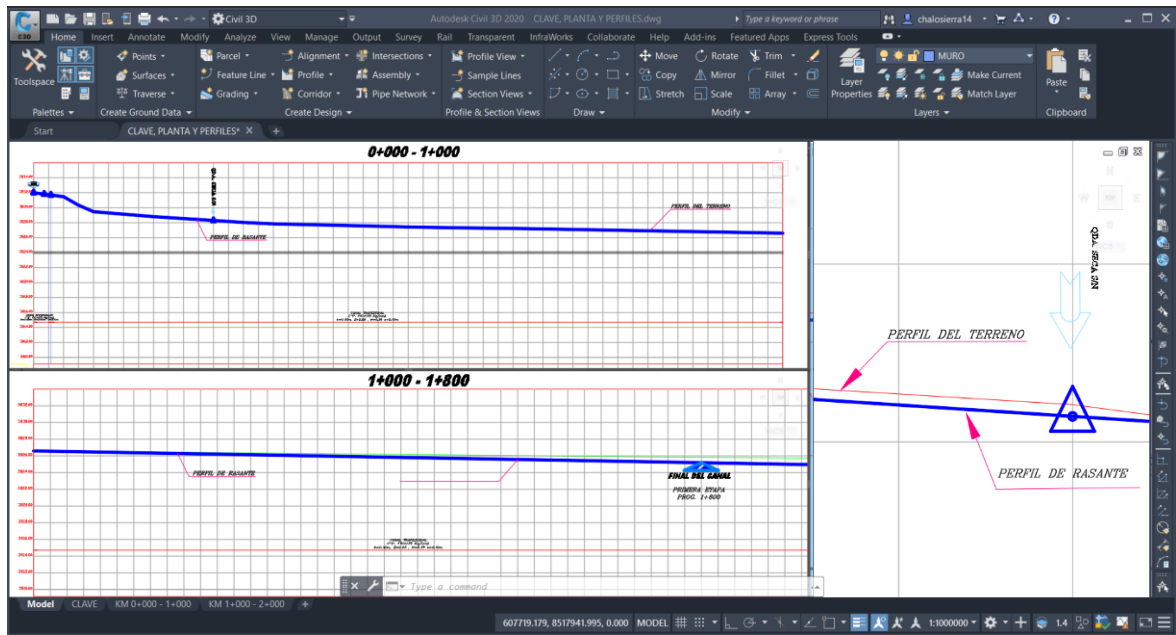


Figura 60: Vista perfil del alineamiento y la rasante

Fuente: Elaboración propia

- Sección típica (Ensamblaje)

Si bien el programa Civil 3D viene con secciones predeterminadas, estas son básicas y no cumplen con las especificaciones que se requieren para el caso de estudio.

Por esta razón se optó por crear las secciones típicas con el complemento de Civil 3D; Subassembly Composer, en el cual se puede crear cualquier sección tipo que se necesite para modelar las estructuras de la obra lineal.

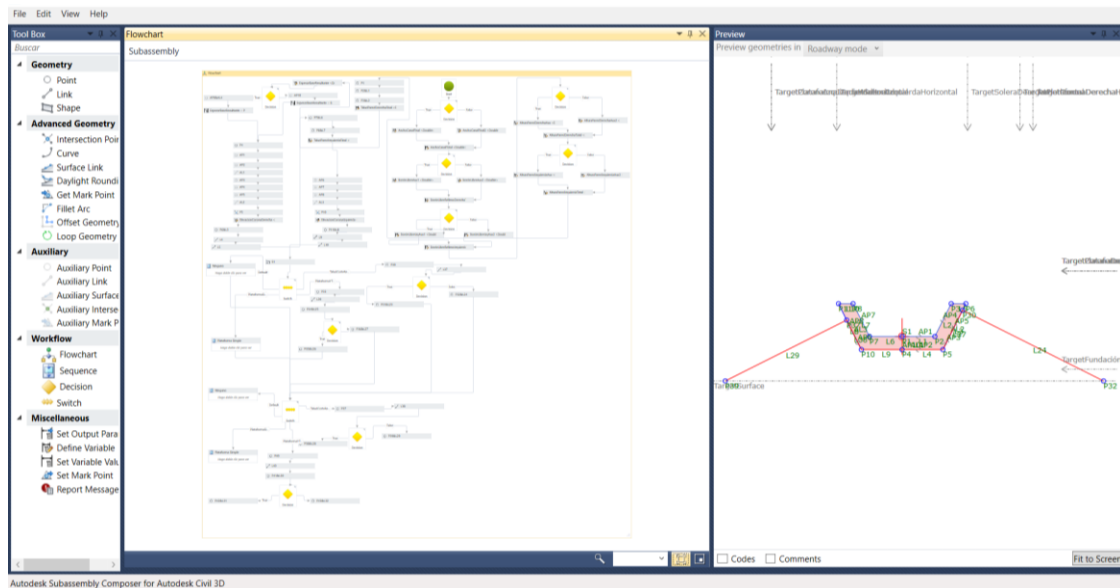


Figura 61: Sección típica canal

Fuente: Elaboración propia

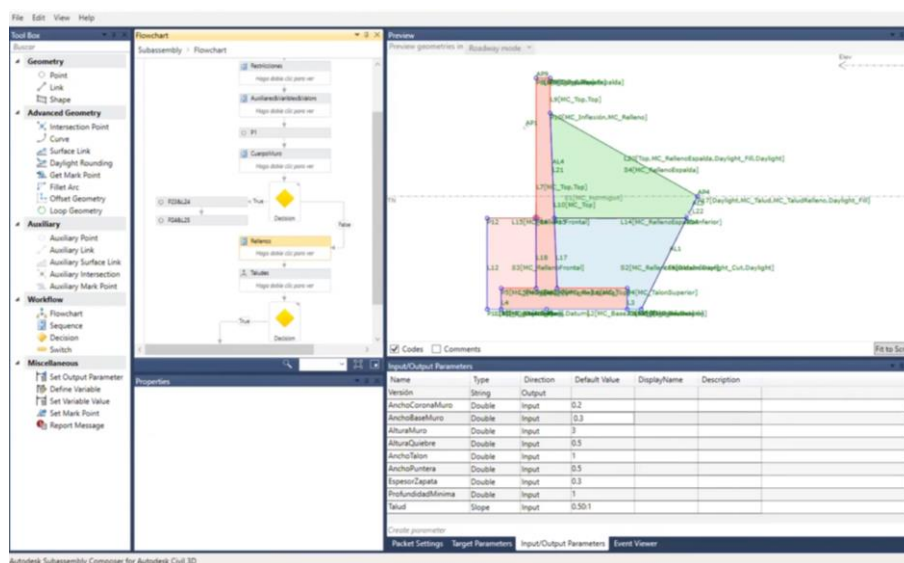


Figura 62: Sección muro de contención

Fuente: Elaboración propia

- Corredor u Obra lineal

En este procedimiento los elementos creados anteriormente (superficie del terreno, perfil longitudinal y ensamblaje) interactuarán entre sí para formar la obra lineal.

En el caso de estudio del trabajo de investigación por tratarse de varias estructuras se creó un total de 6 obras lineales.

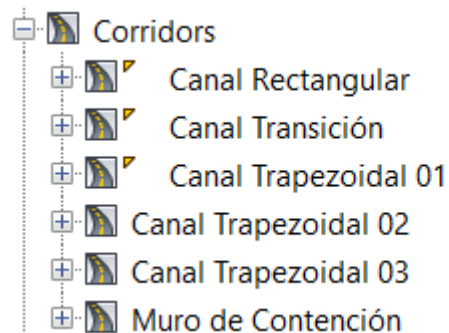


Figura 63: Obra lineales

Fuente: Elaboración propia.

Canal rectangular: Comprende el canal desde la progresiva 0+000 – 0+019.

Transición: Comprende el canal desde la progresiva 0+019 – 0+025.

Canal trapezoidal 01: Comprende el canal desde la progresiva 0+000 – 0+024.5

Muro de Contención: Comprende el muro de Contención desde la progresiva 0+180 – 0+190.

Canal trapezoidal 02: Comprende el canal desde la progresiva 0+190 – 1+580.

Canal trapezoidal 03: Comprende el canal desde la progresiva 1+625 – 1+732.

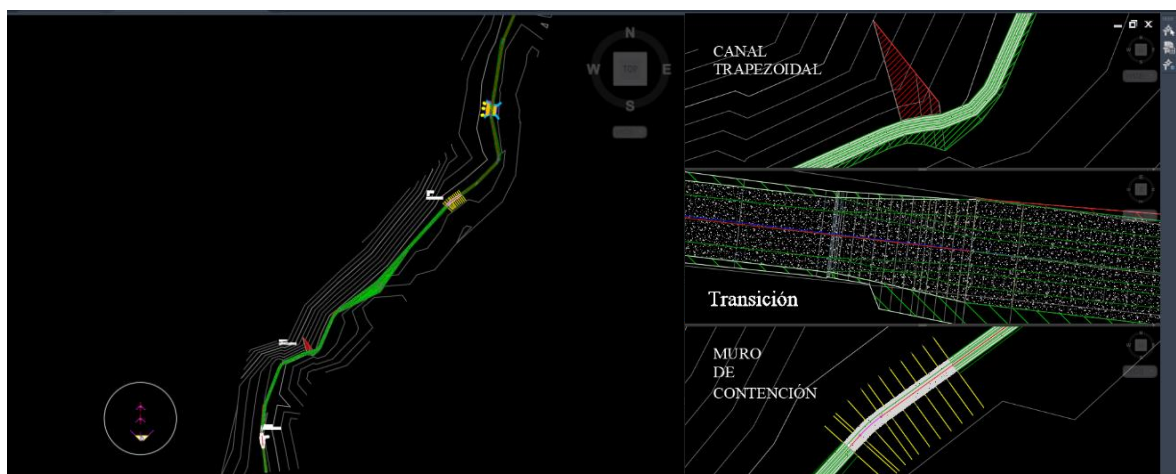


Figura 64: Obra Lineal

Fuente: Elaboración propia

- Sólidos 3D

Finalmente se extrajeron los sólidos 3D a partir de la obra lineal, con el fin de calcular el volumen de cada material. Asimismo, estos elementos sirvieron para realizar el análisis de interferencias en Navisworks.

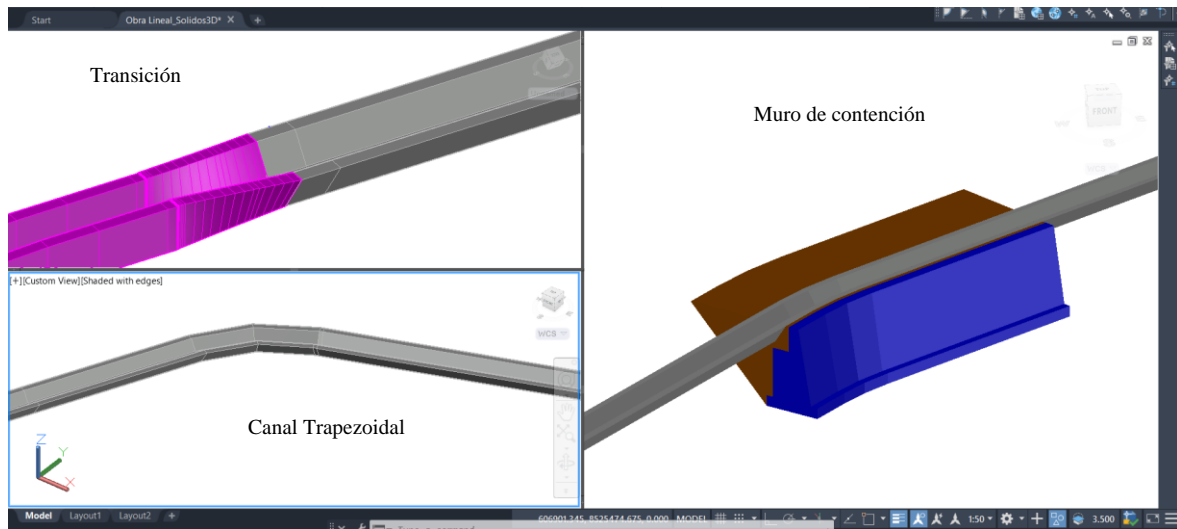


Figura 65: Sólidos 3D de la obra lineal

Fuente: Elaboración propia.

f) Metrados (Tablas de planificación)

Los modelos elaborados en las herramientas Civil 3D y Revit cuentan con la información geométrica necesaria (área y volumen) para poder realizar una cuantificación de los materiales usados en cada estructura. Asimismo, los modelos contienen información no geométrica (tipo de material) para poder asociarlas con su respectiva partida de obra.

Para el caso de estudio de la presente tesis el listado de partidas programadas ya está definida en el Expediente Técnico.

Item	Descripción	Und.
01	REHABILITACION DE BOCATOMA (EXISTENTE)	
01.01	TRABAJOS PRELIMINARES	
01.01.01	DEMOLICION DE CONCRETO SIMPLE	m3
01.01.02	LIMPIEZA GENERAL	m3
01.01.03	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO	m2
01.02	OBRAS DE CONCRETO	
01.02.01	CONCRETO FC=175 KG/CM2 (en barraje)	m3
01.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2
01.02.03	TARRAJEO EN EXTERIORES CON CEMENTO-ARENA	m2
01.02.04	CONCRETO =175 KG/CM2 + 70% P.M.	m3
01.03	SUMIN. Y COLOC. DE ACCESORIOS	
01.03.01	COLOCACION DE ACCESORIOS EN LA BOCATOMA	GLB
02	CONSTRUCCION DESARENADOR (01 UNID)	
02.01	OBRAS PRELIMINARES	
02.01.01	DEMOLICION DE CONCRETO SIMPLE	m3
02.01.02	LIMPIEZA GENERAL	m2
02.01.03	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO	m2
02.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS	
02.02.01	EXCAVACION EN MATERIAL CONGLOMERADO	m3
02.02.02	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2
02.03	OBRAS DE CONCRETO	
02.03.01	CONCRETO F'C=100 KG/CM2.PARA SOLADOS Y/O SUB-BASES	m3
02.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2
02.03.03	CONCRETO FC=175 KG/CM2	m3
02.03.04	ACERO ESTRUCTURAL Fy = 4200 kg/ cm2 3/8"	kg
02.03.05	TARRAJEO EN INTERIORES CON IMPERMEABILIZANTES	m2
02.03.06	TARRAJEO EN EXTERIORES CON CEMENTO-ARENA	m2
02.04	INSTALACION DE ACCESORIOS EN DESARENADOR	
02.04.01	INSTALACION DE COMPUERTA PARA DESARENADOR	und
03	CANAL DE TRANSICION (1.50 ML)	
03.01	OBRAS PRELIMINARES	
03.01.01	LIMPIEZA DE CANAL	m
03.01.02	TRAZO Y REPLANTEO LONGITUDINAL	ML
03.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS	
03.02.01	EXCAVACION EN ROCA SUELTA	m3
03.02.02	REFINE Y NIVELACION EN ROCA SUELTA	m2
03.02.03	COMPACTACION BASE DEL CANAL	ML
03.02.04	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3
03.03	OBRAS DE CONCRETO	
03.03.01	ENCOFRADO Y DESENC. PARA ESTRUCT.CONCRETO (OBRAS	m2
03.03.02	CONCRETO FC=175 KG/CM2	m3
03.03.03	JUNTAS ASFALTICAS	m
04	CANAL DE CONDUCCION SECCION TRAPEZOILDAL (1732.00 ML)	
04.01	OBRAS PRELIMINARES	
04.01.01	DEMOLICION DE CANAL EXISTENTE (CONCRETO SIMPLE)	m3
04.01.02	LIMPIEZA DE CANAL	m
04.01.03	TRAZO Y REPLANTEO LONGITUDINAL	ML
04.01.04	CONTROL TOPOGRAFICO PERMANENTE	m
04.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS	
04.02.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3
04.02.02	EXCAVACION EN ROCA SUELTA	m3
04.02.03	EXCAVACION EN ROCA FIJA	m3
04.02.04	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2
04.02.05	REFINE Y NIVELACION EN ROCA SUELTA	m2
04.02.06	REFINE Y NIVELACION EN ROCA FIJA	m2
04.02.07	COMPACTACION BASE DEL CANAL	ML
04.02.08	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3
04.02.09	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE EN CARRETILLA (50 M)	m3

Item	Descripción	
04.03	OBRAS DE CONCRETO	
04.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CANALES	und
04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CANALES PARTE EXTERIOR	m2
04.03.03	CONCRETO FC=175 KG/CM2	m3
04.03.04	JUNTAS ASFALTICAS	m
04.04	VARIOS	
04.04.01	LLORONES EN CANAL TRAPEZOIDAL	m
05	CONST. MURO DE CONTENCION L=10M (01 UNID)	
05.01	OBRAS PRELIMINARES	
05.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2
05.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2
05.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS	
05.02.01	EXCAVACION EN ROCA SUELTA EN ESTRUCTURAS	m3
05.02.02	REFINE Y NIVELACION EN ROCA SUELTA	m2
05.02.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3
05.02.04	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE	m3
05.03	OBRAS DE CONCRETO	
05.03.01	CONCRETO F'C=100 KG/CM2.PARA SOLADOS Y/O SUB-BASES	m3
05.03.02	ENCOFRADO Y DESENC. PARA ESTRUCT.CONCRETO (OBRAS DE ARTE)	m2
05.03.03	CONCRETO CICLOPEO FC=140KG/CM2 + 30 % PM.	m3
06	CONST. CANOA L=5M (01 UNID)	
06.01	OBRAS PRELIMINARES	
06.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2
06.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2
06.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS	
06.02.01	EXCAVACION EN ROCA SUELTA EN ESTRUCTURAS	m3
06.02.02	REFINE Y NIVELACION EN ROCA SUELTA	m2
06.02.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3
06.02.04	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE	m3
06.03	OBRAS DE CONCRETO	
06.03.01	CONCRETO F'C=100 KG/CM2.PARA SOLADOS Y/O SUB-BASES	m3
06.03.02	ENCOFRADO Y DESENC. PARA ESTRUCT.CONCRETO (OBRAS DE ARTE)	m2
06.03.03	CONCRETO CICLOPEO 175 Kg/cm2 + 30 PM	m3
06.03.04	CONCRETO CICLOPEO FC=140KG/CM2 + 30 % PM.	m3
06.03.05	ACERO ESTRUCTURAL Fy = 4200 kg/ cm2 3/8"	kg
06.03.06	TARRAJEO EN EXTERIORES CON CEMENTO-ARENA	m2
07	CARTEL DE OBRA	
07.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60X4.20M	und
08	FLETE	
08.01	FLETE TERRESTRE	GLB
08.02	FLETE RURAL	GLB

Figura 66: Partidas a realizar según el Expediente Técnico “Construcción sistema de riego Tarwiyocc”

Fuente: Expediente Técnico “Construcción sistema de riego Tarwiyocc”

No todas las partidas existentes pueden ser modeladas en Revit o en Civil3D, debido a que los mismos softwares tienen restricciones y limitantes. Es así que ciertas partidas no se pudieron cuantificar de manera automática. Las partidas de las cuales no se pudieron obtener un cómputo de materiales fueron en su mayoría las pertenecientes a obras preliminares, cartel de obra y flete.

Tabla 3: Descripción del modelado de las partidas de obra.

Item	Descripción	Und.	Modelado		Metrado automático
			Revit	C3D	
1	REHABILITACION DE BOCATOMA (EXISTENTE)				
1.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.01	DEMOLICION DE CONCRETO SIMPLE	m3	NO	NO	NO
01.01.02	LIMPIEZA GENERAL	m3	NO	NO	NO
01.01.03	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO	m2	NO	NO	NO
1.02	OBRAS DE CONCRETO				
01.02.01	CONCRETO FC=175 KG/CM2 (en barraje)	m3	X		SI
01.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	X		SI
01.02.03	TARRAJEO EN EXTERIORES CON CEMENTO-ARENA	m2	X		SI
01.02.04	CONCRETO =175 KG/CM2 + 70% P.M.	m3	X		SI
1.03	SUMIN. Y COLOC. DE ACCESORIOS				
01.03.01	COLOCACION DE ACCESORIOS EN LA BOCATOMA	GLB	X		SI
2	CONSTRUCCION DESARENADOR (01 UNID)				
2.01	OBRAS PRELIMINARES				
02.01.01	DEMOLICION DE CONCRETO SIMPLE	m3	NO	NO	NO
02.01.02	LIMPIEZA GENERAL	m2	NO	NO	NO
02.01.03	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO	m2	NO	NO	NO
2.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
02.02.01	EXCAVACION EN MATERIAL CONGLOMERADO	m3		X	SI
02.02.02	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	NO	NO	NO
2.03	OBRAS DE CONCRETO				
02.03.01	CONCRETO F'C=100 KG/CM2.PARA SOLADOS Y/O SUB-BASES	m3	X		SI
02.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	X		SI
02.03.03	CONCRETO FC=175 KG/CM2	m3	X		SI
02.03.04	ACERO ESTRUCTURAL Fy = 4200 kg/ cm2 3/8"	kg	X		SI
02.03.05	TARRAJEO EN INTERIORES CON IMPERMEABILIZANTES	m2	X		SI
02.03.06	TARRAJEO EN EXTERIORES CON CEMENTO-ARENA	m2	X		SI
2.04	INSTALACION DE ACCESORIOS EN DESARENADOR				
02.04.01	INSTALACION DE COMPUERTA PARA DESARENADOR	und	X		SI
3	CANAL DE TRANSICION (1.50 ML)				
3.01	OBRAS PRELIMINARES				
03.01.01	LIMPIEZA DE CANAL	m	NO	NO	NO
03.01.02	TRAZO Y REPLANTEO LONGITUDINAL	ML	NO	NO	NO
3.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
03.02.01	EXCAVACION EN ROCA SUELTA	m3		X	SI
03.02.02	REFINE Y NIVELACION EN ROCA SUELTA	m2	NO	NO	NO
03.02.03	COMPACTACION BASE DEL CANAL	ML	NO	NO	NO
03.02.04	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	NO	NO	NO

3.03	OBRAS DE CONCRETO				
03.03.01	ENCOFRADO Y DESENC. PARA ESTRUCT.CONCRETO (OBRAS DE ARTE)	m2	NO	NO	NO
03.03.02	CONCRETO FC=175 KG/CM2	m3		X	SI
03.03.03	JUNTAS ASFALTICAS	m	NO	NO	NO
4	CANAL DE CONDUCCION SECCION TRAPEZOILDAL (1732 ML)				
4.01	OBRAS PRELIMINARES				
04.01.01	DEMOLICION DE CANAL EXISTENTE (CONCRETO SIMPLE)	m3	NO	NO	NO
04.01.02	LIMPIEZA DE CANAL	m	NO	NO	NO
04.01.03	TRAZO Y REPLANTEO LONGITUDINAL	ML	NO	NO	NO
04.01.04	CONTROL TOPOGRAFICO PERMANENTE	m	NO	NO	NO
4.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
04.02.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3		X	SI
04.02.02	EXCAVACION EN ROCA SUELTA	m3		X	SI
04.02.03	EXCAVACION EN ROCA FIJA	m3		X	SI
04.02.04	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	NO	NO	NO
04.02.05	REFINE Y NIVELACION EN ROCA SUELTA	m2	NO	NO	NO
04.02.06	REFINE Y NIVELACION EN ROCA FIJA	m2	NO	NO	NO
04.02.07	COMPACTACION BASE DEL CANAL	ML	NO	NO	NO
04.02.08	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	NO	NO	NO
04.02.09	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE EN CARRETILLA (50 M)	m3	NO	NO	NO
4.03	OBRAS DE CONCRETO				
04.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CANALES	und	NO	NO	NO
04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CANALES PARTE EXTERIOR	m2	NO	NO	NO
04.03.03	CONCRETO FC=175 KG/CM2	m3		X	SI
04.03.04	JUNTAS ASFALTICAS	m	NO	NO	NO
4.04	VARIOS				
04.04.01	LLORONES EN CANAL TRAPEZOIDAL	m	NO	NO	NO
5	CONST. MURO DE CONTENCION L=10M (01 UNID)				
5.01	OBRAS PRELIMINARES				
05.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	NO	NO	NO
05.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	NO	NO	NO
5.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
05.02.01	EXCAVACION EN ROCA SUELTA EN ESTRUCTURAS	m3		X	SI
05.02.02	REFINE Y NIVELACION EN ROCA SUELTA	m2	NO	NO	NO
05.02.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	NO	NO	NO
05.02.04	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE	m3	NO	NO	NO
5.03	OBRAS DE CONCRETO				
05.03.01	CONCRETO F'C=100 KG/CM2.PARA SOLADOS Y/O SUB-BASES	m3		X	SI
05.03.02	ENCOFRADO Y DESENC. PARA ESTRUCT.CONCRETO (OBRAS DE ARTE)	m2		X	SI
05.03.03	CONCRETO CICLOPEO FC=140KG/CM2 + 30 % PM.	m3		X	SI

6 CONST. CANOA L=5M (01 UNID)

6.01 OBRAS PRELIMINARES					
06.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	NO	NO	NO
06.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	NO	NO	NO
6.02 MOVIMIENTO DE TIERRAS					
06.02.01	EXCAVACION EN ROCA SUELTA EN ESTRUCTURAS	m3		X	SI
06.02.02	REFINE Y NIVELACION EN ROCA SUELTA	m2	NO	NO	NO
06.02.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	NO	NO	NO
06.02.04	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE	m3	NO	NO	NO
6.03 OBRAS DE CONCRETO					
06.03.01	CONCRETO F'C=100 KG/CM2.PARA SOLADOS Y/O SUB-BASES	m3	X		SI
06.03.02	ENCOFRADO Y DESENC. PARA ESTRUCT.CONCRETO (OBRAS DE ARTE)	m2	X		SI
06.03.03	CONCRETO CICLOPEO 175 Kg/cm2 + 30 PM	m3	X		SI
06.03.04	CONCRETO CICLOPEO FC=140KG/CM2 + 30 % PM.	m3	X		SI
06.03.05	ACERO ESTRUCTURAL Fy = 4200 kg/ cm2 3/8"	kg	X		SI
06.03.06	TARRAJEO EN EXTERIORES CON CEMENTO-ARENA	m2	X		SI
7 CARTEL DE OBRA					
7.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60X4.20M	und	NO	NO	NO
8 FLETE					
8.01	FLETE TERRESTRE	GLB	NO	NO	NO
8.02	FLETE RURAL	GLB	NO	NO	NO

Fuente: Elaboración propia.

El flujo de trabajo que se siguió para la cuantificación de los materiales fue el siguiente:

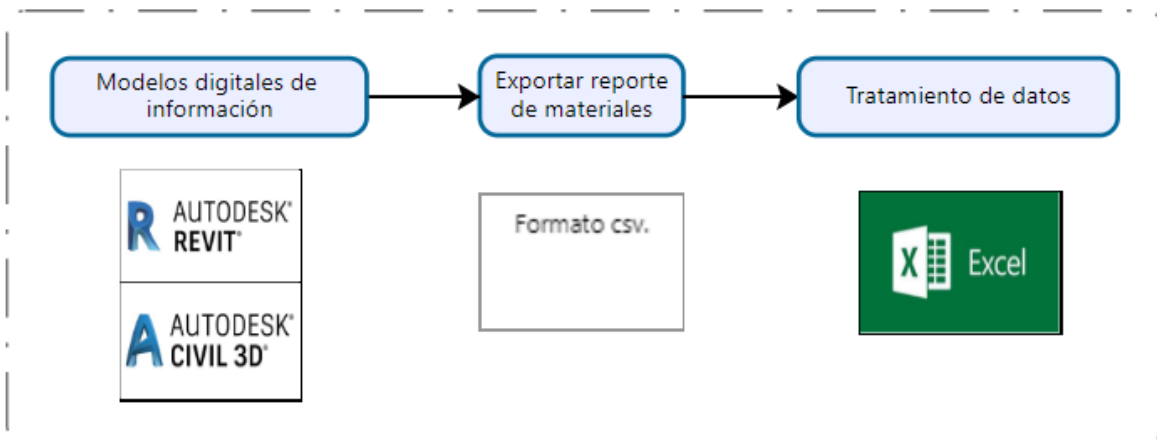


Figura 67: Flujo de trabajo de cuantificación de materiales

Fuente: Elaboración propia.

- Al tener los modelos BIM de las estructuras se puede cuantificar la cantidad de materiales a usar, según las partidas de obra. Se procedió a crear cada partida identificada en Revit y Civil3D a través de tablas de planificación/cantidades o de cómputo de materiales.

Con el fin de tener un mejor orden y manejabilidad de las tablas se nombró a cada reporte de material con el número de ítem y con el nombre de la partida a la que pertenecía.

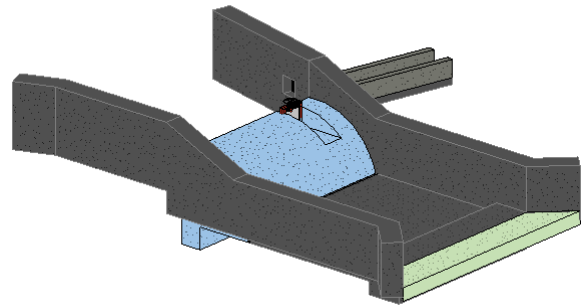
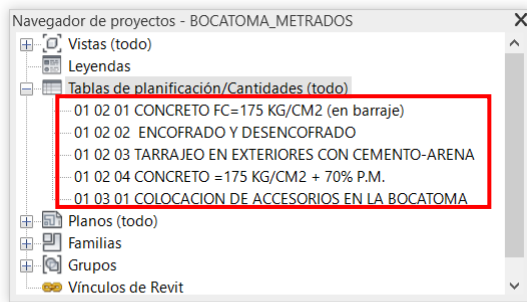


Figura 68: Tablas de planificación de Revit clasificadas según las partidas de obra.

Fuente: Elaboración propia.

- El siguiente paso que se realizó fue la exportación de las tablas de planificación/cantidades y los cálculos de materiales a formato CSV. La capacidad de exportación de datos del software REVIT aún es deficiente, ya que solo se puede realizar en formato texto “.csv” (comma-separated values) y solo una tabla de planificación por vez, es decir debe hacerse manualmente una por una.
- Al tener archivos de datos en formato en “.csv” se pueden tratar y darle un formato en el software Microsoft Excel, con el fin de poder agrupar la información en una planilla de metrados general.

Finalmente se obtuvo los metrados de las partidas que eran posibles de modelar según la *Tabla 3*.

Tabla 4: Comparación de metrados a partir del modelo BIM y del Expediente Técnico.

Item	Descripción	Und.	METRADO EXPEDIENTE TECNICO (A)	METRADO BIM (B)	DIFERENCIA (A-B)
1	REHABILITACION DE BOCATOMA (EXISTENTE)				
1.02	OBRAS DE CONCRETO				
01.02.01	CONCRETO FC=175 KG/CM2 (en barraje)	m3	8.24	9.69	-1.45
01.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	10.24	11.44	-1.2
01.02.03	TARRAJEO EN EXTERIORES CON CEMENTO-ARENA	m2	51.78	51.2	0.58
01.02.04	CONCRETO =175 KG/CM2 + 70% P.M.	m3	2.31	1.86	0.45
1.03	SUMIN. Y COLOC. DE ACCESORIOS				
01.03.01	COLOCACION DE ACCESORIOS EN LA BOCATOMA	GLB	1	1	0
2	CONSTRUCCION DESARENADOR (01 UNID)				
2.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
02.02.01	EXCAVACION EN MATERIAL CONGLOMERADO	m3	10.28	14.08	-3.8
2.03	OBRAS DE CONCRETO				
02.03.01	CONCRETO F'C=100 KG/CM2.PARA SOLADOS Y/O SUB-BASES	m3	0.79	0.9	-0.11
02.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	20.17	24.67	-4.5
02.03.03	CONCRETO FC=175 KG/CM2	m3	3.27	3.91	-0.64
02.03.04	ACERO ESTRUCTURAL Fy = 4200 kg/ cm2 3/8"	kg	78.31	90.35	-12.04
02.03.05	TARRAJEO EN INTERIORES CON IMPERMEABILIZANTES	m2	18.65	41.06	-22.41
02.03.06	TARRAJEO EN EXTERIORES CON CEMENTO-ARENA	m2	8.5	10.3	-1.8
2.04	INSTALACION DE ACCESORIOS EN DESARENADOR				
02.04.01	INSTALACION DE COMPUERTA PARA DESARENADOR	und	1	1	0
3	CANAL DE TRANSICION (1.50 ML)				
3.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
03.02.01	EXCAVACION EN ROCA SUELTA	m3	0.68	0.63	0.05
3.03	OBRAS DE CONCRETO				
03.03.02	CONCRETO FC=175 KG/CM2	m3	0.35	0.35	0
4	CANAL DE CONDUCCION SECCION TRAPEZOILDAL (1732.00 ML)				
4.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
04.02.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	183.38	183.38	0
04.02.02	EXCAVACION EN ROCA SUELTA	m3	312.43	312.43	0
04.02.03	EXCAVACION EN ROCA FIJA	m3	29.14	29.14	0
4.03	OBRAS DE CONCRETO				
04.03.03	CONCRETO FC=175 KG/CM2	m3	347.78	347.6	0.18
5	CONST. MURO DE CONTENCIÓN L=10M (01 UNID)				
5.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
05.02.01	EXCAVACION EN ROCA SUELTA EN ESTRUCTURAS	m3	51.7	78.35	-26.65
5.03	OBRAS DE CONCRETO				
05.03.01	CONCRETO F'C=100 KG/CM2.PARA SOLADOS Y/O SUB-BASES	m3	1.6	1.6	0
05.03.02	ENCOFRADO Y DESENC. PARA ESTRUCT.CONCRETO (OBRAS DE ARTE)	m2	44.51	53	-8.49
05.03.03	CONCRETO CICLOPEO FC=140KG/CM2 + 30 % PM.	m3	24.1	22.3	1.8
6	CONST. CANOA L=5M (01 UNID)				

6.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
06.02.01	EXCAVACION EN ROCA SUELTA EN ESTRUCTURAS	m3	7.44	8.83	-1.39
6.03	OBRAS DE CONCRETO				
06.03.01	CONCRETO FC=100 KG/CM2.PARA SOLADOS Y/O SUB-BASES	m3	0.33	0.35	-0.02
06.03.02	ENCOFRADO Y DESENC. PARA ESTRUCT.CONCRETO (OBRAS DE ARTE)	m2	25.49	27.86	-2.37
06.03.03	CONCRETO CICLOPEO 175 Kg/cm2 + 30 PM	m3	2.28	2.24	0.04
06.03.04	CONCRETO CICLOPEO FC=140KG/CM2 + 30 % PM.	m3	6.4	6.84	-0.44
06.03.05	ACERO ESTRUCTURAL Fy = 4200 kg/ cm2 3/8"	kg	123.76	126.34	-2.58
06.03.06	TARRAJEO EN EXTERIORES CON CEMENTO-ARENA	m2	10.86	14.1	-3.24

Fuente: Elaboración propia.

g) Planos BIM

La documentación de los planos se obtuvo a partir de los modelos BIM. La facilidad de la documentación fue gracias a la parametrización de los elementos, es decir, que todas las vistas de los planos están relacionadas unas con otra, si se realiza un cambio en el modelo, todas las vistas se actualizan automáticamente.

Se encuentran en el *Anexo 02*.

h) Simulación Constructiva

La simulación se realizó en la herramienta Navisworks, en el cual se vinculó los elementos 3D de los modelos BIM de las diferentes estructuras con el cronograma de obra.

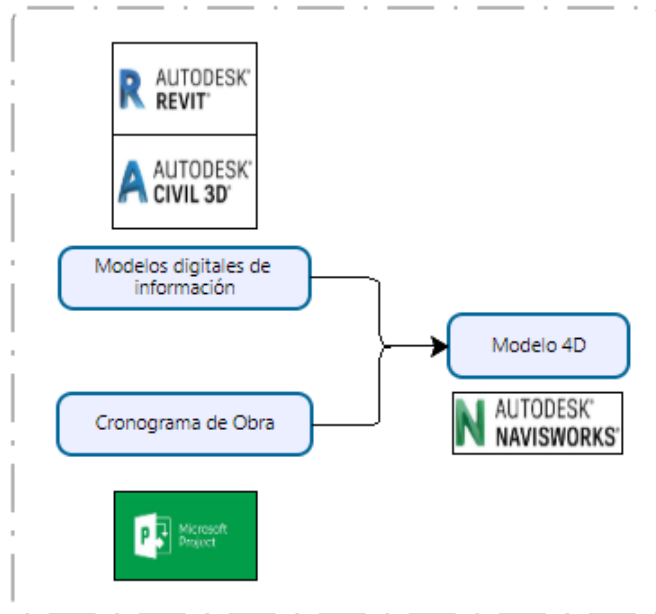


Figura 69: Flujo de trabajo para generar el modelo 4D

Fuente: Elaboración propia.

Como primer paso se añadió los modelos 3D en el software Navisworks, es indispensable ser riguroso con el nombre de los archivos y la ruta de estos, con el fin de que los modelos se actualicen fácilmente. Se debe tener en cuenta que en Navisworks no se pueden separar los elementos modelados, se debe modelar pensando en la etapa de construcción. Por ejemplo, en el caso de estudio se modeló el canal de 1800 ml pensando en la construcción progresiva del mismo, el canal se compone de 10 elementos de aproximadamente 180 ml, cada uno.

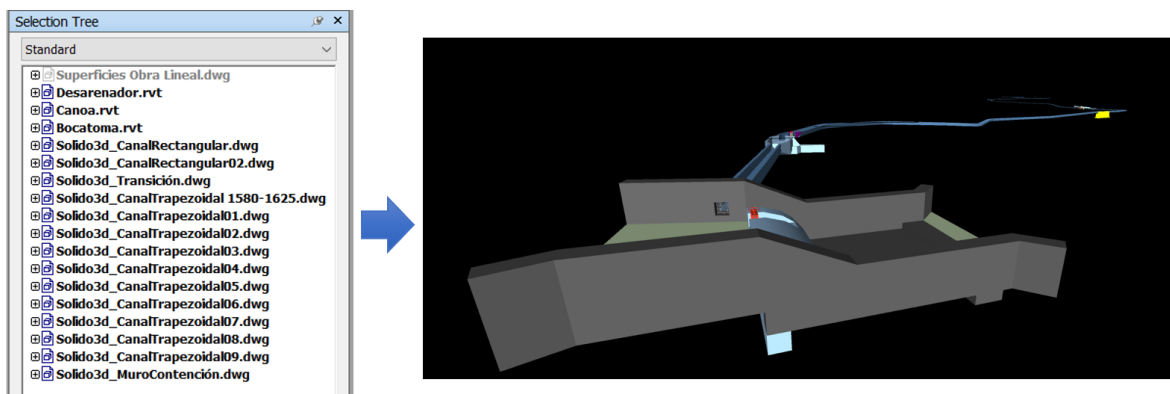


Figura 70: Importación de modelos a Navisworks.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se añadió los modelos, se insertó el diagrama Gantt realizado previamente en CSV, Microsoft Project, en la pestaña *Data Sources*, y a continuación se debe configurar o *mapear* para que el programa reconozca los nombres.

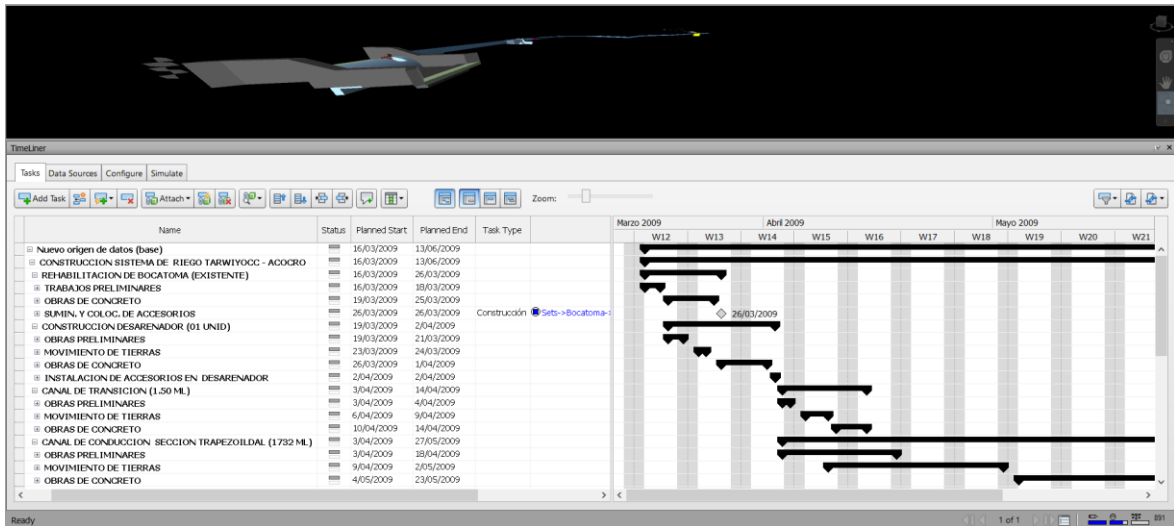


Figura 71: Importación del Diagrama de Gantt.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se procederá a vincular cada elemento 3D con su respectiva partida dentro del cronograma de obra, mediante el comando *Attach*. Asimismo, se debe indicar el tipo de proceso constructivo que tendrá cada elemento del modelo: Construcción, demolición o temporal.

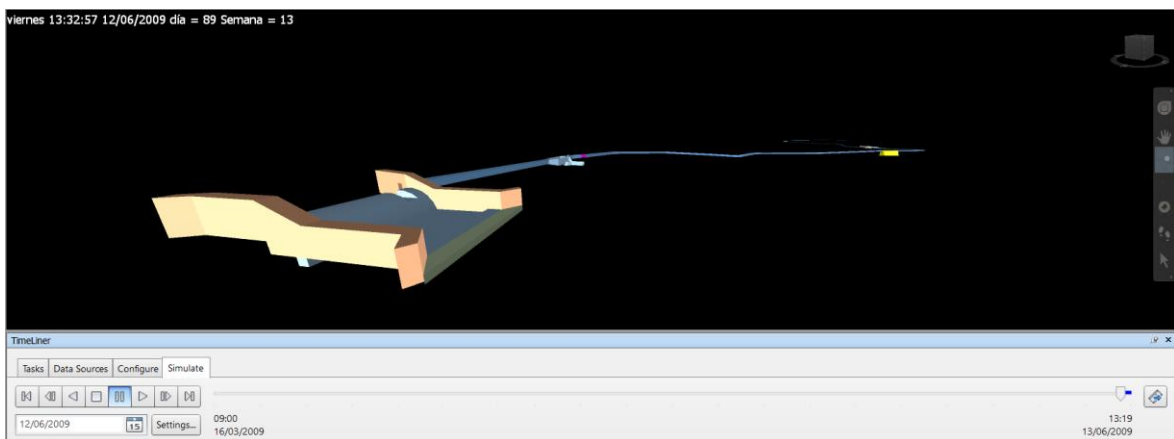
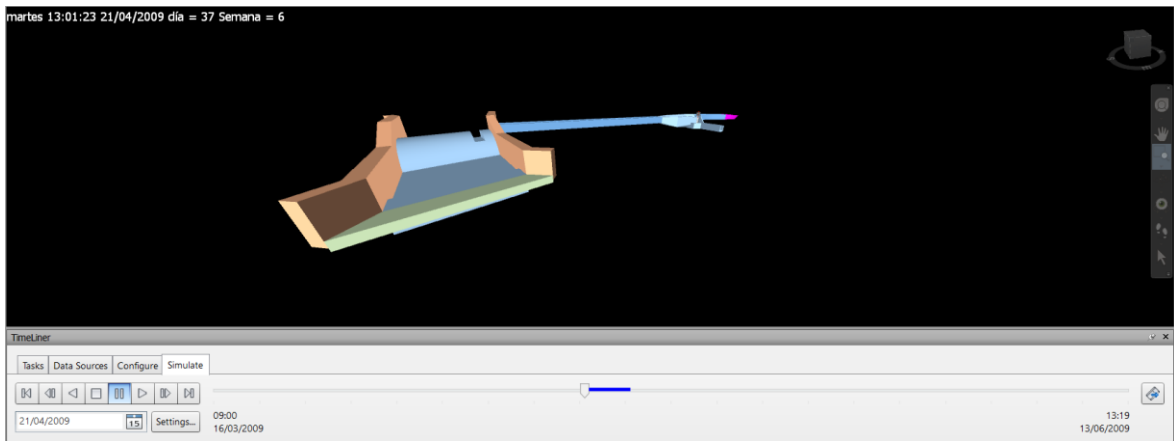
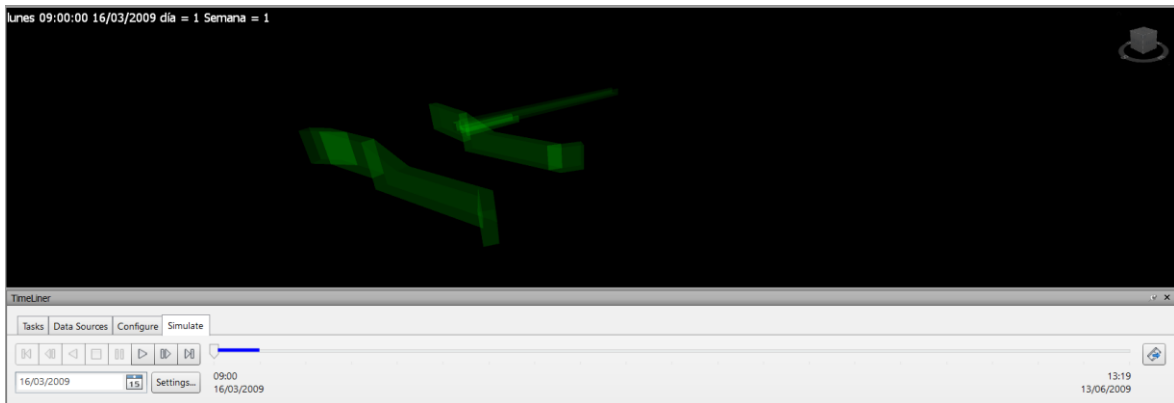


Figura 72: Simulación del proceso constructivo del proyecto “Construcción del sistema de riego Tarwiyocc”

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 Detección de interferencias e incompatibilidades.

Para la detección de las interferencias e incompatibilidades se llegó a la construcción de los elementos con un LOD 350, con el fin de tener la información y geometría necesaria para que puedan ser identificadas.

La detección de incompatibilidades se encontró por una cuestión de lógica constructiva, es decir, conforme se generaban los modelos, -a partir de los planos, metrados y especificaciones técnicas- se iban encontrando las incongruencias entre estos documentos. Las incompatibilidades se analizarán con más detenimiento en las fichas del ítem 3.4.5.



Figura 73: Incongruencia entre planos y metrados.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, para la detección de interferencias: primero se construyó los modelos de las diferentes especialidades, luego se integró en un modelo general (modelo federado) en el software Navisworks y finalmente en el mismo programa se ejecutó el comando *Clash detective* para encontrar y publicar un reporte que muestra visualmente dónde se producen las interferencias.

Interferencias 1	Tolerancia	Conflictos	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto	Tipo	Estado
	0.050m	2	0	2	0	0	0	Estático	Aceptar

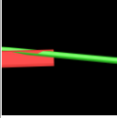
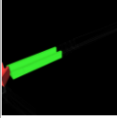
Imagen	Nombre de conflicto	Estado	Distancia	Ubicación de rejilla	Descripción	Fecha de detección	Punto de conflicto	Elemento 1			Elemento 2				
								ID de elemento	Capa	Elemento Nombre	Elemento Tipo	ID de elemento	Capa	Elemento Nombre	Elemento Tipo
	Conflicto2	Activo	-0.272		Estático	2021/1/8 04:28	x:610234.166, y:8521231.783, z:3828.971	Identificador de entidad: 6D85	Muro de Contención	Muro de Contención	Sólido 3D	Identificador de entidad: 6D69	Canal de conducción	Canal de conducción	Sólido 3D
	Conflicto1	Activo	-0.054		Estático	2021/1/8 04:27	x:610135.164, y:8521110.238, z:3831.739	ID de elemento: 233709	<Sin nivel>	Transición de salida	Cimentación estructural	Identificador de entidad: 6D57	Canal de conducción	Canal de conducción	Sólido 3D

Figura 74: Informe de conflictos por Navisworks.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4 Clasificación de incidencias.

Una vez encontradas las incidencias en el proyecto se procedió a clasificarlas como Incompatibilidades o Interferencias. En el subtítulo 2.2 (Detección de interferencias e incompatibilidades.), se explican sus diferencias.

Adicionalmente se clasificó las incidencias detectadas, tomando como referencia el trabajo realizado por García (2017) :

- Tipo LEVE: es una incidencia no muy importante que se podría solucionar en el mismo momento de la ejecución en obra. **No requiere cambios en el diseño del proyecto.**

- Tipo INTERMEDIA: es una incidencia que requeriría paralizar momentáneamente la ejecución para consultar con agentes responsables. **No requiere cambios en el diseño del proyecto.**

- Tipo GRAVE: es una incidencia que requeriría la paralización de la ejecución. Asimismo, se necesitaría la instrucción de los agentes responsables. **Requiere cambios en el diseño del proyecto.**

3.3.5 Análisis de incidencias.

Para el análisis de incidencias se empleó tres tipos de fichas tomando como referencia el trabajo realizado por García (2017):

- **Ficha de Incidencia:** Se describirá la incidencia de acuerdo a la clasificación, su ubicación y la herramienta BIM con la que fue posible su identificación.

- **Ficha de valoración en etapa de diseño (Escenario A):** Se analiza la incidencia en el supuesto caso de detectarla en etapa de diseño, utilizando herramientas BIM, asimismo se cuantifica la mano de obra y material que se emplearía para la solución de dicha incidencia.

- **Ficha de valoración en etapa de ejecución (Escenario B):** Se analiza la incidencia en el supuesto caso de detectarla en etapa de ejecución, con la metodología tradicional, asimismo se cuantifica la mano de obra y material que se emplearía para la solución de dicha incidencia.

3.3.6 Consideraciones de los escenarios.

Se debe tener en cuenta que los *escenarios planteados son supuestos*, el expediente técnico ya está formulado y se desarrolló de manera tradicional, sin aplicar BIM.

a) Consideraciones del Escenario A

- Se implementó en una etapa de diseño. Los modelos son construidos a partir de los planos del Expediente Técnico.
- Por ser un proyecto de pequeña envergadura, se ve por conveniente tercerizar el trabajo de modelación y coordinación (1mes). Este costo es global, es decir ya incluye las licencias, software, hardware, modeladores y coordinador BIM.
- La cotización del trabajo solo contempla: detección de incidencias y computo de materiales de ciertas partidas. La cotización se adjunta en el *Anexo 04*.
- El planteamiento de la solución se realiza después de que la empresa- a la que se tercerizó el trabajo- haga un reporte de las incidencias detectadas.
- Para la posible solución en este escenario se consultó la opinión de un profesional especializado en la elaboración de E.T. de este tipo de obras.

- La valorización total del escenario A, sería el costo de la solución en etapa de diseño más el costo de tercerizar el servicio de modelación y coordinación BIM.

b) Consideraciones del Escenario B

- El proyecto se ejecuta de manera tradicional, es así que el Expediente técnico llega a obra sin haberse identificado las posibles incidencias.
- Para la posible solución en este escenario se consultó la opinión de un profesional especializado en la ejecución de este tipo de obras.
- Para la valoración del materiales y mano de obra, se realizó en base a las partidas de obra, tomando como referencia los datos de la revista Costos del mes de diciembre del 2020. Para el costo de hora hombre del Ingeniero, cadista y topógrafo se tomó como referencia a proyectos similares al caso de estudio.
- Una vez estimado los honorarios de los agentes que intervendrán en el supuesto, se estiman las horas de trabajo perdidas que pueden acarrear, hasta su corrección. Finalmente, se multiplican las horas perdidas de cada uno de los agentes por sus honorarios, obteniéndose así, la posible cuantía de las incidencias.

3.3.7 Costo Implementación.

Existen 2 maneras de aplicar las herramientas BIM a un proyecto; la primera es implementarla con personal y tecnología como computadoras, licencias de softwares, capacitación y asesorías de especialistas. La segunda es tercerizar el trabajo a una empresa que se dedica exclusivamente a realizar modelamiento y coordinación BIM. En el caso de estudio por ser una obra de pequeña envergadura se optó por tercerizar el trabajo, ya que el costo de implementarla es relativamente alto.

La valoración del servicio es de acuerdo a los precios que maneja una empresa especialista en el modelado y coordinación BIM de obras hidráulicas.

Tabla 5: Costo Implementación BIM

Descripción	Sub Total (dólares)	Sub Total (soles)
Modelo de Estructuras		
Modelado y coordinación de Estructuras + Topografía	2300	8280
TOTAL COSTO	2300	8280

Fuente: Elaboración propia.

La cotización del modelado y coordinación BIM del proyecto de adjunta en el Anexo 03.

3.3.8 Fichas.

Las fichas de incidencias se utilizaron para describir las incidencias encontradas en el modelamiento BIM de las obras que comprende el expediente técnico “Construcción del sistema de riego Tarwiyoc”, y la herramienta BIM con las que fueron halladas.

Por otro lado, en las fichas de valoración se muestran las soluciones de dichas incidencias en el caso de encontrarlas en una etapa de diseño, aplicando herramientas BIM (escenario A) y en una etapa de ejecución trabajando con una metodología tradicional (escenario B).

Se mostrará unas fichas modelo para la incidencia N°01 de las 9 que se encontraron. El resto se adjuntan en el *Anexo 04*.

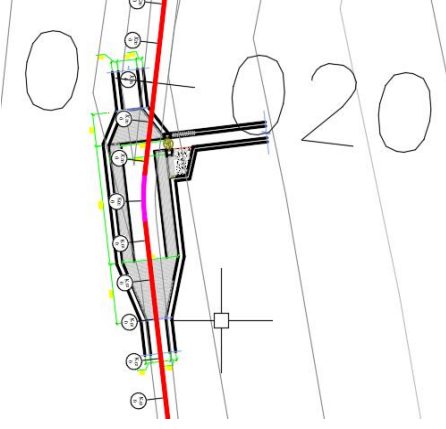
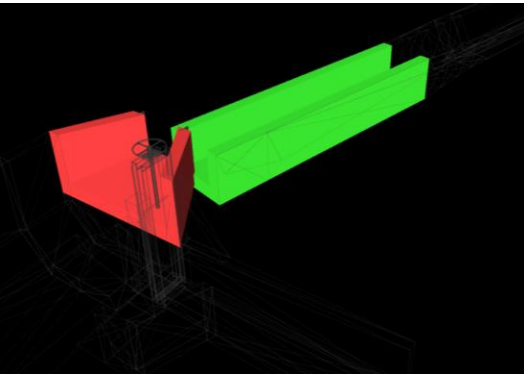
FICHA DE INCIDENCIA		INTERFERENCIA
N° 01	NOMBRE: Mal trazo del canal	TIPO: GRAVE
DESCRIPCIÓN		
		
<p>Existe una curva en el alineamiento del canal donde se emplazará el desarenador (0+017 Km). Por este motivo el canal no empalma con la salida del desarenador, es más, existe una colisión entre estas 2 estructuras.</p>		
LOCALIZACIÓN DE LA INCIDENCIA		
Desarenador y canal de conducción		
HERRAMIENTA BIM		
<p>Las herramientas BIM que ayudó a detectar esta incidencia fue el software Navisworks: primero se emplazo todas la obras en un modelo 3D general y posteriormente se realizó el analisis de interferencias.</p>		

Figura 75: Ejemplo de ficha de incidencia

Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO A: VALORACIÓN EN FASE DE DISEÑO				TOTAL: S/.
				43.75
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	El proyectista se percata del error y procede a mover la curva del alineamiento del canal, con el objetivo de que empalme con la salida del desarenador.			
Agente	N° Agentes	Precio por hora de trabajo	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Proyectista	1	43.75	1	43.75
TOTAL			1	43.75
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	No habría gasto de materiales, debido que la incidencia se encontró antes de la etapa de ejecución.			
Material	Cantidad	Precio	TOTAL S/.	
TOTAL			-	-

Figura 76: Ejemplo de ficha de valoración (Escenario A)

Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO B: VALORACIÓN EN FASE DE EJECUCIÓN				TOTAL: S/.
				1206.96
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	El residente de obra se percató que existe una curva en el trazo del canal en la progresiva 0+017, donde está proyectada el desarenador. Por este motivo procede a consultar con el supervisor la alternativa de mover dicha curva 3m más adelante (0+020) con el fin de evitar la incidencia. Además se debe considerar trabajos de replanteo del nuevo trazo del canal y la modificación de los planos.			
Agente	N° Agentes	Precio por hora de trabajo	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Residente	1	43.75	8	350
Topografo	1	25	5	125
Cadista	1	18.75	2	37.5
TOTAL				512.5
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	Al mover la curva 3 m más adelante (0+020) , existe un mayor movimiento de tierras que modifica el trazo desde la progresiva 0+017 a la 0+040, por lo que se considera un mayor metrado en las partidas. Además se considera los gastos de impresión de los documentos corregidos.			
Material	Cantidad	Precio (S/.)	TOTAL S/.	
Corte material suelto (m3)	0.51	44.96	22.75	
Corte Roca suelta (m3)	4.55	89.93	409.52	
Relleno con material propio con equipo (m3)	-0.03	47.80	-1.43	
Eliminación de material excedente con carretilla 50m (m3)	7.61	33.72	256.63	
Plano A1	1	3	3.00	
Plano A2	2	2	4.00	
TOTAL				694.46

Figura 77: Ejemplo de ficha de valoración (Escenario B)

Fuente: Elaboración propia.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se muestran los resultados obtenidos. En primer lugar, se analizó de manera cualitativa los beneficios de utilizar las herramientas de modelado, simulación constructiva y documentación BIM para el caso de estudio. Seguidamente se realizó un análisis cuantitativo de los beneficios derivados de realizar un análisis de interferencias e incompatibilidades, para lo cual se identificaron las posibles pérdidas que podrían ocasionarse en la etapa de construcción del caso de estudio, y determinar cuáles de estas pérdidas podrían haberse evitado si en estos proyectos se hubiera utilizado herramientas BIM desde una etapa de diseño.

4.1. Modelado BIM 3D

a. Visualización y conceptualización

Las herramientas de modelado BIM son de mayor difusión en edificaciones, sin embargo, para el caso de estudio de la presente tesis: “Diseño del sistema de riego Tarwiyocc” se llegó a realizar el modelo 3D sin ninguna dificultad, salvo aquellas partidas que no se pueden modelar por restricciones de los mismos softwares, este es el caso de las partidas de trabajos y obras preliminares, flete y cartel de obras. Asimismo, existen partidas que si bien pueden ser modeladas; no se realizaron, debido a que el tiempo de modelado que demandan es excesivo, este es el caso de algunas partidas asociadas al canal de conducción: juntas asfálticas, encofrado interno y externo. Al realizar un modelo BIM no es necesario modelar todos los elementos que contiene el proyecto, también se debe considerar el tiempo de modelado cada uno de ellos.

Como producto final se obtuvo un modelo en tres dimensiones que representa de manera fiel lo que se pretende construir, además contiene información geométrica y no geométrica: volumen, área, tipo de material y especificaciones técnica

b. Simulación constructiva

Al tener el modelo en tres dimensiones se pudo vincular al diagrama de Gantt mediante la herramienta Navisworks. El producto final da la fiabilidad de tener un planeamiento de obra con tiempos adecuados para cada tarea.

Para realizar la simulación constructiva es necesario haber modelado los elementos de las estructuras teniendo en cuenta las partidas a realizar y la etapa de construcción; este inconveniente principalmente se presentó al realizar la simulación del canal de conducción, ya que el canal trapezoidal al ser modelada como un elemento entero de 1+732 km no se pudo separar. Se tendría que modelar pensando en la etapa de la construcción de la obra.

c. Documentación (planos y metrados)

A partir de las herramientas de modelado en 3D (Revit y Civil3D) se pudo obtener los entregables. La exactitud y la confiabilidad de estos, dependen íntegramente de la calidad de información y el nivel de desarrollo de los modelos del proyecto. En el presente trabajo al tener un nivel de desarrollo de 350, la calidad y cantidad información es suficiente para la generación de los planos y metrados.

Como resultado del cómputo de materiales a partir de los modelos BIM se presentaron ciertas variaciones respecto a la planilla de metrados del Expediente Técnico: teniendo un mayor metrado en 18 partidas, un menor metrado en 5 partidas e igual metrado en 4 de ellas. Según (Siccha & Villaruel, 2015) el error en la cuantificación de materiales con Revit puede ser tolerable hasta un $\pm 1.58\%$ respecto al cálculo manual, si los valores exceden por mucho este porcentaje probablemente existe un error en los metrados.

En cuanto a la producción de planos los tiempos de producción fueron eficientes, debido a que el modelamiento BIM se basa en elementos dinámicos, es decir que basta editar el modelo para que se actualice en las diferentes planos (planta, corte, vista de detalle, etc) de tal manera que se evitó el tedioso proceso de modificar cada vista por separado.

4.2. Análisis de fichas de incidencias

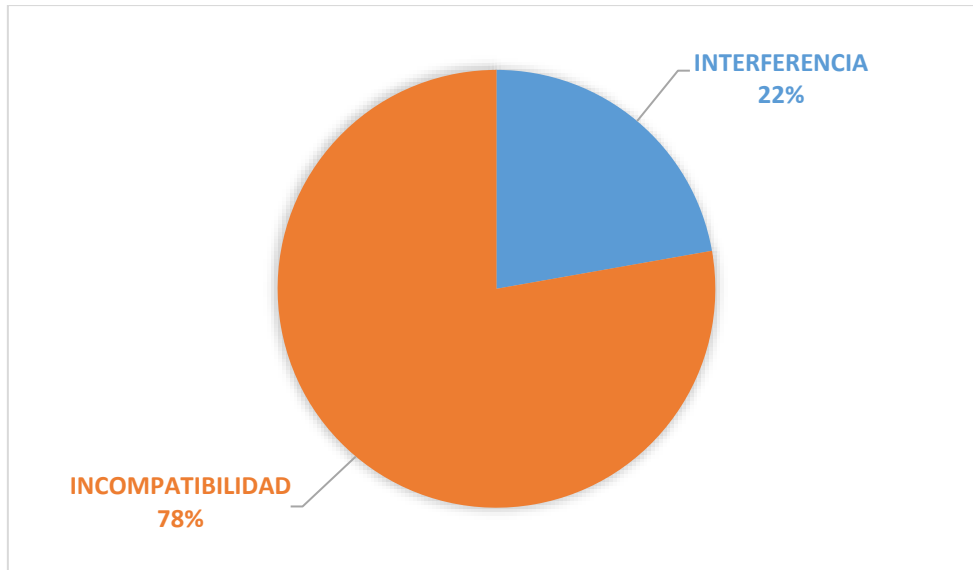


Figura 78: Clasificación de incidencia

Fuente: Elaboración propia.

En total se identificó 9 incidencias en el proyecto, de las cuales 2 fueron interferencias debido a la falta de coordinación entre los diferentes planos. Los 7 restantes fueron incompatibilidades entre los documentos del Expediente Técnico: incongruencias entre los planos y las especificaciones técnicas, falta de detalle en las especificaciones técnicas, partidas con metrados subdimensionados o sobredimensionados.

Los resultados guardan relación con los trabajos de investigaciones realizados por Duque (2013) y García (2017) en los cuales se analizan las incidencias en proyectos de edificaciones, donde los mayores incidencias son debido a las incompatibilidades entre los documentos debido a su falta de revisión y compatibilización antes de que llegue a una etapa de ejecución de obra. No obstante, se debe considerar que la baja cantidad de interferencias en el caso de estudio se debe a la poca cantidad de especialidades modeladas y al gran espacio en el que fueron modeladas, es decir que a medida que haya más especialidades o estructuras en un área reducida; el riesgo de que colisionen una con otra es mayor.

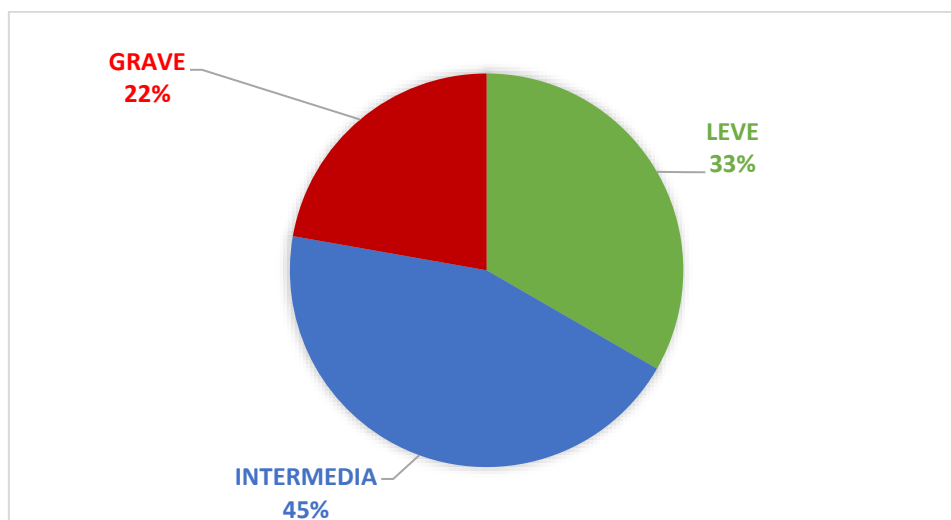


Figura 79: Tipo de incidencia.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al tipo de incidencias encontradas se identificaron: 3 incidencias leves, 4 intermedias y 2 incidencia graves.

4.3. Análisis de fichas de Valoración.

Tabla 6: Resumen Fichas de valoración.

	Escenario A	Escenario A
Orden de incidencia	Costo solución en fase de diseño (S/.)	Costo solución en fase de ejecución (S/.)
1	43.75	1206.96
2	43.75	343.27
3	43.75	639.08
4	43.75	108.25
5	43.75	108.25
6	131.25	1074.38
7	43.75	131.25
8	43.75	125.62
9	218.75	6563.79
TOTAL	656.25	10300.85
Implementación BIM		
-	8280	-
TOTAL	8936.25	10300.85

Fuente: Elaboración propia.

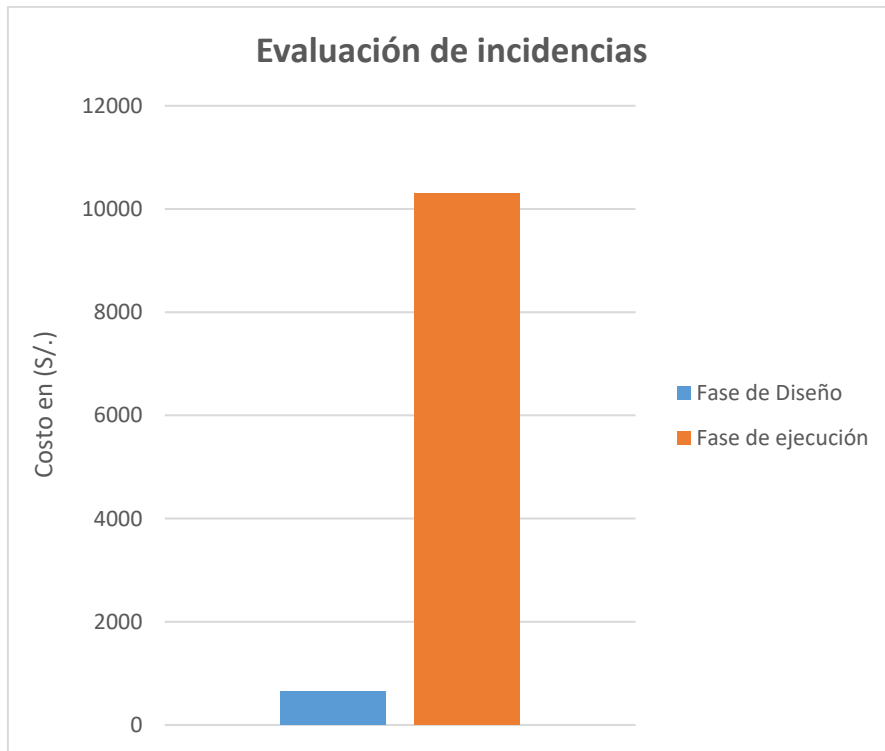


Figura 80: Ahorro potencial sin considerar implementación BIM.

Fuente: Elaboración propia.

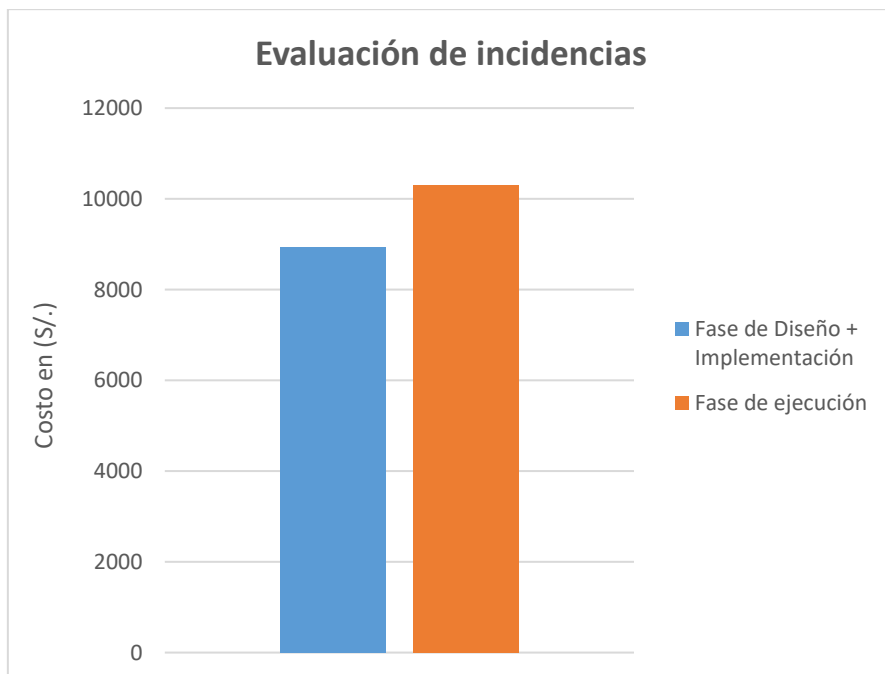


Figura 81: Ahorro potencial considerando implementación BIM.

Fuente: Elaboración propia.

La fácil detección de errores, en una etapa de diseño, con herramientas BIM, hace que la repercusión monetaria para su solución (Escenario A) sea solo de 656.25 soles, lo cual se debe a que el gasto de horas de trabajo y el de material es poco o nulo. El costo que eleva la valoración, en etapa de diseño, es la implementación de herramientas BIM ya que asciende a 8280.00 soles.

Por otro lado, encontrar dichas incidencias en etapa de ejecución (Escenario B) podrían ocasionar un incremento de presupuesto no previsto el cual asciende a 10300.85 soles, que en este caso no ha sido desmesurado al no contar con una gran cantidad de incidencias de nivel grave, sin embargo, en el caso de tener proyectos de mayor envergadura; la incertidumbre es mayor, por lo cual las posibles incidencias y los sobrecostos pueden significar la ruina del proyecto.

Al realizar una comparación entre ambos escenarios el potencial ahorro de costos asciende a 1364.6 soles. Este valor es mermado por el costo de implementación BIM, si bien para esta investigación se asumió que es un costo adicional, el Perú ya tiene normativas vigentes en las cuales se proyecta que para el año 2030 todos los proyectos de inversión pública utilicen BIM de manera obligatoria, de tal manera que este costo de implementación ya no sería un adicional sino estaría dentro del mismo costo del proyecto.

A partir de los resultados, se aceptó la hipótesis como verdadera, ya que la aplicación de herramientas BIM, en una etapa de diseño, prevé las posibles incidencias que podrían ocurrir en obra, debido a las deficiencias del Expediente técnico.

V. CONCLUSIONES

- Se logró construir el modelo BIM del caso práctico, pero con la salvedad de ciertas partidas, debido a las limitaciones y restricciones de los mismos softwares o herramientas. Los beneficios de realizar el modelo en 3D fueron los siguientes:
 - Mejora la visualización y conceptualización.
 - Mejora la coherencia de la información y automatiza la documentación (planos y metrados).
 - Da una mayor confiabilidad en la programación de obra (simulación constructiva).
- A partir del modelo BIM generado se pudo detectar un total de 9 incidencias, resultando 2 interferencias y 7 incompatibilidades, las cuales se dan en su mayoría, debido a una información poco clara en los planos e incongruencias entre los documentos del Expediente Técnico.
- Del análisis de incidencias se concluye que el potencial beneficio económico en realizar una detección de incidencias con herramientas BIM, en etapa de diseño, (Escenario A) respecto a detectarlas en una etapa de construcción, con herramientas tradicionales, (Escenario B) es de 1364.6 soles. El ahorro de costos depende de la cantidad de incidencias que se encuentren, es así que mientras más grande y complicado sea el proyecto; habrá una mayor cantidad de incompatibilidades e interferencias, y por ende un mayor beneficio económico.
- Las herramientas BIM no solo son aplicables a proyectos de edificaciones o a proyectos de gran envergadura, sino se pueden implementar a otros tipos de obras de construcción como pequeños sistemas de infraestructura de riego.

VI. RECOMENDACIONES

- Se debe difundir los beneficios asociados a la metodología BIM en las universidades, empresas constructoras y en los diferentes niveles de gobierno (regionales y locales) con el fin de extender su uso. Además, se debe educar con el fin de quitar el mito de que BIM solo es aplicable a obras de edificaciones y de gran magnitud.
- Para dar los primeros pasos en la implementación de BIM en proyectos de infraestructura de riego tanto en empresas constructoras y en entidades del estado, se debería comenzar con la implementación de la detección de incidencias, ya que este uso BIM es el que mayor beneficio trae.
- En la presente tesis se usó las herramientas BIM de manera unipersonal, sin embargo, el verdadero potencial de esta metodología se basa en la comunicación y el trabajo en equipo. Es así que, se recomienda que en investigaciones futuras se realice este tipo de trabajo de manera grupal y ver los beneficios resultantes.
- Antes de realizar un modelado BIM se debe tener en claro cuál será el uso que se le dará al modelo final, con el fin de elegir un nivel de desarrollo (LOD) adecuado.
- Se debe tener en cuenta que al realizar el modelado BIM de un proyecto, no todas las partidas se pueden modelar, se debe realizar un análisis previo de qué elementos son necesarios y cuáles no.
- Considerar que los metrados proporcionados por el software Revit son una estimación de los modelos generados, es decir que la precisión y exactitud de las mediciones dependen en gran medida de la experiencia y habilidad del modelador.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcántara, V. (2008). Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería). Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3760>

Alonso, J. (2014). Nivel de desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España, 1(15): 40-56. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5496892>

Alvarez, M. (2019). Integrated Project Delivery. Madrid, España: PMI-Mad. Recuperado de <https://pmi-mad.org/iniciativas/grupos/gi-construccion/2075-integrated-project-delivery>

Bedrick, J. (2013). Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary. Recuperado de <https://bimforum.org/lod/>

BIM Community. (2018). Construyendo ciudades inteligentes con BIM. BIM Community. Recuperado de <https://www.bimcommunity.com/news/load/757/construyendo-ciudades-inteligentes-con-bim>

BIM INITIATIVE. (2019). Building Information Modeling (BIM). Bim Dictionary. Recuperado de <https://bimdictionary.com/en/building-information-modelling/1/>

CAPECO. (Diciembre, 2019). IEC diciembre 2019. Recuperado de <https://docplayer.es/171188928-Iec-informe-economico-de-la-construccion-n-27-diciembre-2019-capeco.html>

Cabrera, C (2021). Planificación de proyectos con BIM [Diapositiva de PowerPoint]. Escuela de Construcción Digital.

Cabrera, C. (15 de septiembre de 2020). Inversiones públicas en infraestructura y el Plan BIM Perú. Capítulo de Ingeniería Civil, Lima, Perú. Recuperado de https://www.facebook.com/watch/live/?v=376644943367868&ref=watch_permalink

Chapple, P. (2009). Aplicación de BIM: Herramienta modelo. Revista BIT, (68): 56-58 . Recuperado de https://issuu.com/revista_bit/docs/bit-68-septiembre-2009

CRC Construction innovation. (2007). Adopting BIM for Facilities Management: Solutions for Managing the Sydney Opera House. Recuperado de http://www.construction-innovation.info/images/CRC_Dig_Model_Book_20070402_v2.pdf

Dirección General del Programación Multianual de Inversiones. (2020). Plan de implementación y hoja de ruta del Plan BIM Perú. Recuperado de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/novedades/2020/Oct/Plan_Implementacion_y_HR_BIM.pdf

Duque, S. (2013). Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD): Caso de estudio de detección de incongruencias en un proyecto de edificación (Tesis de Fin de Grado, Universitat Politècnica de València). Recuperado de [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/89577/García Plaza%2C José María_Metodología BIM en la realización de proyectos de construcción. Estudio de 6 viviendas adosadas en Gilet.pdf?sequence=3](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/89577/García%20José%20María_Metodología%20BIM%20en%20la%20realizaci3n%20de%20proyectos%20de%20construcci3n.%20Estudio%20de%206%20viviendas%20adosadas%20en%20Gilet.pdf?sequence=3)

Ergueta, O. (2008). Sistemas de riego y sus componentes. Revista Presupuesto & Construcción, 19(45):49-52. Recuperado de <http://revistapyc.com/Articulos/Grupo45/ART-45-D.pdf>

Fernandez, G. (04 de diciembre de 2020). Seminario Virtual - Actualización Normatividad BIM en el Perú. Capítulo de Ingeniería Civil, Lima, Perú. Recuperado de https://www.facebook.com/civil.cip/videos/415531242911028?comment_id=415698422894310

García, J. (2017). Metodología BIM en la realización de proyectos de construcción . Estudio de 6 viviendas adosadas en Gilet (Tesis de Fin de grado, Universitat Politècnica de València). Recuperado de: [https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/89577/García Plaza%2C José María_Metodología BIM en la realización de proyectos de construcción. Estudio de 6 viviendas adosadas en Gilet.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/89577/García%20José%20María_Metodología%20BIM%20en%20la%20realización%20de%20proyectos%20de%20construcción.%20Estudio%20de%206%20viviendas%20adosadas%20en%20Gilet.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

García, G. (2020). Qué y cómo aplicar BIM en empresas Peruanas [Webinar]. EADIC. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=iILLQgEfqZo&t=3346s>

Gosalves, J., & Malek, M. (2016). BIM en 8 Puntos. Recuperado de https://cbim.mitma.es/recursos_cbim/bb_gt2_personas_sg_2.1_difusion.pdf

Guerra, I. (Productor). (01 de julio de 2019). BIM en 3 ideas [Audio en podcast]. Recuperado de <https://open.spotify.com/episode/6FXNysvvpNKg1umeKuF5W5>

HM Government. (2012). Industrial strategy: government and industry in partnership. Building Information Modelling. Recuperado de https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/210099/bis-13-955-construction-2025-industrial-strategy.pdf

Huang, J. (2017). Navisworks Hacks for Efficient Workflows. Trabajo presentado en la primera Conferencia de Autodesk University, Las Vegas, EEUU. Resumen recuperado de https://www.researchgate.net/publication/332240839_Navisworks_Hacks_for_Efficient_Workflows

Martinez, V. (2019). Transiciones en obras lineales en el diseño de estructuras hidráulicas [Webinar]. BIM CIVIL. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=Fmk2XXw7kwY&t=33s>

Ministerio de Economía y Finanzas. (2019). La Metodología BIM. Recuperado de https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=esES&Itemid=100360&view=article&catid=71&id=5897&lang=es-ES

Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). Mantenimiento de infraestructura de sistemas de riego. Recuperado de <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual3.pdf>

Moreno, C. (2019). Análisis comparativo entre el modelo virtual de proyectos de construcción Building Information Modeling y el modelo convencional de gestión de proyectos, para obras de concreto armado, en empresas constructoras, Huaraz-2017 (Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo). Recuperado de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3575>

Muñoz, M. (2020). La metodología BIM y su influencia en la renovación del sector AEC. Idesie Business & Tech School. Recuperado de <https://idesie.com/blog/2020/04/30/la-metodologia-bim-y-su-influencia-en-la-renovacion-del-sector-aec/>

Rocha, A. (2003). La Bocatoma, Estructura clave en un proyecto de aprovechamiento Hidráulico. Trabajo presentado en la XI Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil, Piura, Perú. Recuperado de http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/ROCHA/La_bocatoma.PDF

Rodriguez, G. (30 de octubre de 2020). Seminario Virtual - Implementación BIM y el nuevo Marco Normativo en el Perú. SENCICO, Lima, Perú. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=-4CLtb_zx1k

Rodríguez, P. (2008). Hidráulica II [versión Adobe Digital Editions]. Recuperado de https://carlosquispeanccasi.files.wordpress.com/2011/12/hidraulica_ruiz.pdf

Saldias, R. (2010). Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM. (Tesis de Pregrado, Universidad de Chile). Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103904>

Salman, & Azhar, M. F. H. (2008). Building Information Modeling (BIM): Benefits , Risks and Challenges. *Revista de Leadership and Management in Engineering* 11(3):241-252. Recuperado de [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)

Siccha, A. E., & Villaruel, J. C. (2015). Propuesta de ejecución constructiva de la obra “Los Dijes del Golf” para mejorar la productividad mediante el proceso BIM con el software revit, en la ciudad de Trujillo del 2015. (Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego). Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/2042>

Taboada, J., Alcántara, V., Lovera, D., Santos, R., & Diego, J. (2011). Detección de interferencias e incompatibilidades en el diseño de proyectos de edificaciones usando tecnologías BIM. *Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas*, 14(28). <https://doi.org/10.15381/iigeo.v14i28.672>

The American Institute of Architects. (2008). Building Information Modeling Protocol Exhibit.

Villa, J. (2017). Implementación de tecnologías BIM-REVIT en los procesos de diseño de proyectos en la empresa consultora JC. Ingenieros S.R.L (Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca). Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1033>

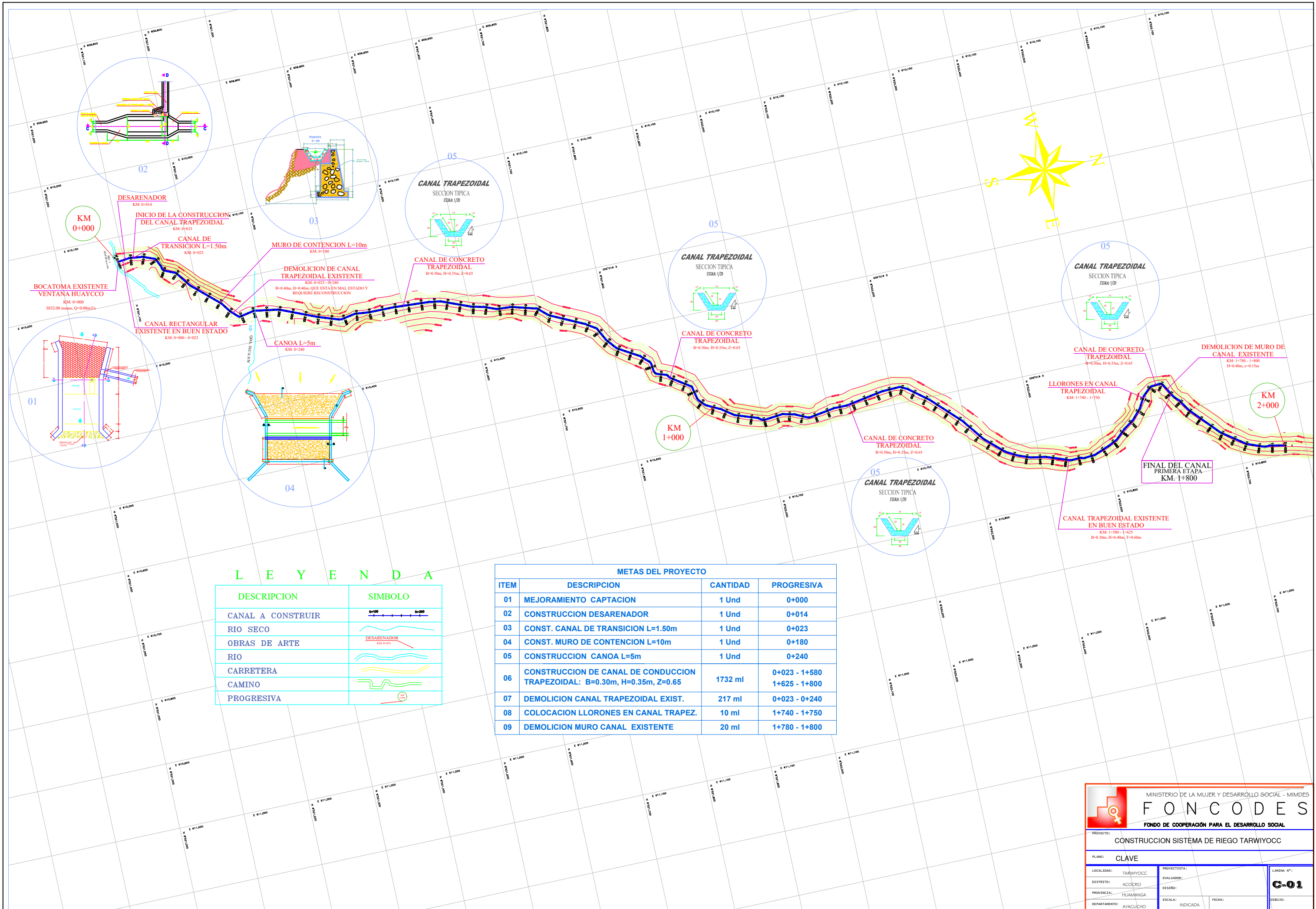
Villón, M. (2003). *Diseño de Estructuras Hidráulicas* (2da ed.). Lima, Perú: Editorial Villón.

Vinet, L., & Zhedanov, A. (2010). *Building Information Modeling Execution Planning Guide*. Recuperado de <https://lp.constantcontactpages.com/su/OvqRZ37/bimguide>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Planos Expediente Técnico

- Plano Clave
- Plano Planta y perfil longitudinal 0+000 – 1+000 KM
- Plano Planta y perfil longitudinal 1+000 – 2+000 KM
- Plano Bocatoma existente
- Plano Bocatoma refaccionada
- Plano Compuerta y rejilla metálica
- Plano Desarenador
- Plano Canoa
- Plano Transición
- Plano Muro de contención



L E Y E N D A

DESCRIPCION	SIMBOLO
CANAL A CONSTRUIR	
RIO SECO	
OBRA DE ARTE	
RIO	
CARRETERA	
CAMINO	
PROGRESIVA	

METAS DEL PROYECTO

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PROGRESIVA
01	MEJORAMIENTO CAPTACION	1 Und	0+000
02	CONSTRUCCION DESARENADOR	1 Und	0+014
03	CONST. CANAL DE TRANSICION L=1.50m	1 Und	0+023
04	CONST. MURO DE CONTENCION L=10m	1 Und	0+180
05	CONSTRUCCION CANOA L=5m	1 Und	0+240
06	CONSTRUCCION DE CANAL DE CONDUCCION TRAPEZOIDAL: B=0.30m, H=0.35m, Z=0.65	1732 ml	0+023 - 1+580 1+625 - 1+800
07	DEMOLICION CANAL TRAPEZOIDAL EXIST.	217 ml	0+023 - 0+240
08	COLOCACION LLORONES EN CANAL TRAPEZ.	10 ml	1+740 - 1+750
09	DEMOLICION MURO CANAL EXISTENTE	20 ml	1+780 - 1+800



MINISTERIO DE LA MUJER Y DESARROLLO SOCIAL - MIMDES
FONCODES
FONDO DE COOPERACION PARA EL DESARROLLO SOCIAL

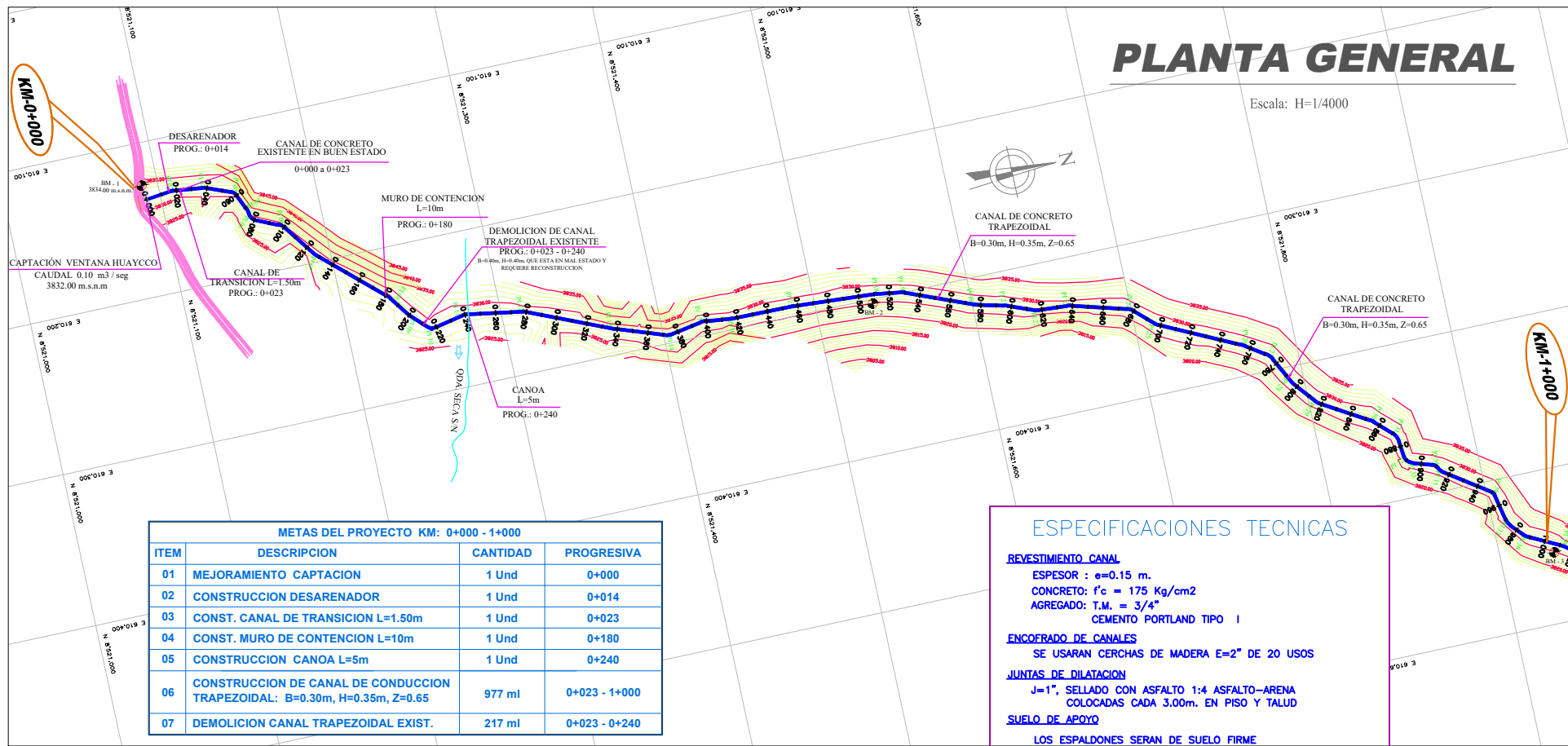
PROYECTO: CONSTRUCCION SISTEMA DE RIEGO TARWYOCC

PLANO: CLAVE

LOCALIDAD: TARWYOCC	PROYECTISTA:	EVALUADOR:	LÁMINA N°:
DISTRITO: ACOCCO	DESIGNO:		C-01
PROVINCIA: HUAMANGA	ESCALA:	FECHA:	REVISOR:
DEPARTAMENTO: AYACUCHO	INDICADA		

PLANTA GENERAL

Escala: H=1/4000



PROGRESIVA	CARACTERISTICAS HIDRAULICAS										CARACT. GEOMETRICAS						
	INICIO	FINAL	Q (m³/s)	n	y (m)	A (m²)	T (m)	F	p (m)	R (m)	v (m/s)	E (m-Kg/Kg)	TIPO FLUJO	b (m)	Z (-)	H (m)	TIPO CANAL
0+000	0+023	0.080	0.014	0.109	0.055	0.500	1.412	1.412	0.719	0.076	1.462	0.218	Supercritico	0.50	-	0.40	I
0+023	0+040	0.080	0.014	0.133	0.051	0.473	1.504	0.618	0.083	1.554	0.256	Supercritico	0.30	0.65	0.35	II	
0+040	0+080	0.080	0.014	0.089	0.032	0.416	2.891	0.513	0.062	2.508	0.410	Supercritico	0.30	0.65	0.35	II	
0+080	0+160	0.080	0.014	0.154	0.061	0.500	1.187	0.666	0.092	1.303	0.240	Supercritico	0.30	0.65	0.35	II	
0+160	0+320	0.080	0.014	0.167	0.068	0.517	1.032	0.698	0.098	1.173	0.237	Supercritico	0.30	0.65	0.35	II	
0+320	0+500	0.080	0.014	0.222	0.099	0.589	0.632	0.830	0.119	0.810	0.256	Subcritico	0.30	0.65	0.35	II	
0+500	0+560	0.080	0.014	0.239	0.109	0.610	0.557	0.869	0.125	0.736	0.266	Subcritico	0.30	0.65	0.35	II	
0+560	0+640	0.080	0.014	0.263	0.124	0.642	0.470	0.927	0.134	0.646	0.284	Subcritico	0.30	0.65	0.35	II	
0+640	1+800	0.080	0.014	0.235	0.106	0.605	0.573	0.860	0.124	0.752	0.264	Subcritico	0.30	0.65	0.35	II	

METAS DEL PROYECTO KM: 0+000 - 1+000			
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PROGRESIVA
01	MEJORAMIENTO CAPTACION	1 Und	0+000
02	CONSTRUCCION DESARENADOR	1 Und	0+014
03	CONST. CANAL DE TRANSICION L=1.50m	1 Und	0+023
04	CONST. MURO DE CONTENCIÓN L=10m	1 Und	0+180
05	CONSTRUCCION CANOA L=5m	1 Und	0+240
06	CONSTRUCCION DE CANAL DE CONDUCCION TRAPEZOIDAL: B=0.30m, H=0.35m, Z=0.65	977 ml	0+023 - 1+000
07	DEMOLICION CANAL TRAPEZOIDAL EXIST.	217 ml	0+023 - 0+240

ESPECIFICACIONES TECNICAS

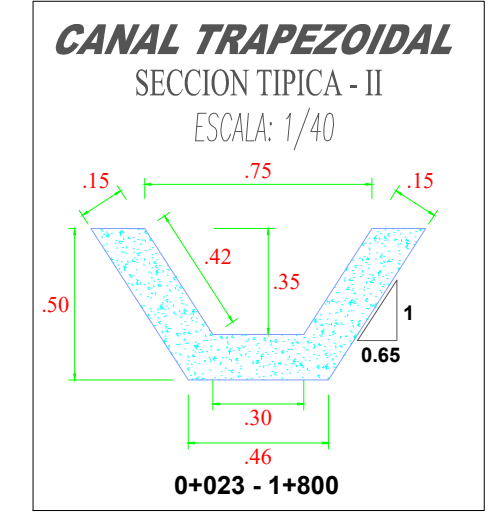
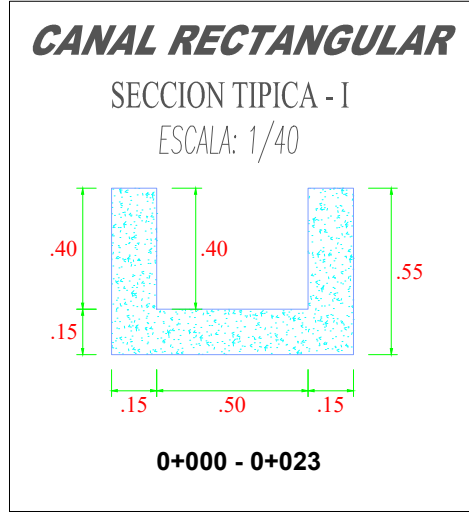
REVESTIMIENTO CANAL
 ESPESOR : e=0.15 m.
 CONCRETO: f'c = 175 Kg/cm²
 AGREGADO: T.M. = 3/4"
 CEMENTO PORTLAND TIPO I

ENCOFRADO DE CANALES
 SE USARAN CERCHAS DE MADERA E=2" DE 20 USOS

JUNTAS DE DILATACION
 J=1", SELLADO CON ASFALTO 1:4 ASFALTO-ARENA
 COLOCADAS CADA 3.00m. EN PISO Y TALUD

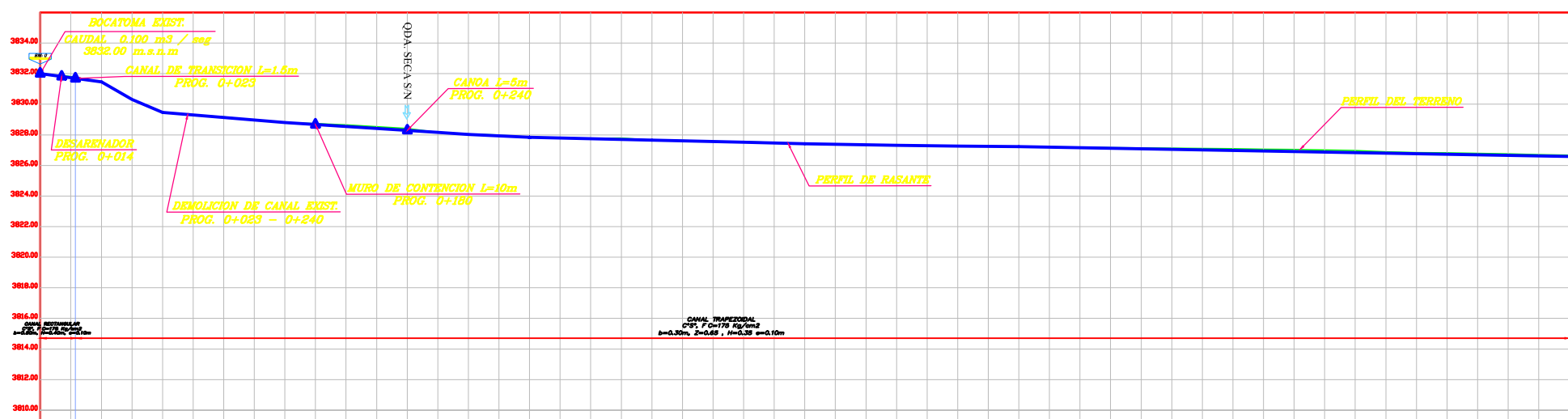
SUELO DE APOYO
 LOS ESPALDONES SERAN DE SUELO FIRME
 (CONGLOMERADO, ROCA SUELTA O ROCA DURA)

NOTA:
 CUALQUIER CAMBIO O MODIFICACION DE LOS PLANOS Y DISEÑOS,
 SERA DE ENTERA RESPONSABILIDAD DEL EJECUTOR.



PERFIL LONGITUDINAL

Escala: H=1/4000
 V=1/400



KILOMETRAJE	PENDIENTES		COTA TERRENO	COTA RASANTE	ALTURA DE CORTE	ALTURA DE RELLENO	TIPO DE TERRENO	ALINEAMIENTO
	S	L						
0+000.00	S = -1.35%	L = 40.00 Mtrs.	3831.73	3831.73	0.00	0.00	90% ROCA SUELTA 10% MATERIAL SUELTO	
0+040.00	S = -0.78%	L = 20.00 Mtrs.	3831.46	3831.46	0.00	0.00		
0+080.00	S = -0.42%	L = 20.00 Mtrs.	3830.30	3830.30	0.00	0.00		
0+120.00	S = -0.62%	L = 80.00 Mtrs.	3829.30	3829.30	0.00	0.00		
0+160.00	S = -0.64%	L = 100.00 Mtrs.	3828.90	3828.90	0.00	0.00		
0+200.00	S = -0.67%	L = 20.00 Mtrs.	3828.74	3828.74	0.00	0.00		
0+240.00	S = -0.48%	L = 40.00 Mtrs.	3828.00	3828.00	0.00	0.00		
0+280.00	S = -0.22%	L = 80.00 Mtrs.	3827.80	3827.80	0.00	0.00		
0+320.00	S = -0.23%	L = 80.00 Mtrs.	3827.60	3827.60	0.00	0.00		
0+360.00	S = -0.25%	L = 40.00 Mtrs.	3827.50	3827.50	0.00	0.00		
0+400.00	S = -0.17%	L = 40.00 Mtrs.	3827.30	3827.30	0.00	0.00		
0+440.00	S = -0.13%	L = 40.00 Mtrs.	3827.30	3827.30	0.00	0.00		
0+480.00	S = -0.10%	L = 40.00 Mtrs.	3827.20	3827.20	0.00	0.00		
0+520.00	S = -0.18%	L = 1900.00 Mtrs.	3827.10	3827.10	0.00	0.00		
0+560.00			3827.00	3827.00	0.00	0.00		
0+600.00			3826.90	3826.90	0.00	0.00		
0+640.00			3826.80	3826.80	0.00	0.00		
0+680.00			3826.70	3826.70	0.00	0.00		
0+720.00			3826.60	3826.60	0.00	0.00		
0+760.00			3826.50	3826.50	0.00	0.00		
0+800.00			3826.40	3826.40	0.00	0.00		
0+840.00			3826.30	3826.30	0.00	0.00		
0+880.00			3826.20	3826.20	0.00	0.00		
0+920.00			3826.10	3826.10	0.00	0.00		
0+960.00			3826.00	3826.00	0.00	0.00		
1+000.00			3825.90	3825.90	0.00	0.00		

ELEMENTOS DE CURVA

N°	PI	SENT	ANGULO			DIST	PI	T	R	PC	PT	LC	E
			G°	M'	S"								
1	D	13	19	51	17.12	0+017.1	0.58	5	0+016.5	0+017.7	1.16	0.03	
2	D	14	47	47	20.92	0+038.0	1.30	10	0+036.7	0+039.3	2.58	0.08	
3	D	44	33	49	20.02	0+058.0	2.05	5	0+056.0	0+059.9	3.89	0.40	
4	D	16	45	17	14.71	0+072.5	1.47	10	0+071.1	0+074.0	2.92	0.11	
5	I	59	6	8	5.77	0+078.3	2.83	5	0+075.4	0+080.6	5.16	0.75	
6	D	30	11	16	21.04	0+098.8	2.70	10	0+096.1	0+101.4	5.27	0.36	
7	I	11	38	19	28.11	0+126.8	1.02	10	0+125.8	0+127.8	2.03	0.05	
8	D	12	3	34	55.32	0+182.1	1.06	10	0+181.1	0+183.2	2.10	0.06	
9	I	9	47	1	17.30	0+199.4	0.86	10	0+198.5	0+200.2	1.71	0.04	
10	I	55	40	46	17.29	0+216.7	2.64	5	0+214.0	0+218.9	4.86	0.65	
11	D	20	42	26	23.92	0+240.2	1.83	10	0+238.3	0+242.0	3.61	0.17	
12	D	13	35	4	38.63	0+278.8	1.19	10	0+277.6	0+279.9	2.37	0.07	
13	I	3	47	23	58.70	0+337.4	0.33	10	0+337.1	0+337.8	0.66	0.01	
14	I	29	31	14	36.34	0+373.8	2.63	10	0+371.1	0+376.3	5.15	0.34	
15	D	16	55	39	23.89	0+397.6	1.49	10	0+396.1	0+399.0	2.95	0.11	
16	I	5	57	6	19.33	0+416.9	1.04	20	0+415.8	0+417.9	2.08	0.03	
17	D	3	0	2	39.76	0+456.6	0.52	20	0+456.1	0+457.1	1.05	0.01	
18	D	4	51	0	54.32	0+510.9	0.85	20	0+510.1	0+511.8	1.69	0.02	
19	D	13	19	19	17.72	0+528.7	1.17	10	0+527.5	0+529.8	2.33	0.07	
20	I	8	24	0	49.05	0+577.7	1.47	20	0+576.2	0+579.2	2.93	0.05	
21	D	7	37	17	18.57	0+596.3	1.33	20	0+594.9	0+597.6	2.66	0.04	
22	I	17	14	29	20.02	0+616.3	1.52	10	0+614.8	0+617.8	3.01	0.11	
23	D	11	50	51	21.32	0+637.6	1.04	10	0+636.5	0+638.6	2.07	0.05	
24	D	26	48	47	40.25	0+677.8	2.38	10	0+675.4	0+680.1	4.68	0.28	
25	I	16	43	29	19.35	0+697.1	1.47	10	0+695.6	0+698.5	2.92	0.11	
26	D	7	45	57	57.86	0+754.9	1.36	20	0+753.6	0+756.3	2.71	0.05	
27	D	29	2	25	18.84	0+773.8	2.59	10	0+771.2	0+776.2	5.07	0.33	
28	I	12	11	25	22.84	0+796.5	1.07	10	0+795.4	0+797.5	2.13	0.06	
29	I	19	37	42	20.46	0+816.9	1.73	10	0+815.2	0+818.6	3.43	0.15	
30	D	12	22	31	37.53	0+854.4	1.08	10	0+853.3	0+855.5	2.16	0.06	
31	D	39	53	48	18.69	0+873.1	3.63	10	0+869.5	0+876.4	6.96	0.64	
32	I	46	12	50	16.54	0+889.4	2.13	5	0+887.2	0+891.3	4.03	0.44	
33	I	19	37	9	4.80	0+893.9	1.73	10	0+892.2	0+895.6	3.42	0.15	
34	D	45	15	54	15.39	0+909.3	2.08	5	0+907.2	0+911.1	3.95	0.42	
35	I	28	4	36	5.00	0+914.1	2.50	10	0+911.6	0+916.5	4.90	0.31	
36	D	45	35	25	37.19	0+951.2	2.10	5	0+949.0	0+953.0	3.98	0.42	
37	I	30	18	11	21.63	0+972.6	2.71	10	0+969.9	0+975.1	5.29	0.36	
38	I	21	9	41	14.64	0+987.1	1.87	10	0+985.2	0+988.9	3.69	0.17	

MINISTERIO DE LA MUJER Y DESARROLLO SOCIAL - MINDES

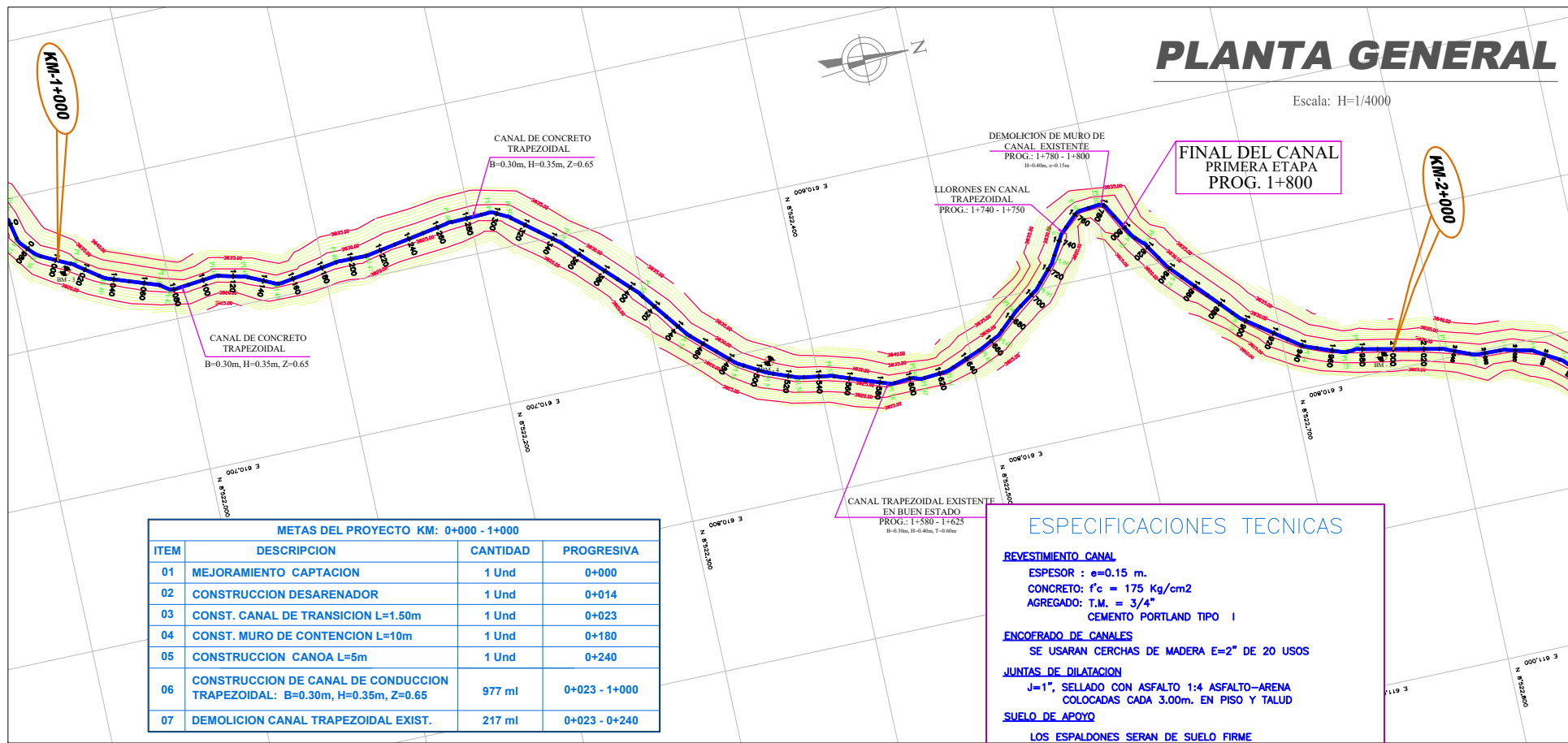
FONCODES

FONDO DE COOPERACION PARA EL DESARROLLO SOCIAL

PROYECTO: CONSTRUCCION SISTEMA DE RIEGO TARWYOCO

PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL KM: 0+000 - 1+000

LOCALIDAD: TARWYOCO
 PROYECTISTA:
 EVALUADOR:
 DISTRITO: ACOCRO
 RESERVA:
 PROVINCIA: HUAMANGA
 ESCALA:
 DEPARTAMENTO: AYACUCHO
 INDICADA
 FECHA:
 LAMINA N°:
Pp-01
 REVISOR:



PROGRESIVA	CARACTERISTICAS HIDRAULICAS											CARACT. GEOMETRICAS					
	INICIO	FINAL	Q (m³/s)	n	y (m)	A (m²)	T (m)	F	p (m)	R (m)	v (m/s)	E (m-Kg/Kg)	TIPO FLUJO	b (m)	Z (-)	H (m)	TIPO CANAL
0+000	0+023	0.080	0.014	0.109	0.055	0.500	1.412	1.412	0.719	0.076	1.462	0.218	Supercritico	0.50	-	0.40	I
0+023	0+040	0.080	0.014	0.133	0.051	0.473	1.504	0.618	0.083	1.554	0.256	Supercritico	0.30	0.65	0.35	II	
0+040	0+080	0.080	0.014	0.089	0.032	0.416	2.891	0.513	0.062	2.508	0.410	Supercritico	0.30	0.65	0.35	II	
0+080	0+160	0.080	0.014	0.154	0.061	0.500	1.187	0.666	0.092	1.303	0.240	Supercritico	0.30	0.65	0.35	II	
0+160	0+320	0.080	0.014	0.167	0.068	0.517	1.032	0.698	0.098	1.173	0.237	Supercritico	0.30	0.65	0.35	II	
0+320	0+500	0.080	0.014	0.222	0.099	0.589	0.632	0.830	0.119	0.810	0.256	Subcritico	0.30	0.65	0.35	II	
0+500	0+560	0.080	0.014	0.239	0.109	0.610	0.557	0.869	0.125	0.736	0.266	Subcritico	0.30	0.65	0.35	II	
0+560	0+640	0.080	0.014	0.263	0.124	0.642	0.470	0.927	0.134	0.646	0.284	Subcritico	0.30	0.65	0.35	II	
0+660	1+800	0.080	0.014	0.235	0.106	0.605	0.573	0.860	0.124	0.752	0.264	Subcritico	0.30	0.65	0.35	II	

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PROGRESIVA
01	MEJORAMIENTO CAPTACION	1 Und	0+000
02	CONSTRUCCION DESARENADOR	1 Und	0+014
03	CONST. CANAL DE TRANSICION L=1.50m	1 Und	0+023
04	CONST. MURO DE CONTENCIÓN L=10m	1 Und	0+180
05	CONSTRUCCION CANOA L=5m	1 Und	0+240
06	CONSTRUCCION DE CANAL DE CONDUCCION TRAPEZOIDAL: B=0.30m, H=0.35m, Z=0.65	977 ml	0+023 - 1+000
07	DEMOLICION CANAL TRAPEZOIDAL EXIST.	217 ml	0+023 - 0+240

ESPECIFICACIONES TECNICAS

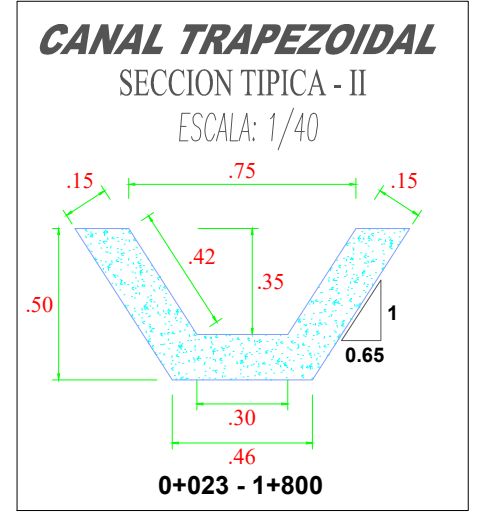
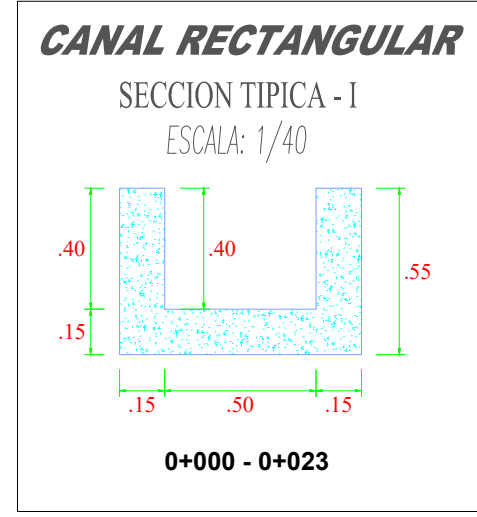
REVESTIMIENTO CANAL
 ESPESOR : e=0.15 m.
 CONCRETO: f'c = 175 Kg/cm²
 AGREGADO: T.M. = 3/4"
 CEMENTO PORTLAND TIPO I

ENCUADRO DE CAÑALES
 SE USARAN CERCHAS DE MADERA E=2" DE 20 USOS

JUNTAS DE DILATACION
 J=1", SELLADO CON ASFALTO 1:4 ASFALTO-ARENA COLOCADAS CADA 3.00m. EN PISO Y TALUD

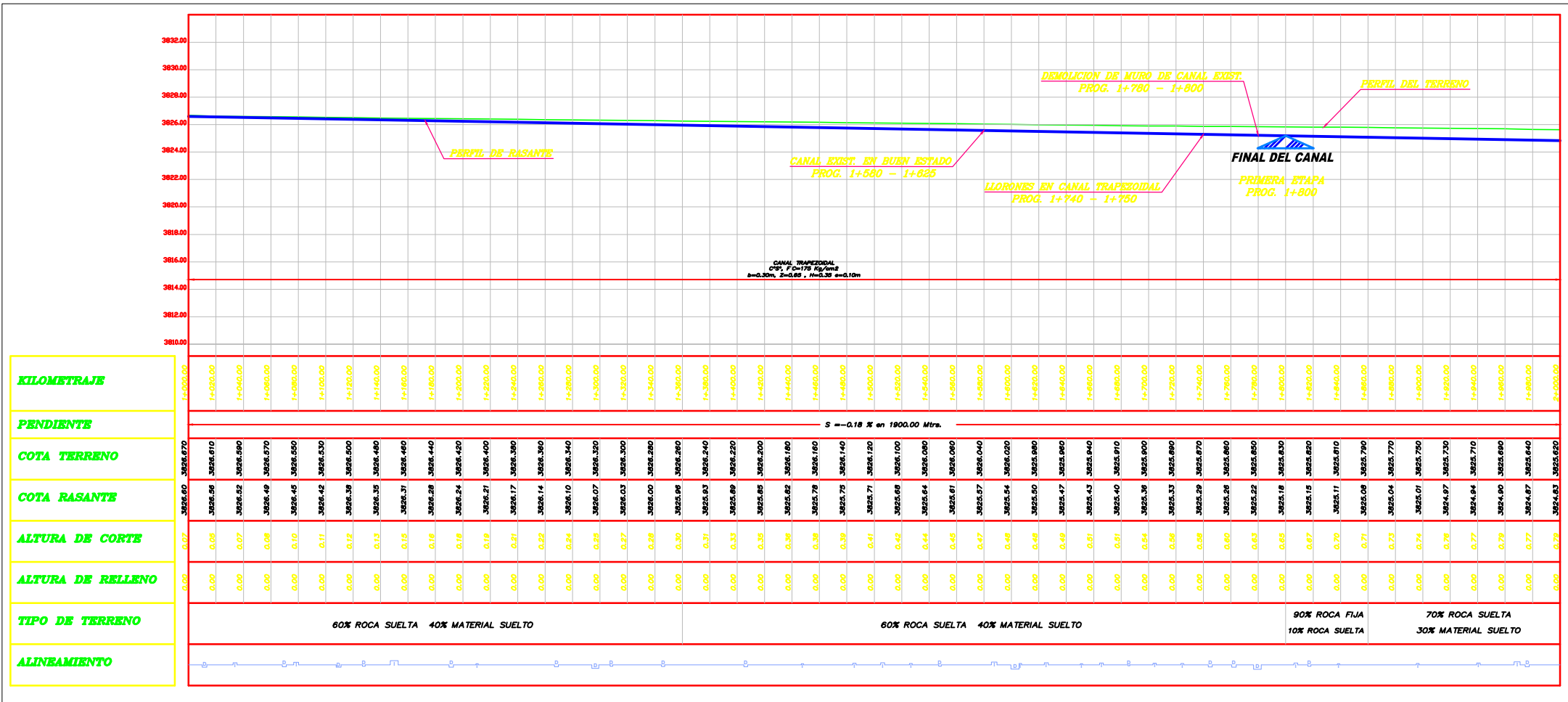
SUELO DE APOYO
 LOS ESPALDONES SERAN DE SUELO FIRME (CONGLOMERADO, ROCA SUELTA O ROCA DURA)

NOTA:
 CUALQUIER CAMBIO O MODIFICACION DE LOS PLANOS Y DISEÑOS, SERA DE ENTERA RESPONSABILIDAD DEL EJECUTOR.



PERFIL LONGITUDINAL

Escala: H=1/4000
 V=1/400



ELEMENTOS DE CURVA

Nº PI	SENT	ANGULO			DIST	PI	T	R	PC	PT	LC	E
		G°	M'	S"								
39	D	9	16	21	24.60	1+011.6	1.62	20	1+010.0	1+013.2	3.24	0.07
40	I	16	23	51	22.20	1+033.8	1.44	10	1+032.4	1+035.2	2.86	0.10
41	D	16	5	52	36.06	1+069.9	1.41	10	1+068.4	1+071.3	2.81	0.10
42	I	41	3	55	8.60	1+078.4	1.87	5	1+076.6	1+080.2	3.58	0.34
43	D	19	39	0	31.15	1+109.4	1.73	10	1+107.7	1+111.1	3.43	0.15
44	D	11	9	4	18.43	1+127.8	0.98	10	1+126.8	1+128.8	1.95	0.05
45	I	33	52	27	22.26	1+150.1	3.05	10	1+147.0	1+152.9	5.91	0.45
46	D	9	16	55	41.62	1+191.5	1.62	20	1+189.9	1+193.1	3.24	0.07
47	I	10	17	31	18.85	1+210.4	0.90	10	1+209.5	1+211.3	1.80	0.04
48	D	7	55	43	57.80	1+268.2	1.39	20	1+266.8	1+269.5	2.77	0.05
49	D	29	7	52	28.46	1+296.6	2.60	10	1+294.0	1+299.1	5.08	0.33
50	D	10	56	16	11.90	1+308.4	0.96	10	1+307.4	1+309.4	1.91	0.05
51	D	6	41	35	37.55	1+346.0	1.17	20	1+344.8	1+347.1	2.34	0.03
52	D	7	51	12	60.27	1+406.2	1.37	20	1+404.9	1+407.6	2.74	0.05
53	I	10	14	45	41.40	1+447.6	0.90	10	1+446.7	1+448.5	1.79	0.04
54	I	13	22	49	38.00	1+485.6	1.17	10	1+484.4	1+486.8	2.34	0.07
55	I	8	24	34	38.00	1+506.0	1.47	20	1+504.6	1+507.5	2.94	0.05
56	I	11	36	33	20.40	1+526.6	1.02	10	1+525.6	1+527.6	2.03	0.05
57	D	10	48	2	20.55	1+547.9	0.95	10	1+546.9	1+548.8	1.89	0.04
58	I	23	37	16	21.28	1+587.5	2.09	10	1+585.4	1+589.5	4.12	0.22
59	D	33	24	56	39.67	1+602.7	3.00	10	1+599.7	1+605.5	5.83	0.44
60	I	34	17	39	15.41	1+606.6	0.93	3	1+605.6	1+607.4	1.80	0.14
61	I	16	23	23	3.91	1+625.4	1.44	10	1+624.0	1+626.9	2.86	0.10
62	I	4	59	41	18.90	1+651.1	0.87	20	1+650.2	1+652.0	1.74	0.02
63	I	15	48	50	25.68	1+665.7	1.39	10	1+664.3	1+667.1	2.76	0.10
64	D	7	36	2	14.58	1+685.7	0.66	10	1+685.0	1+686.4	1.33	0.02
65	I	13	17	55	20.00	1+704.5	1.17	10	1+703.3	1+705.6	2.32	0.07
66	I	11	57	6	18.81	1+724.6	1.05	10	1+723.5	1+725.6	2.09	0.05
67	D	16	39	0	20.06	1+745.0	1.46	10	1+743.5	1+746.4	2.91	0.11
68	D	37	30	38	20.43	1+762.3	1.70	5	1+760.6	1+763.9	3.27	0.28
69	D	65	1	27	17.51	1+779.7	3.19	5	1+776.5	1+782.2	5.67	0.93

MINISTERIO DE LA MUJER Y DESARROLLO SOCIAL - MINDES

FONCODES

FONDO DE COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO SOCIAL

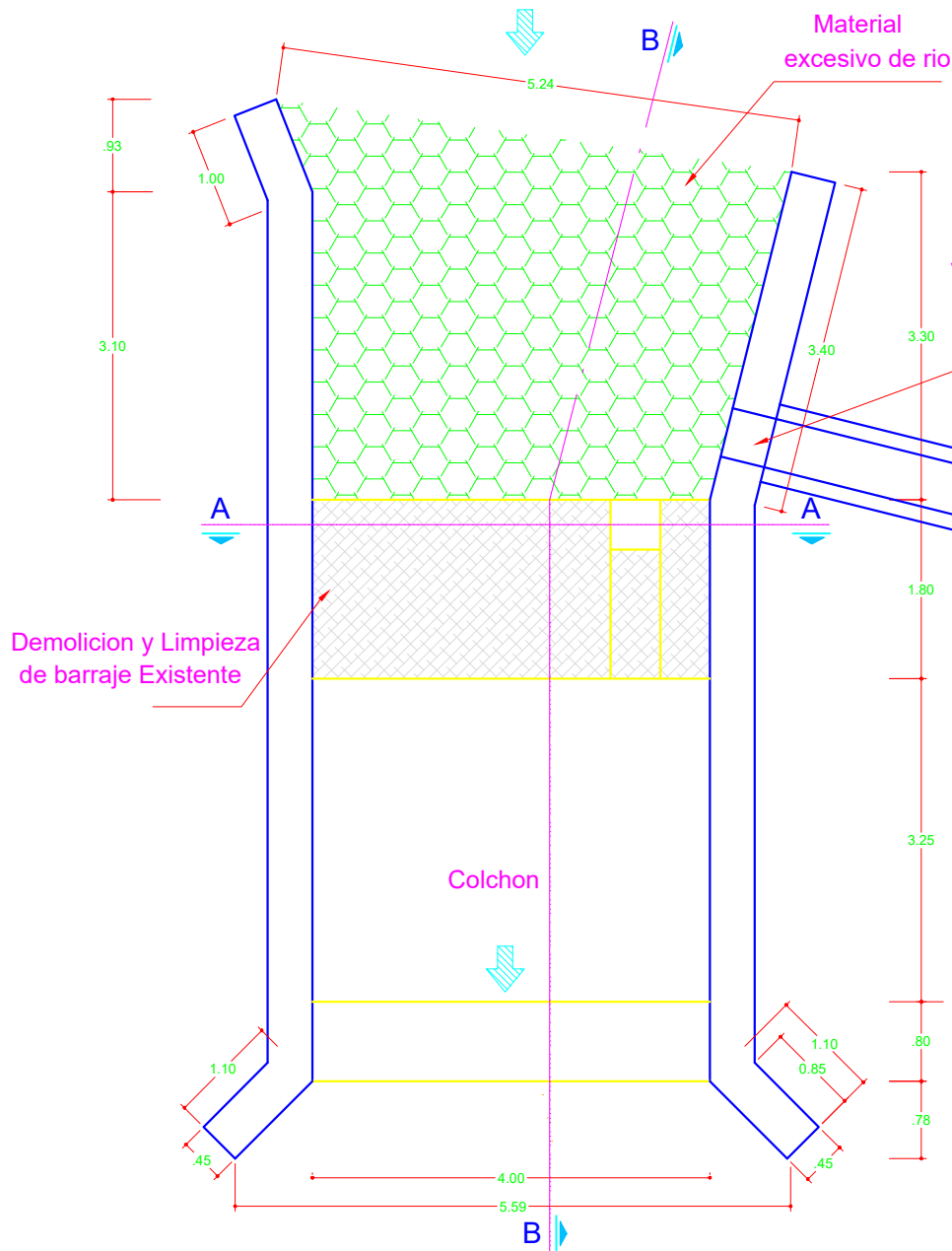
PROYECTO: CONSTRUCCION SISTEMA DE RIEGO TARWYOCC

PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL KM: 1+000 - 2+000

LOCALIDAD: TARWYOCC	PROYECTISTA:	LANDINA N°:
DISTRITO: ACOCRO	EVALUADOR:	Pp-02
PROVINCIA: HUAMANGA	REVISOR:	
DEPARTAMENTO: AYACUCHO	ESCALA: INDICADA	FECHA:
		REVISOR:

Escala : 1/75

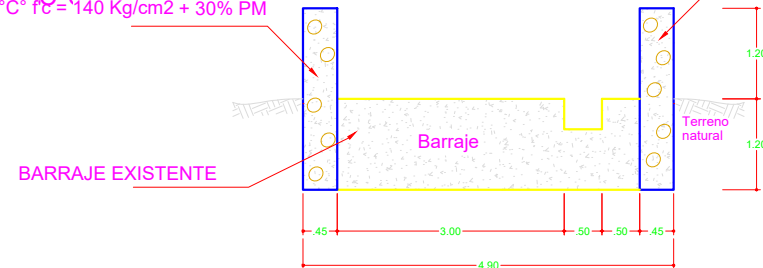
CAUCE DE RIO



PLANTA : REHABILITACION DE BOCATOMA EXISTENTE

Mur Muros de encauzamiento existentes $C^{\circ}C^{\circ} f_c = 140 \text{ Kg/cm}^2 + 30\% \text{ PM}$

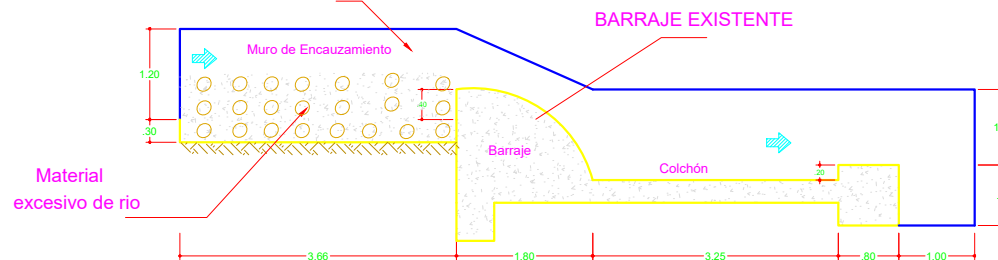
Muros de encauzamiento existentes $C^{\circ}C^{\circ} f_c = 140 \text{ Kg/cm}^2 + 30\% \text{ PM}$



CORTE: A - A

Escala : 1/100

Muros de encauzamiento existentes $C^{\circ}C^{\circ} f_c = 140 \text{ Kg/cm}^2 + 30\% \text{ PM}$

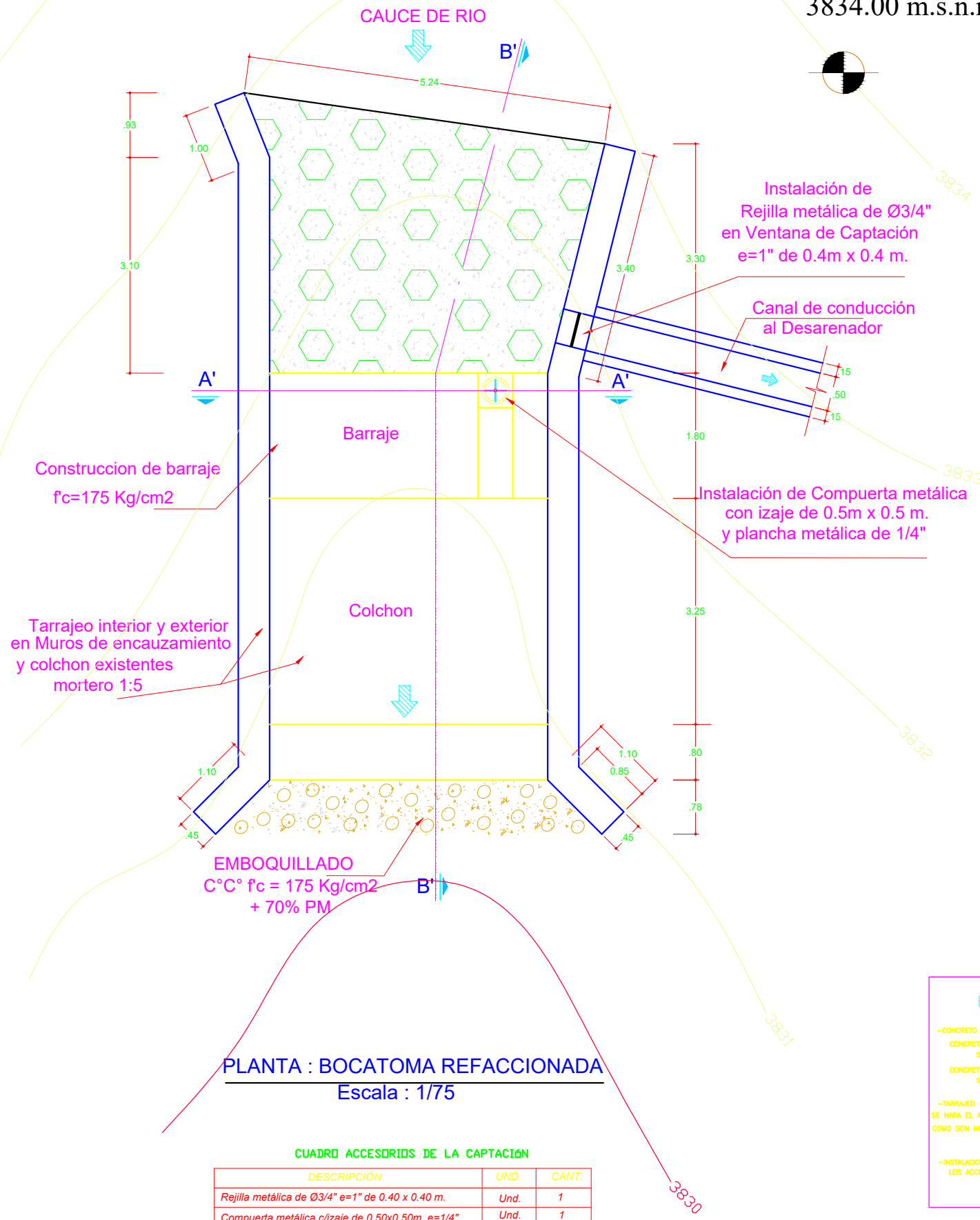
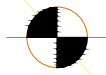


CORTE: B - B

Escala : 1/100

 MINISTERIO DE LA MUJER Y DESARROLLO SOCIAL - MIMDES FONCODES FONDO DE COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO SOCIAL			
PROYECTO: CONSTRUCCION SISTEMA DE RIEGO TARWIYOCC			
PLANO: BOCATOMA EXISTENTE			
LOCALIDAD: TARWIYOCC	PROYECTISTA:	LAMINA N°:	
DISTRITO: ACOURO	EVALUADOR:	B-01	
PROVINCIA: HUAMANGA	DESENÑO:	ESCALA:	FECHA:
DEPARTAMENTO: AYACUCHO	INDICADA		DEBUIJO:

BM - 1
3834.00 m.s.n.m.



CUADRO ACCESORIOS DE LA CAPTACIÓN

DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.
Rejilla metálica de Ø3/4" e=1" de 0.40 x 0.40 m.	Und.	1
Compuerta metálica c/izaje de 0.50x0.50m, e=1/4"	Und.	1

ESPECIFICACIONES TECNICAS

-CONCRETO SIMPLE:
CONCRETO f'c=175 KG/CM²
SE USARA EN LAS ESTRUCTURAS: BARRAJE

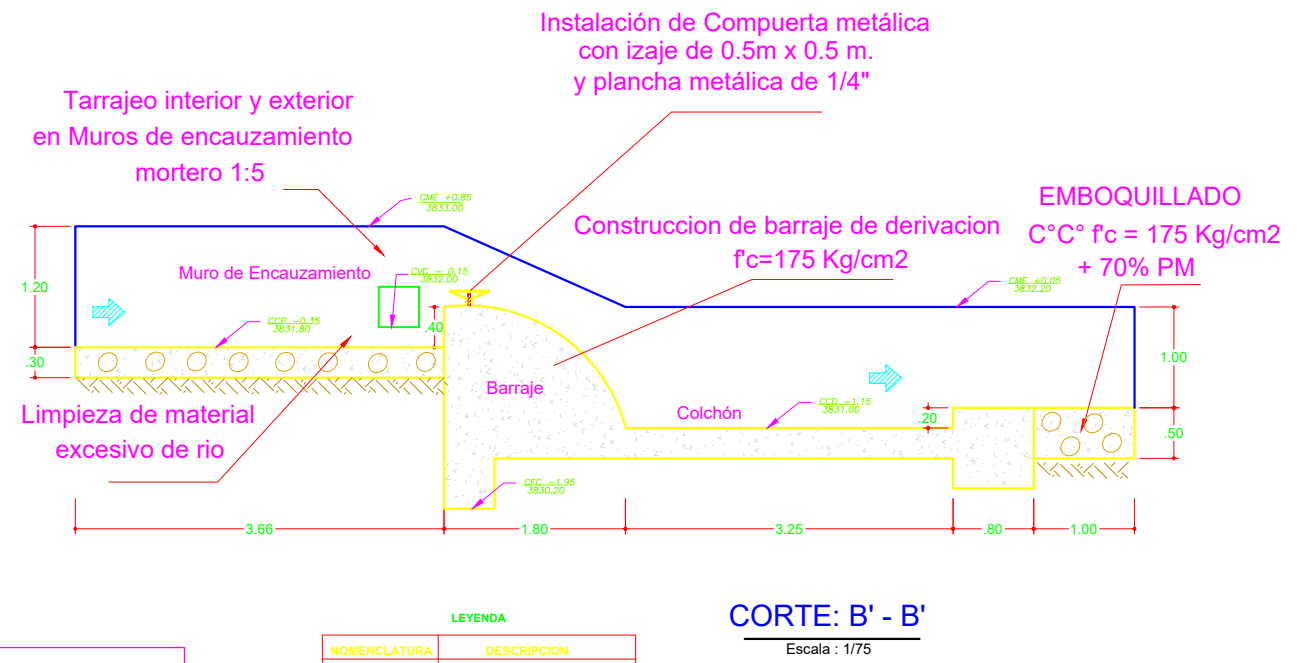
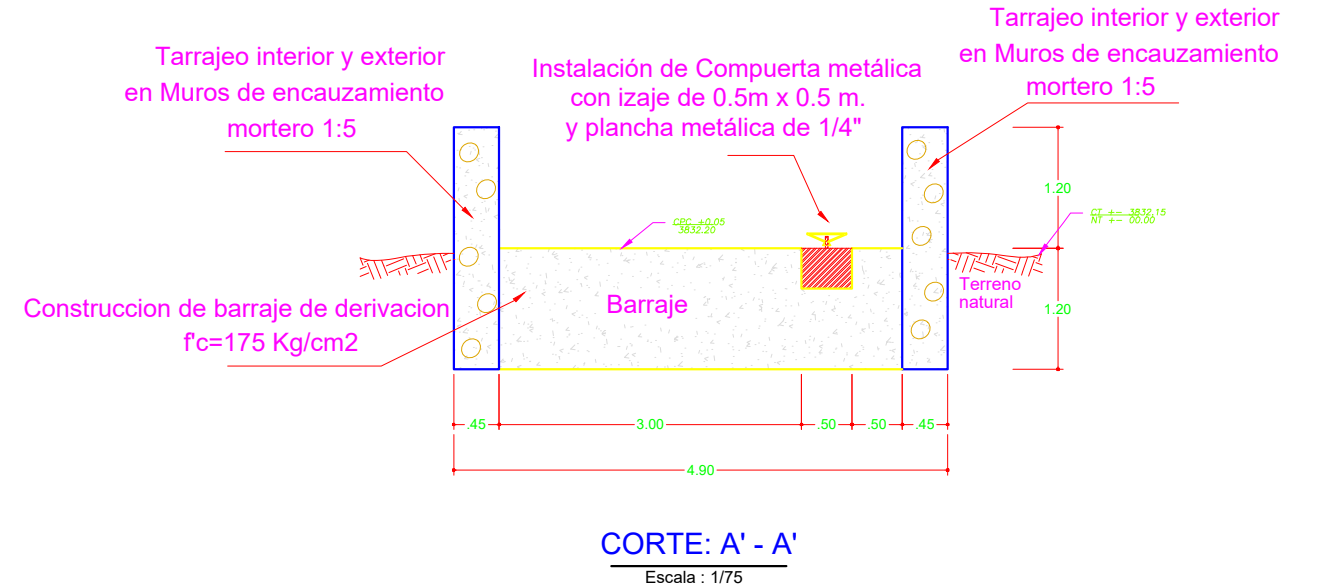
CONCRETO f'c=175 KG/CM² + 70% PM
SE USARA EN LAS ESTRUCTURAS: EMBOQUILLADO DE PROTECCION

-TARRAJEO (MORTERO 1:5)
SE HARA EL ACABADO DE LAS CARAS INTERIORES Y EXTERIORES DE LAS ESTRUCTURAS COMO SON MUROS DE ENCAUZAMIENTO, BARRAJE REFACCIONADO, COLCHON

-INSTALACION DE ACCESORIOS
LOS ACCESORIOS SE COLOCARAN DE ACUERDO A LO INDICADO EN LOS PLANOS

LEYENDA

NOMENCLATURA	DESCRIPCION
C.T.	Cota de terreno
N.T.	Nivel de terreno
C.C.D.	Cota de colchón delantero
C.C.P.	Cota de colchón posterior
C.P.C	Cota de perfil de creager
C.F.C.	Cota fondo de cimentación
C.M.C	Cota de muro de contención
C.V.C	Cota de ventana de captación



MINISTERIO DE LA MUJER Y DESARROLLO SOCIAL - MIMDES

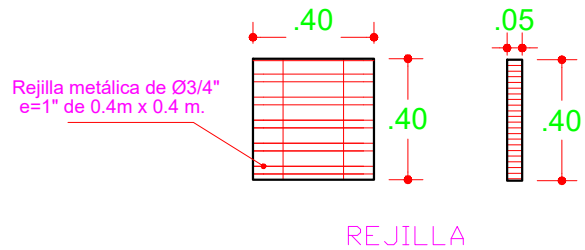
FONCODES

FONDO DE COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO SOCIAL

PROYECTO: CONSTRUCCION SISTEMA DE RIEGO TARWIYOCC

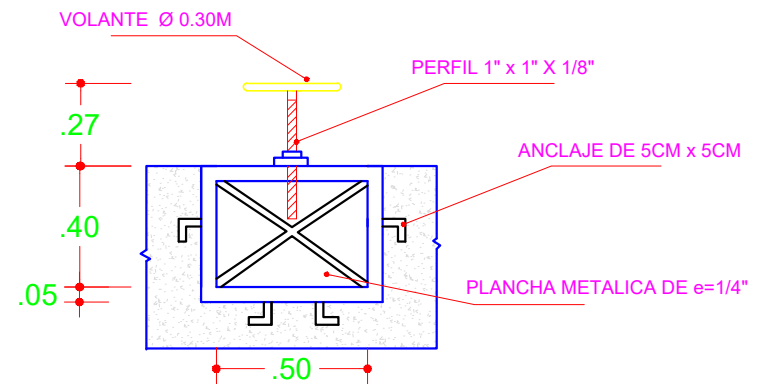
PLANO: BOCATOMA REFACCIONADA

LOCALIDAD: TARWIYOCC	PROYECTISTA:	LANDINA N°:
DISTRITO: ACOURO	EVALUADOR:	B-02
PROVINCIA: HUAMANGA	DESEÑO:	
DEPARTAMENTO: AYACUCHO	ESCALA: INDICADA	FECHA:



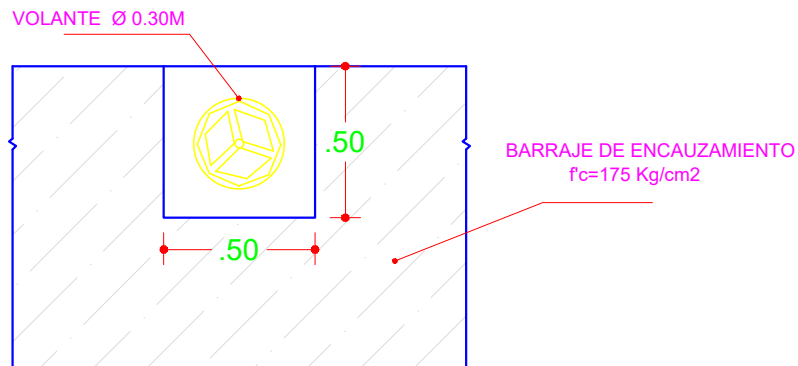
DETALLE DE REJILLA

Escala : 1/25



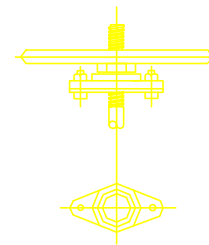
COMPUERTA

Escala : 1/25



VISTA EN PLANTA

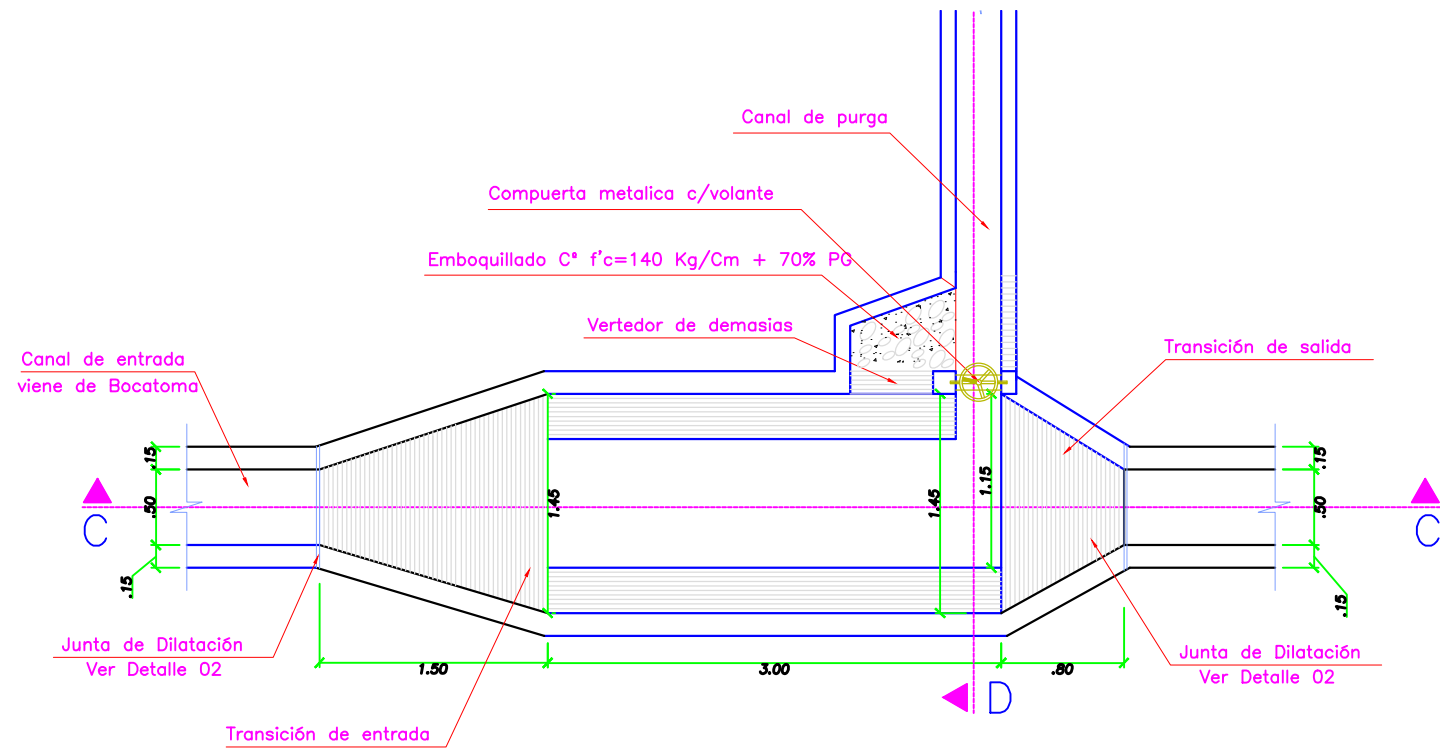
Escala : 1/25



DETALLE DE COMPUERTA

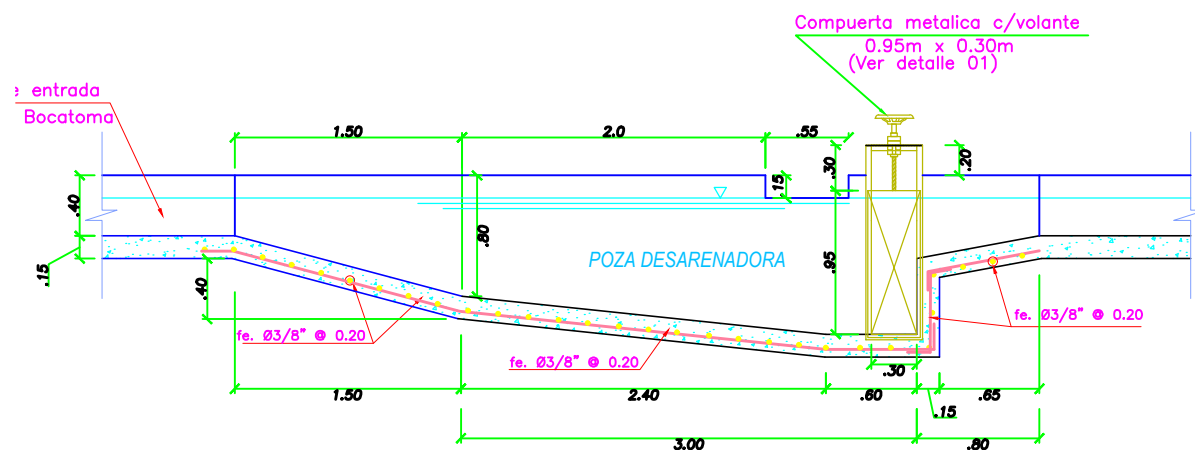
Escala : 1/25

		MINISTERIO DE LA MUJER Y DESARROLLO SOCIAL - MIMDES FONCODES FONDO DE COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO SOCIAL	
		PROYECTO: CONSTRUCCION SISTEMA DE RIEGO TARWIYOCC	PLANO: COMPUERTA Y REJILLA METÁLICA
LOCALIDAD: TARWIYOCC	PROYECTISTA: EVALUADOR:	LÁMINA N°: B-03	
DISTRITO: ACOCRO	DISEÑO:		
PROVINCIA: HUAMANGA	ESCALA: INDICADA	FECHA:	DIBUJO:
DEPARTAMENTO: AYACUCHO			



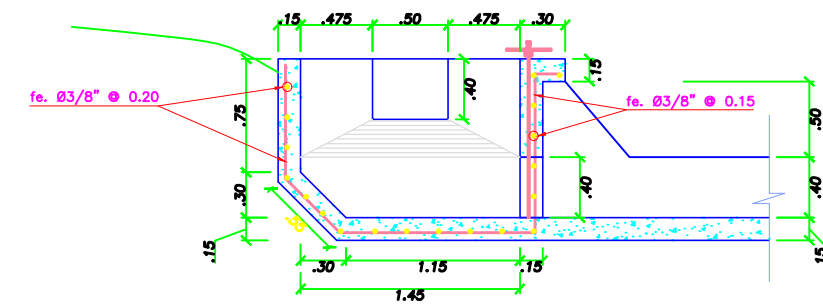
PLANTA: DESARENADOR

Esc. 1:50



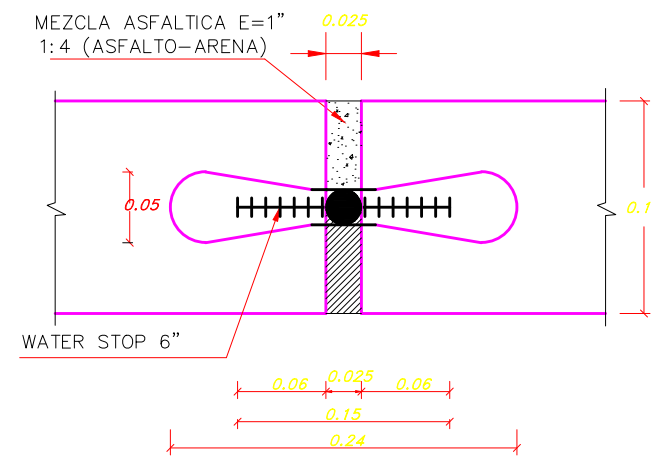
CORTE C-C

Esc. 1:50



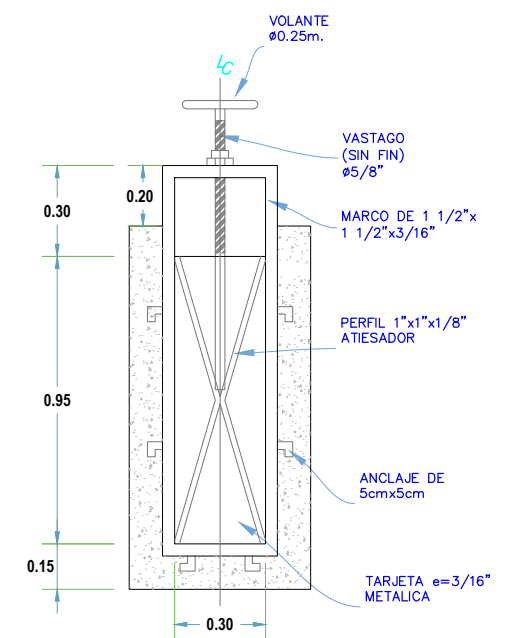
CORTE D-D

Esc. 1:50



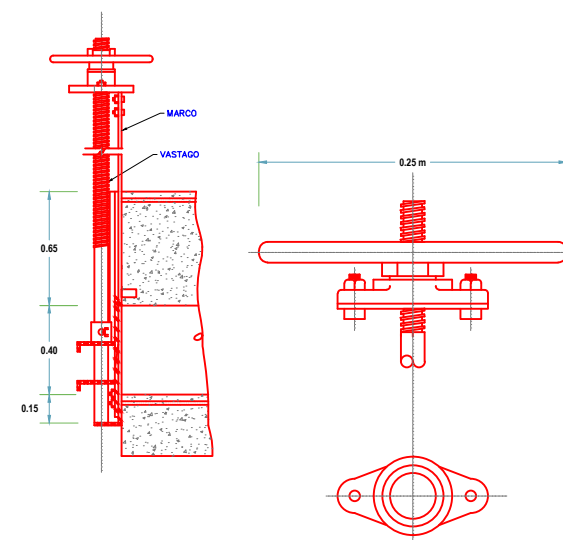
DETALLE 02 JUNTA DE DILATACION

Esc. 1/5



COMPUERTA

Esc. 1:25



DETALLE 01 COMPUERTA

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO SIMPLE:
BASE : f'c=100 Kg/cm²

CONCRETO ARMADO: f'c=175Kg/cm²
fy = 4,200 Kg/cm² Grado 60

AGREGADO:
T.M. = 1/2" (En encuentros)
T.M. = 3/4" (Sin congestión de acero)

RECUBRIMIENTO : 4 cm.
CEMENTO PORTLAND TIPO 1
** Los Agregados para el diseño de mezclas deberán ser limpios y libre de impurezas

DESENCOFERADOS
LADOS(Muros) 24 HORAS

TARRAJEADO CON IMPERMEABILIZANTES
SE USARA IMPERMEABILIZANTE SIKKA O SIMILAR

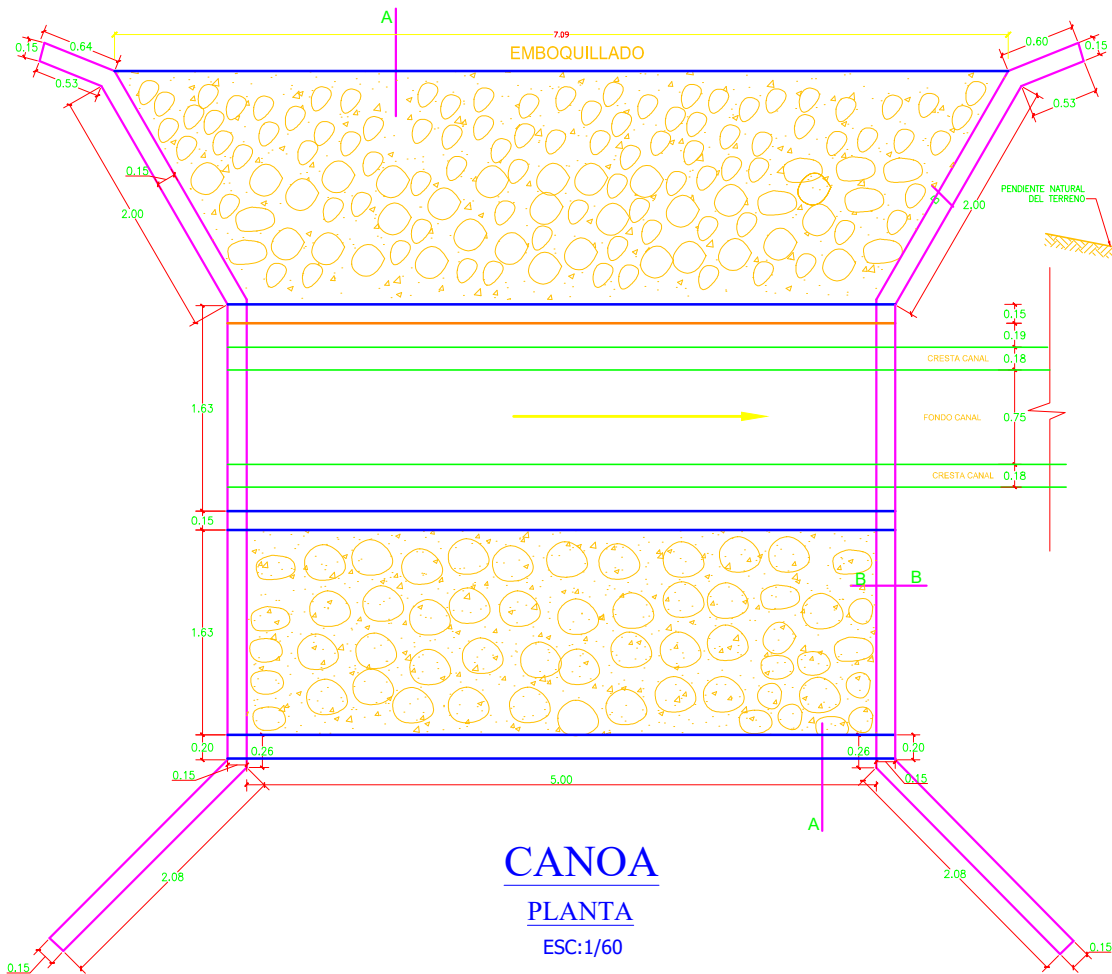
JUNTAS
SE COLOCARA JUNTAS e=1" SELLADA CON MEZCLA ASFALTICA 1:4, Y JUNTA WATER STOP 6", EN EL INICIO Y FINAL DEL DESARENADOR

ESFUERZOS
ESFUERZO DEL TERRENO: 1.80 Kg./cm² Verificar en Obra.

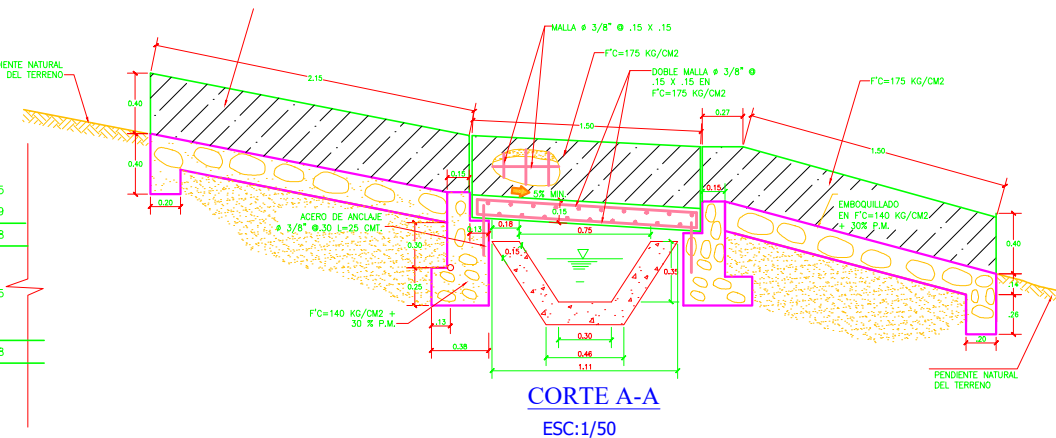
TRASLAPES Y ANCLAJES MINIMOS
3/8" 1/2"
TRASLAPE 40 cm 55 cm
ANCLAJE 30 cm 40 cm

NOTA:
CUALQUIER CAMBIO O MODIFICACION DE LOS PLANOS Y DISEROS, SERA DE ENTERA RESPONSABILIDAD DEL EJECUTOR.

 MINISTERIO DE LA MUJER Y DESARROLLO SOCIAL - MIMDES FONCODES FONDO DE COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO SOCIAL			
PROYECTO: CONSTRUCCION SISTEMA DE RIEGO TARWYUCC			
PLANO: DESARENADOR			
LOCALIDAD: TARWYUCC	PROYECTISTA:	LÁMINA N°:	
DISTRITO: ACOCHO	EVALUADOR:	D-01	
PROVINCIA: HUAMANGA	DISEÑO:		
DEPARTAMENTO: AYACUCHO	ESCALA: INDICADA	FECHA:	REVISOR:

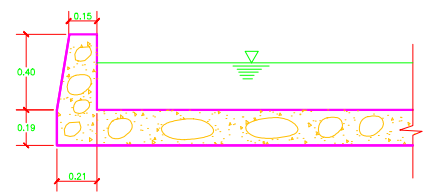


CANOA
PLANTA
ESC:1/60

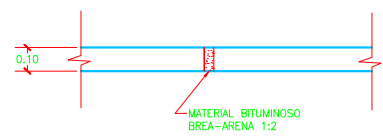


CORTE A-A
ESC:1/50

CORTE B-B
ESC:1/40



JUNTAS DE CONSTRUCCION TRANSVERSAL
SE COLOCAN CADA 3.5 M LINEALES
Y LOS PAÑOS (JUNTAS DE CONSTRUCCION)
DEBERAN COINCIDIR



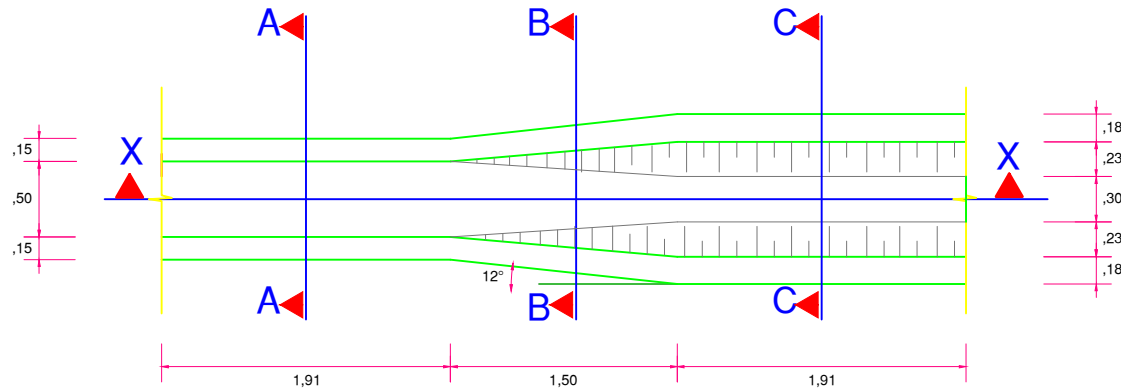
ESPECIFICACIONES TECNICAS

- CONCRETO SIMPLE:
CONCRETO F'C=100 KG/CM2
SE USARA EN LAS ESTRUCTURAS: SOLADOS Y SUB BASES
CONCRETO F'C=140 KG/CM2 + 30% PM
SE USARA EN LAS ESTRUCTURAS: PAREDES DE LA CANOA
- CONCRETO ARMADO:
CONCRETO F'C=175 KG/CM2
SE USARA EN LAS ESTRUCTURAS: LOSA (SCORELLA)
ACERO F'Y=4200 KG/CM2
SE USARA PARA EL REFUERZO DE LA LOSA
- TARRAJEO EN EXTERIORES CON CEMENTO ARENA (MORTERO 1:5)
SE HARA EL ENLUCIDO DE LAS CARAS EXTERIORES DE LAS ESTRUCTURAS

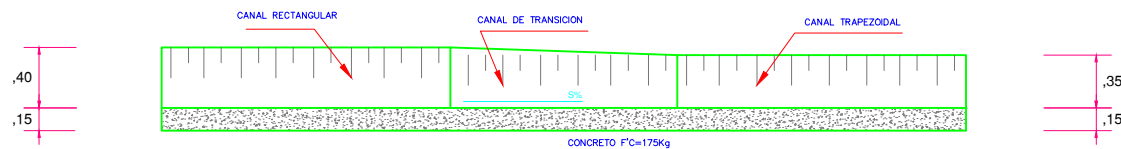
 MINISTERIO DE LA MUJER Y DESARROLLO SOCIAL - MIMDES FONCODES FONDO DE COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO SOCIAL				
PROYECTO: CONSTRUCCION SISTEMA DE RIEGO TARWIYOCC				
PLANO: CANOA				
LOCALIDAD:	TARWIYOCC	PROYECTISTA:		
DISTRITO:	ACOCRO	EVALUADOR:		
PROVINCIA:	HUAMANGA	DESENÑO:		
DEPARTAMENTO:	AYACUCHO	ESCALA:	INDICADA	FECHA:
			LAMINA N°:	Ca-01
			DEBUJO:	

CANAL DE TRANSICION

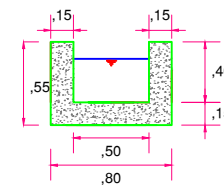
PLANTA
ESCALA : 1/50



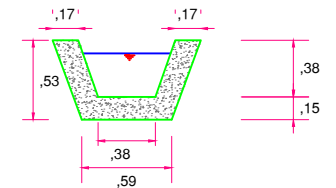
CORTE X-X
ESCALA : 1/50



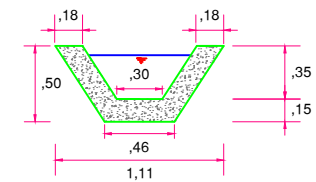
CORTE A-A
ESCALA : 1/50



CORTE B-B
ESCALA : 1/50



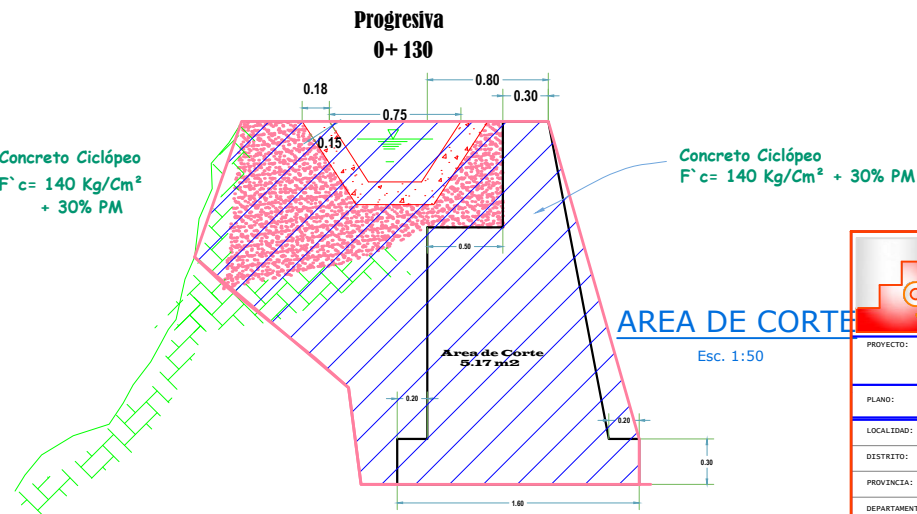
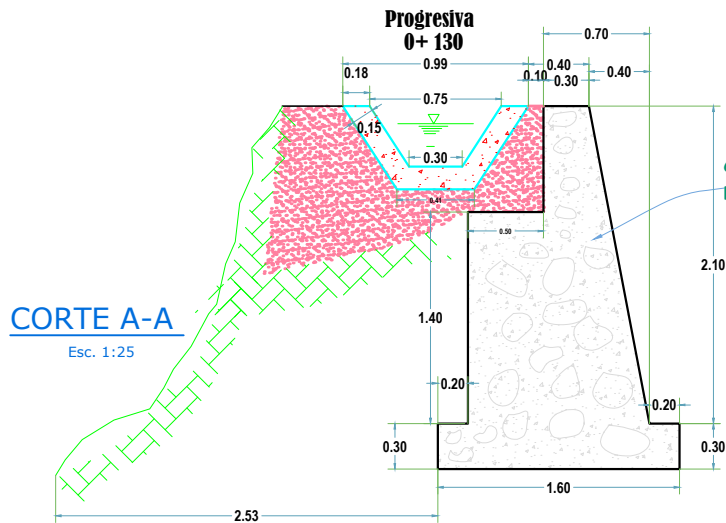
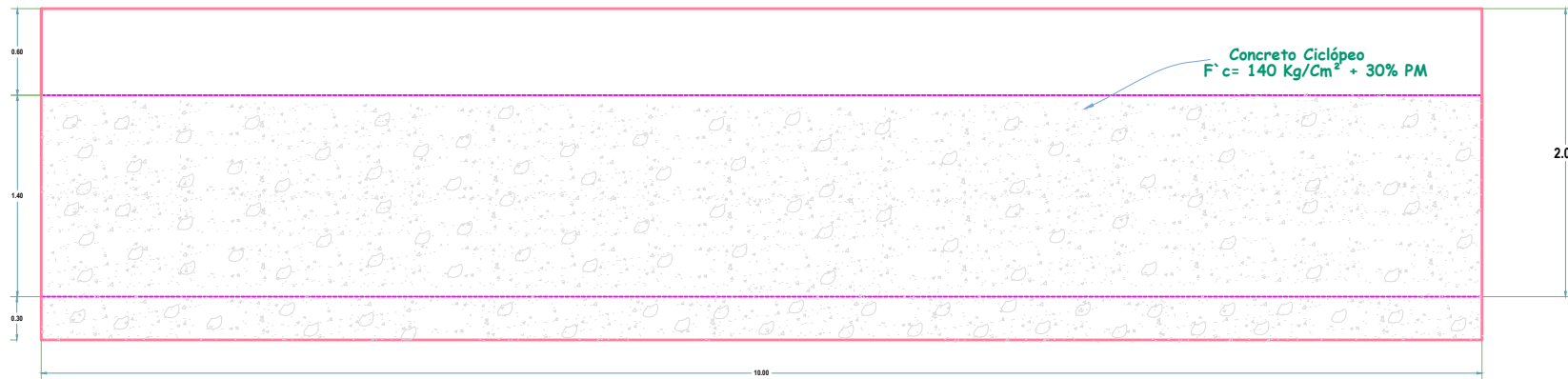
CORTE C-C
ESCALA : 1/25



		MINISTERIO DE LA MUJER Y DESARROLLO SOCIAL - MIMDES	
		FONCODES	
		FONDO DE COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO SOCIAL	
PROYECTO: CONSTRUCCION SISTEMA DE RIEGO TARWIYOCC			
PLANO: CANAL DE TRANSICION L=1.5M			
LOCALIDAD: TARWIYOCC	PROYECTISTA:	LAMINA N°:	
DISTRITO: ACOCRO	EVALUADOR:	C-01	
PROVINCIA: HUAMANGA	DESENHO:		
DEPARTAMENTO: AYACUCHO	ESCALA: INDICADA	FECHA:	DEBUDO:

PLANTA: MURO DE CONTENCIÓN L=10m

Esc. 1:50



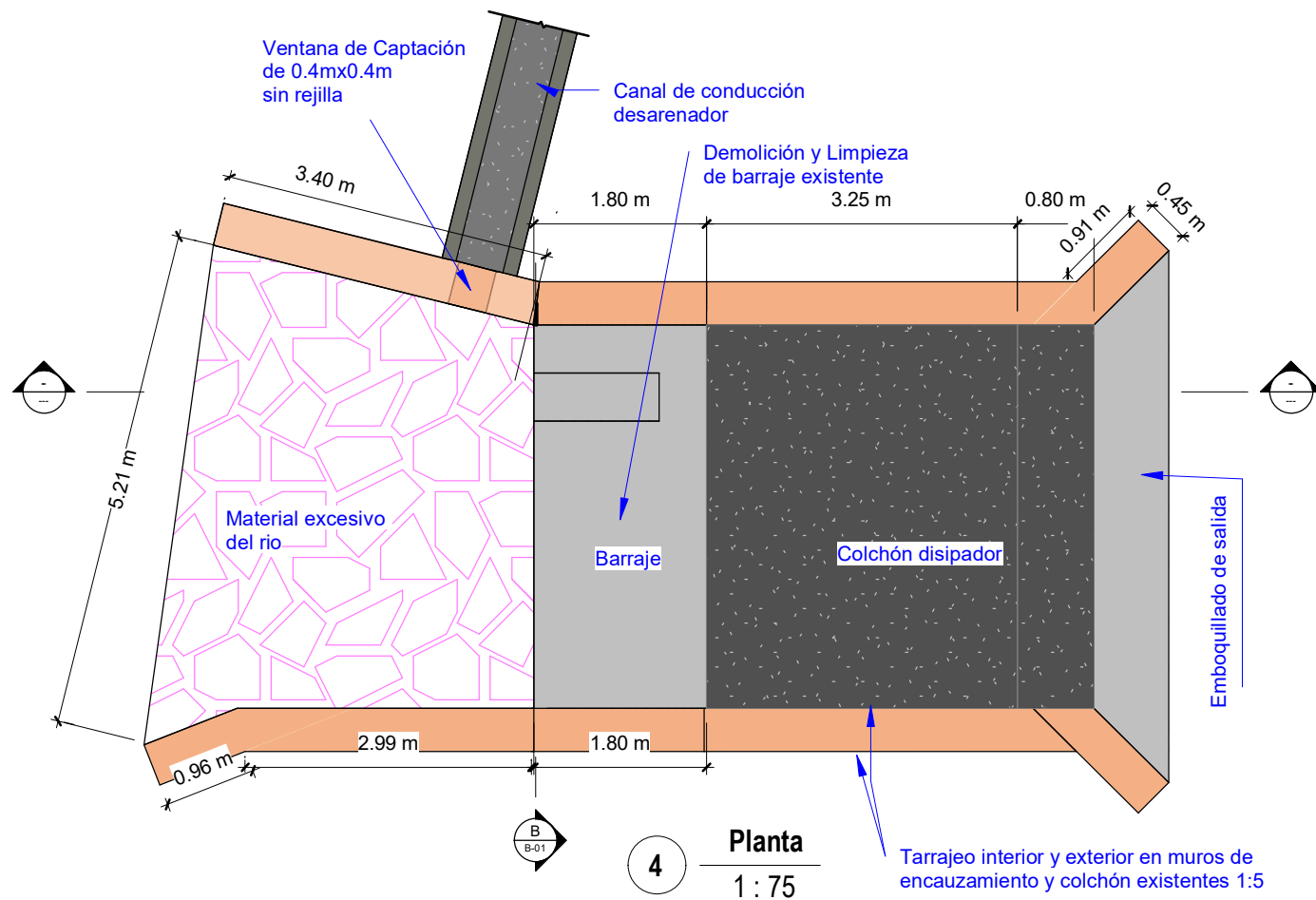
ESPECIFICACIONES TECNICAS

- CONCRETO SIMPLE:
- CONCRETO $F'c=100 \text{ KG/CM}^2$
- SE USARA EN LAS ESTRUCTURAS: SOLADOS, SUB BASES
- CONCRETO $F'c=140 \text{ KG/CM}^2 + 30\% \text{ PM}$
- SE USARA EN LAS ESTRUCTURAS: MURO DE CONTENCIÓN

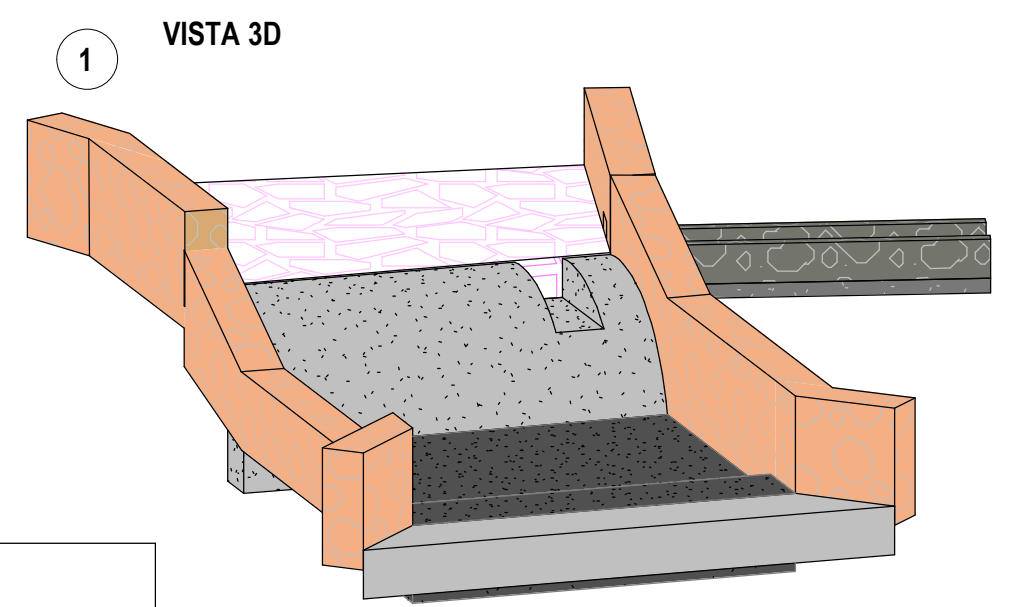
 MINISTERIO DE LA MUJER Y DESARROLLO SOCIAL - MIMDES FONCODES FONDO DE COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO SOCIAL			
PROYECTO: CONSTRUCCION SISTEMA DE RIEGO TARWIYOCC			
PLANO: MURO DE CONTENCIÓN			
LOCALIDAD: TARWIYOCC	PROYECTISTA:	LAMINA N°:	
DISTRITO: ACOCRO	EVALUADOR:	M_c-01	
PROVINCIA: HUAMANGA	DESENÑO:	ESCALA:	FECHA:
DEPARTAMENTO: AYACUCHO	INDICADA		DEBUJO:

Anexo 2: Planos BIM

- Plano Bocatoma existente
- Plano Bocatoma refaccionada
- Plano Compuerta y rejilla metálica
- Plano Desarenador
- Plano Canoa
- Plano Transición
- Plano Muro de contención



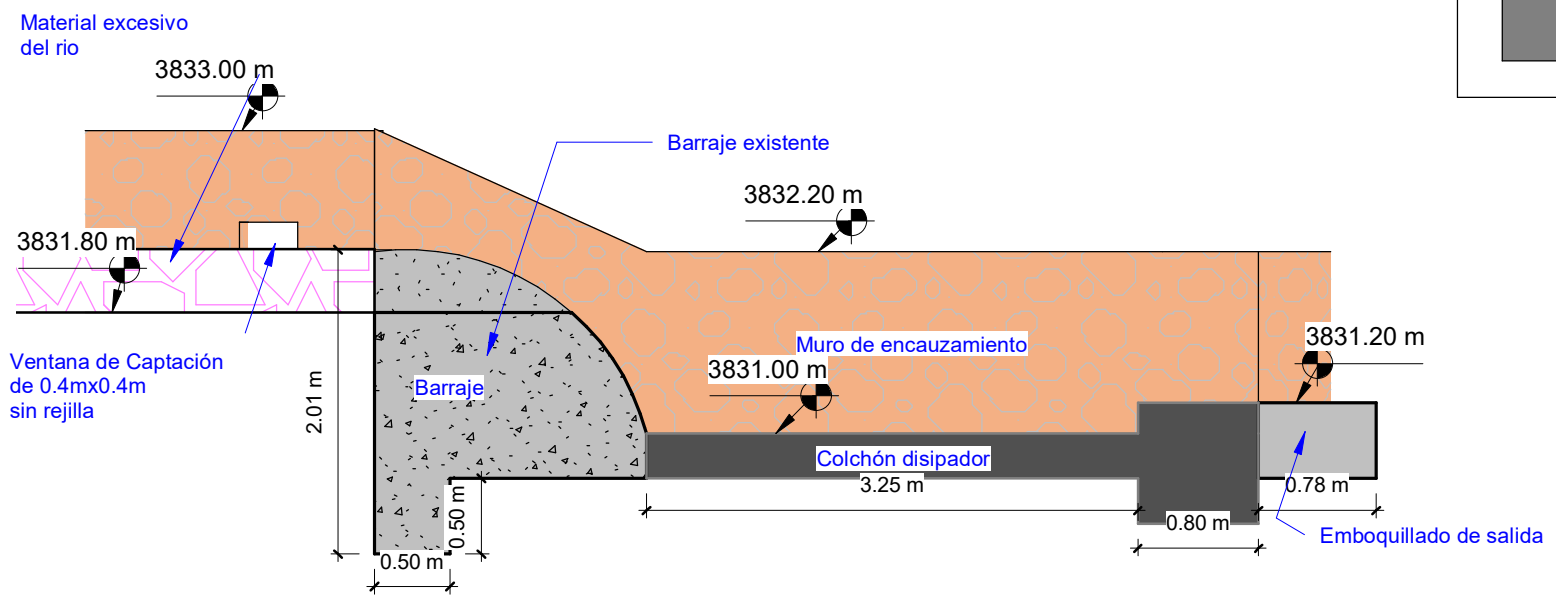
4 **Planta**
1 : 75
Tarrajeo interior y exterior en muros de encauzamiento y colchón existentes 1:5



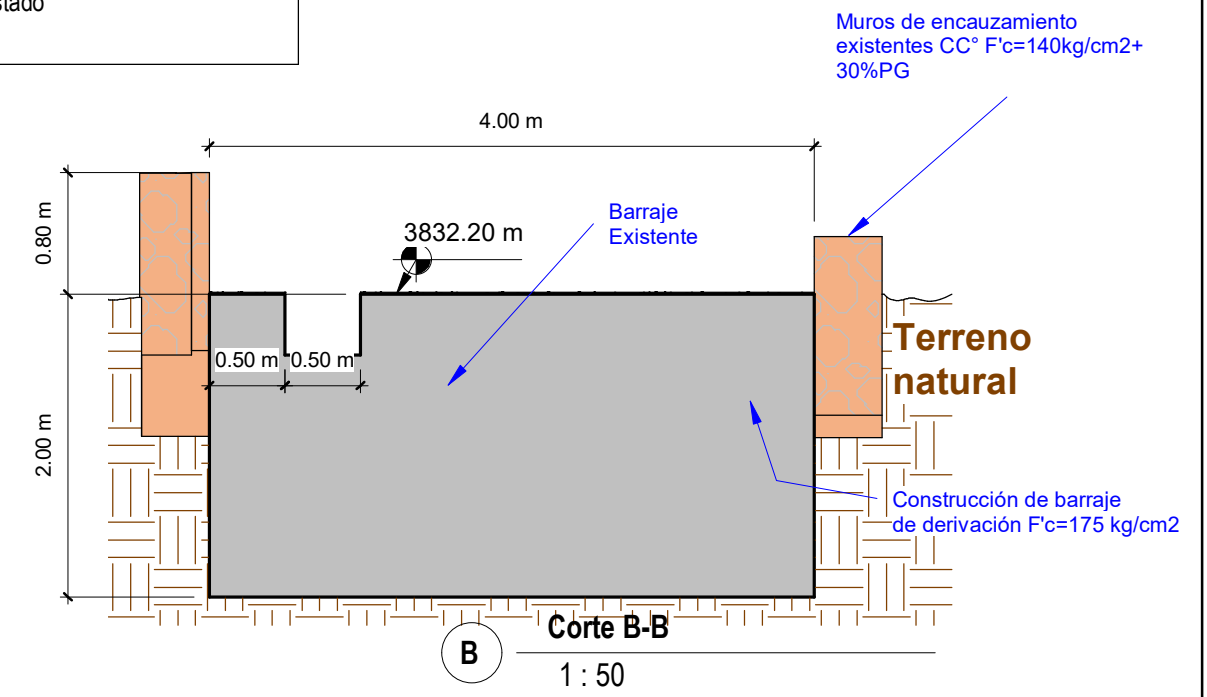
1 **VISTA 3D**

Legenda

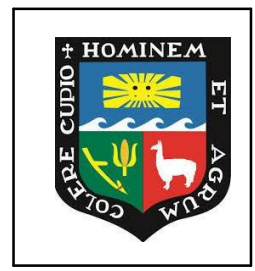
- Estructuras que necesitan refacción
- Estructuras existentes en mal estado
- Estructuras existentes en buen estado



A **Corte A-A**
1 : 50

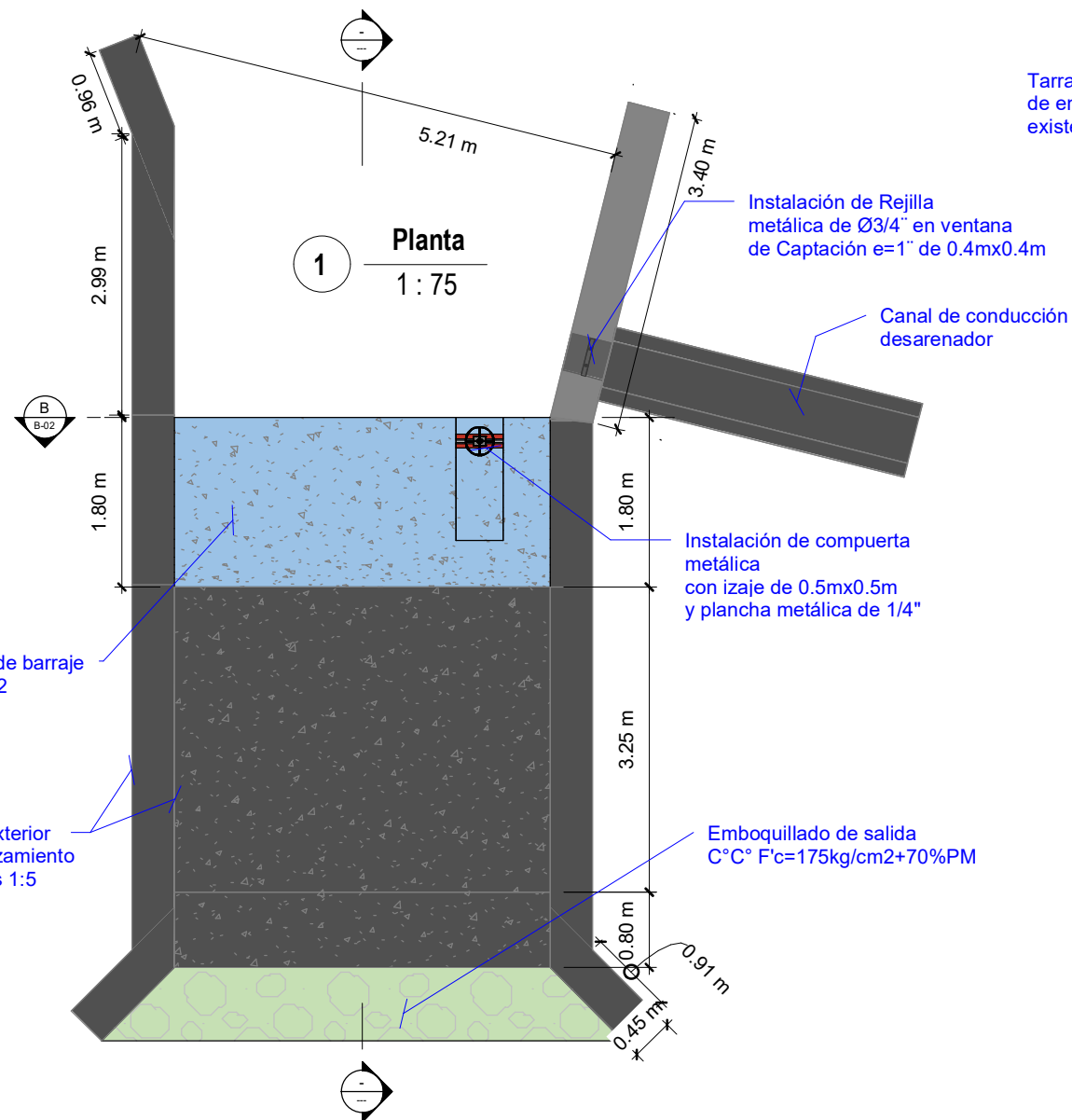


B **Corte B-B**
1 : 50



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 METODOLOGÍA BIM EN LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE OBRAS HIDRÁULICAS.
 CASO PRÁCTICO: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO TARWIYOCC

Bocatoma Existente			
Fecha	27/07/2021	B-01	
Tesista	H.G.S.L		
Asesor	C.A.B.A		
Escala		Varios	



Tarrajeo interior y exterior en muros de encauzamiento y colchón existentes 1:5

3833.00 m

3831.80 m

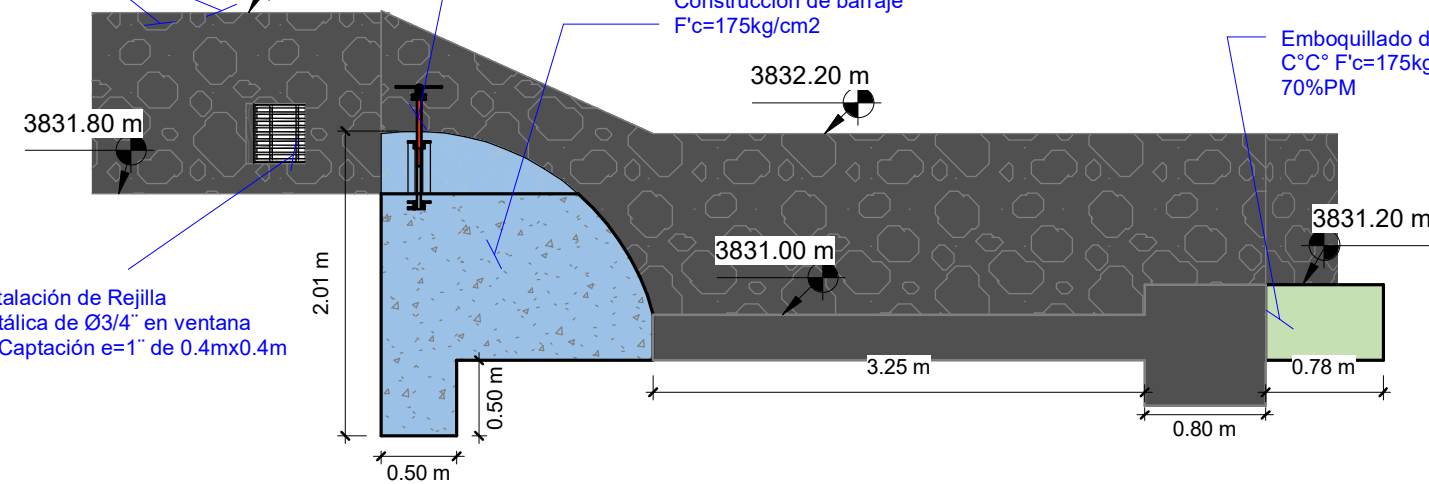
Instalación de Rejilla metálica de Ø3/4" en ventana de Captación e=1" de 0.4mx0.4m

Instalación de compuerta metálica con izaje de 0.5mx0.5m y plancha metálica de 1/4"

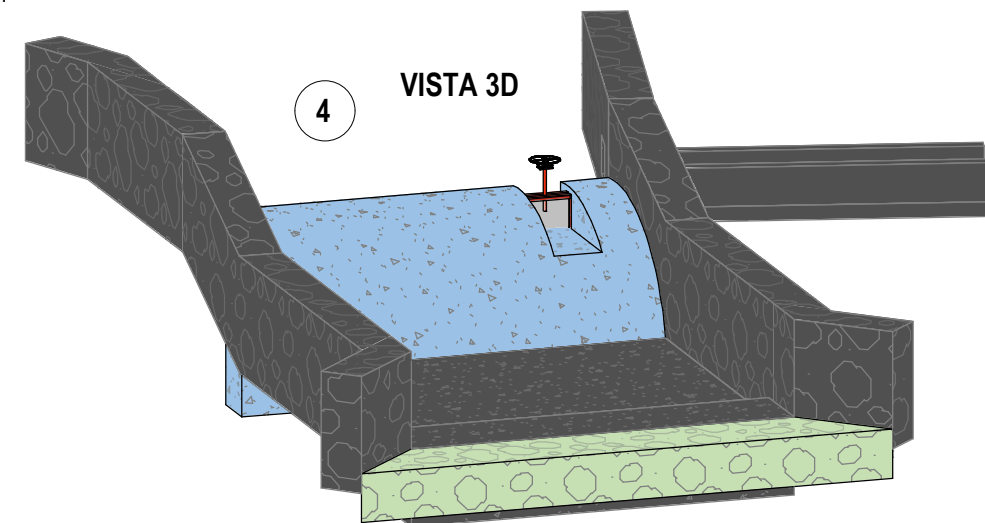
Construcción de barrage F'c=175kg/cm2

Emboquillado de salida C°C° F'c=175kg/cm2+70%PM

3 Corte A-A
1:50

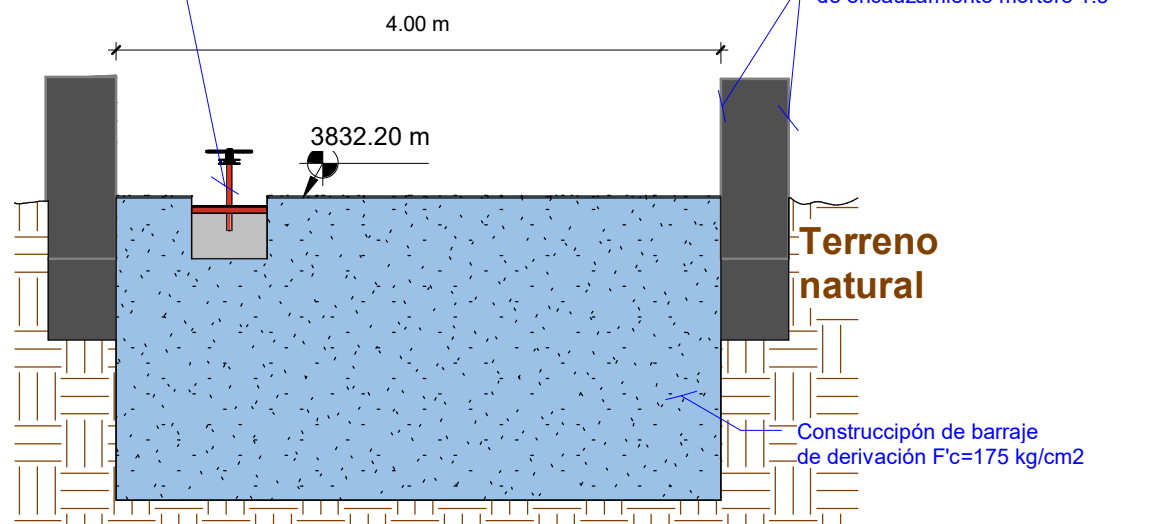


4 VISTA 3D



Instalación de compuerta metálica con izaje de 0.5mx0.5m y plancha metálica de 1/4"

B Corte B-B
1:50



Especificaciones Técnicas

CONCRETO SIMPLE

Concreto F'c=100 kg/cm2
Se usará en las estructuras: solados, sub bases.

Concreto F'c=140 kg/cm2
Se usará en las estructuras: muro de contención..

CONCRETO ARMADO




Concreto F'c=175 kg/cm2
Se usará en las estructuras: losa, muros canoa.

Acero Fy=4200kg/cm2
Se usará para el refuerzo de la losa.

TARRAJEO EN EXTERIORES CON CEMENTO ARENA (MORTERO 1:5)

Se hará el enlucido de las caras exteriores de las estructuras

Leyenda

-  Concreto F'c=175kg/cm2
-  Concreto F'c=100kg/cm2
-  Estructuras existentes en buen estado

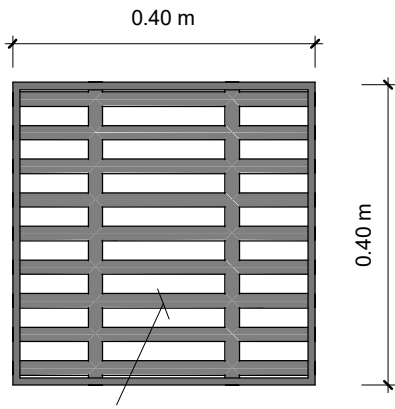


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

METODOLOGÍA BIM EN LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE OBRAS HIDRÁULICAS.
CASO PRÁCTICO: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO TARWIYOCC

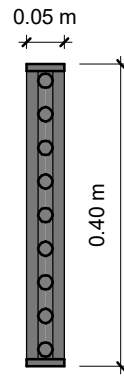
Bocatoma refaccionada

Fecha	26/07/2021	B-02
Tesista	H.G.S.L	
Asesor	C.A.B.A	Escala: Varios

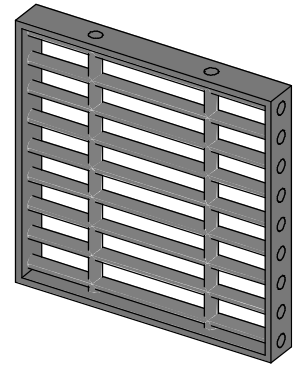


Instalación de Rejilla metálica de $\text{Ø}3/4''$ en ventana de Captación $e=1''$ de $0.4\text{m} \times 0.4\text{m}$

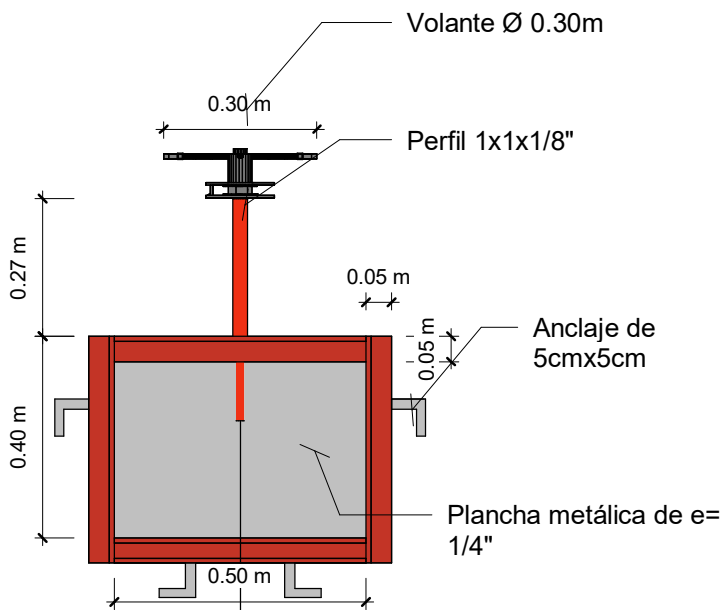
1 **Detalle de Rejilla**
1 : 10



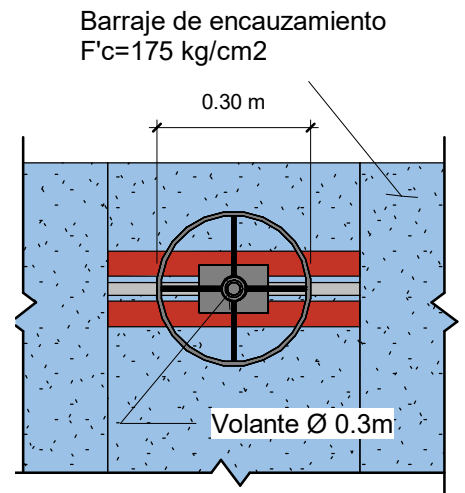
2 **Sección Rejilla**
1 : 10



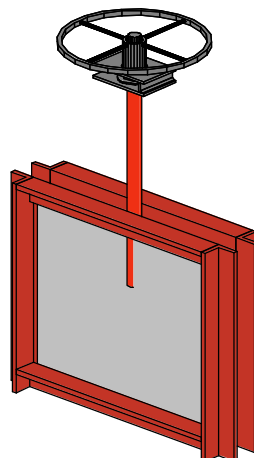
3 **Rejilla 3D**



4 **Compuerta**
1 : 15



5 **Vista en planta**
1 : 15



6 **Compuerta 3D**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

METODOLOGÍA BIM EN LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE OBRAS HIDRÁULICAS. CASO PRÁCTICO: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO TARWIYOCC

COMPUERTA Y REJILLA METÁLICA

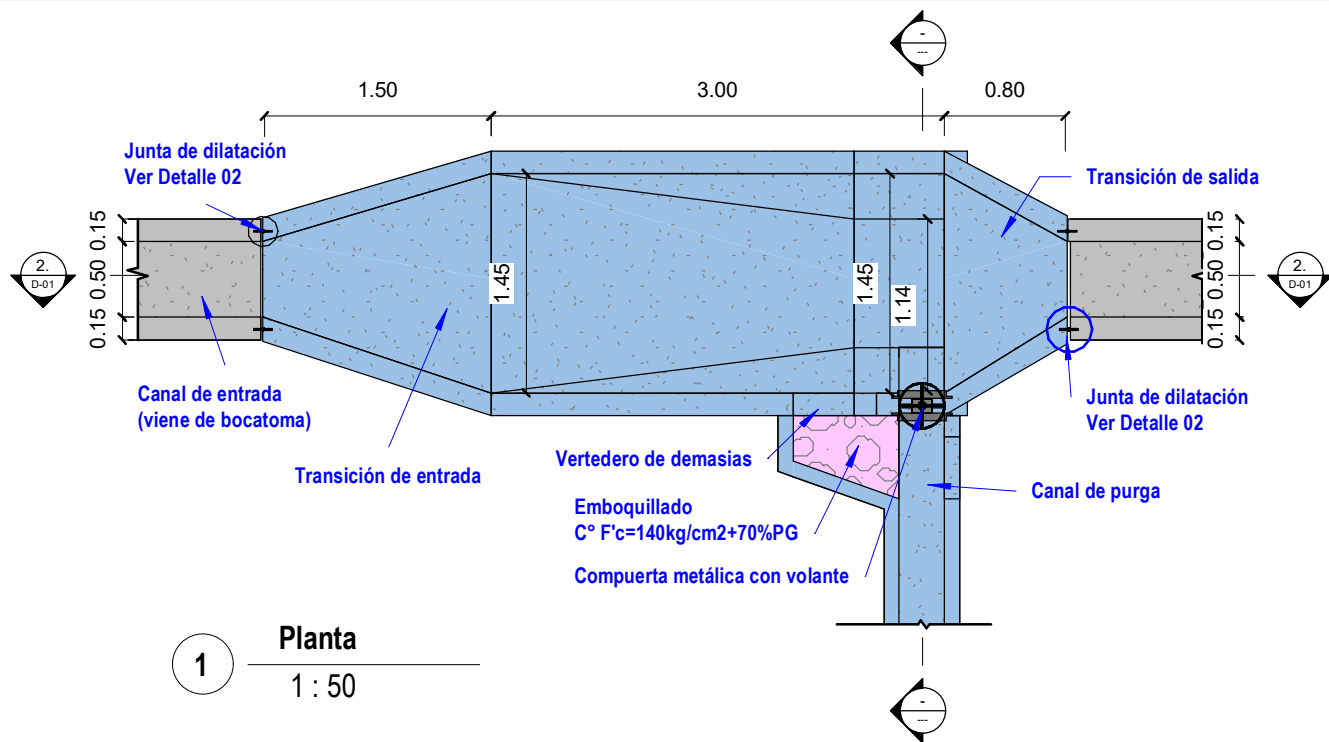
Fecha 26/07/2021

Tesista H.G.S.L

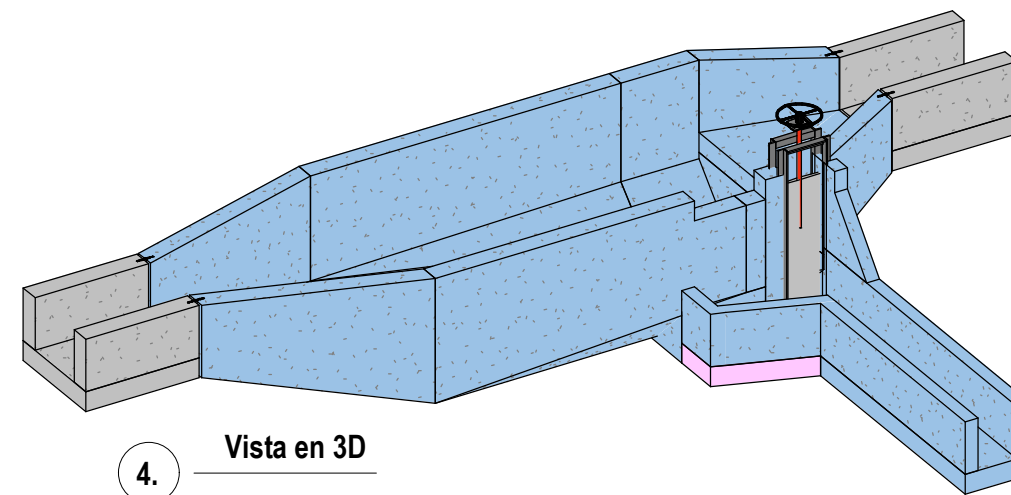
Asesor C.A.B.A

B-03

Escala: Indicada

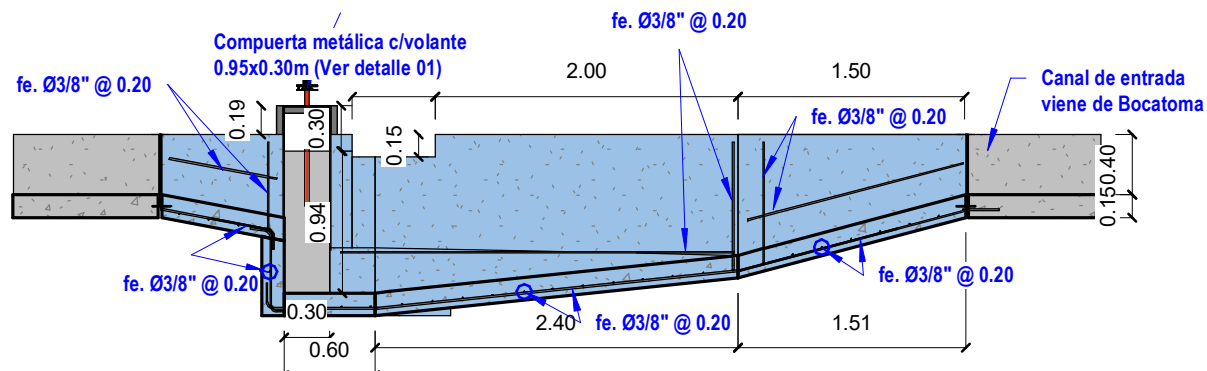


1. Planta
1:50

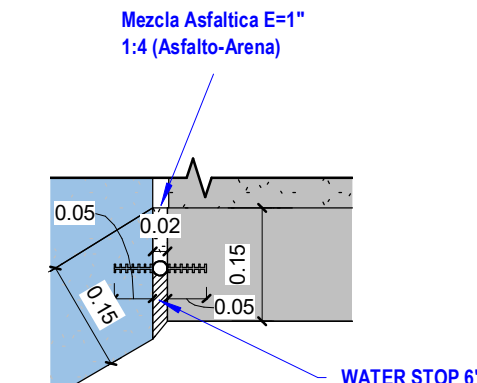


4. Vista en 3D

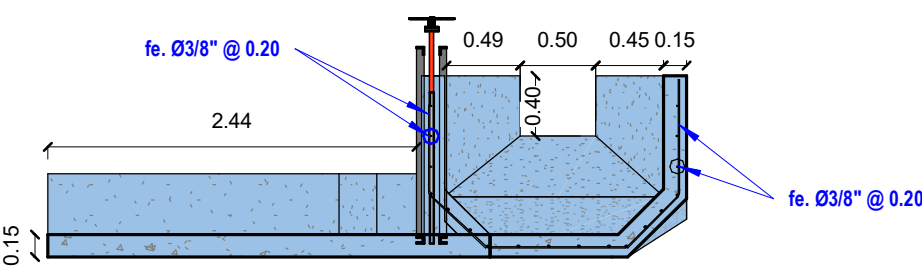
Leyenda	
	Concreto F'c=175kg/cm2
	Concreto F'c=140kg/cm2+70%PG
	Concreto F'c=100kg/cm2
	Estructuras existentes



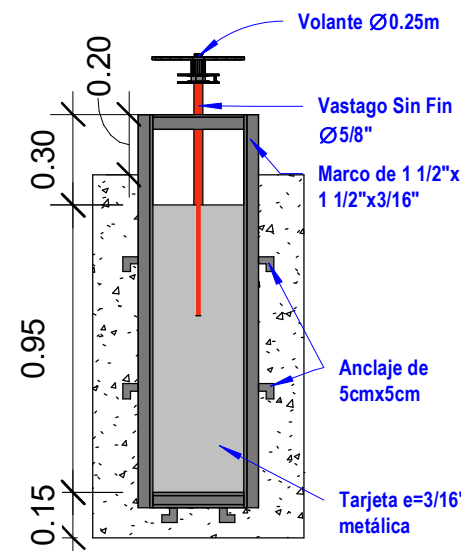
2. CORTE C-C
1:50



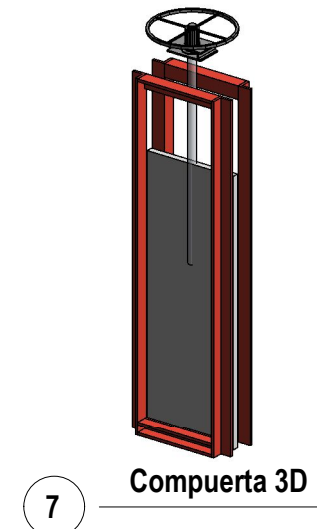
5. Detalle 01
1:10



3. CORTE D-D
1:50



6. Detalle 02
1:25



7. Compuerta 3D

Especificaciones Técnicas	
CONCRETO SIMPLE. BASE: F'c=100 kg/cm2	
CONCRETO ARMADO: F'c=175kg/cm2 Fy=4200 kg/cm2 Grado 60 AGREGADO: T.M.=1/2" (En encuentros) T.M.=3/4" (Sin congestión de aceros) RECUBRIMIENTO: 4 cm CEMENTO PORTLAND TIPO I <i>**Los agregados para el diseño de mezclas deben ser limpias y libres de impurezas</i>	
DESENCOFRADOS Lados (muros) 24 horas	
TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTES Se usará impermeabilizante SIKA o similar.	
JUNTAS Se coloca juntas e=1" sellada con mezcla asfáltica 1:4 y junta Water Stop 6", en el inicio y final del desarenador	
ESFUERZOS Esfuerzo del terreno: 1.80kg/cm2 Verificar en obra.	
TRASLAPES Y ANCLAJES MINIMOS	
Ø	3/8" 1/2"
Traslape	40cm 55cm
Anclaje	30cm 40cm

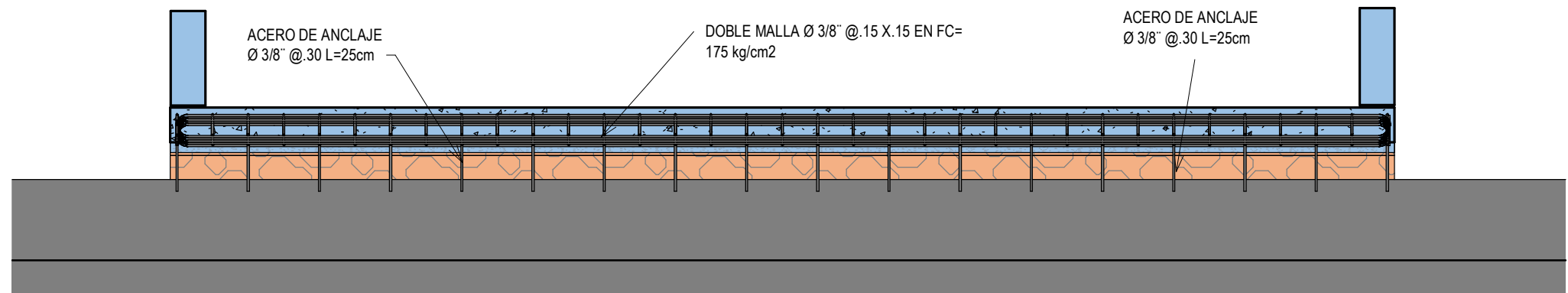
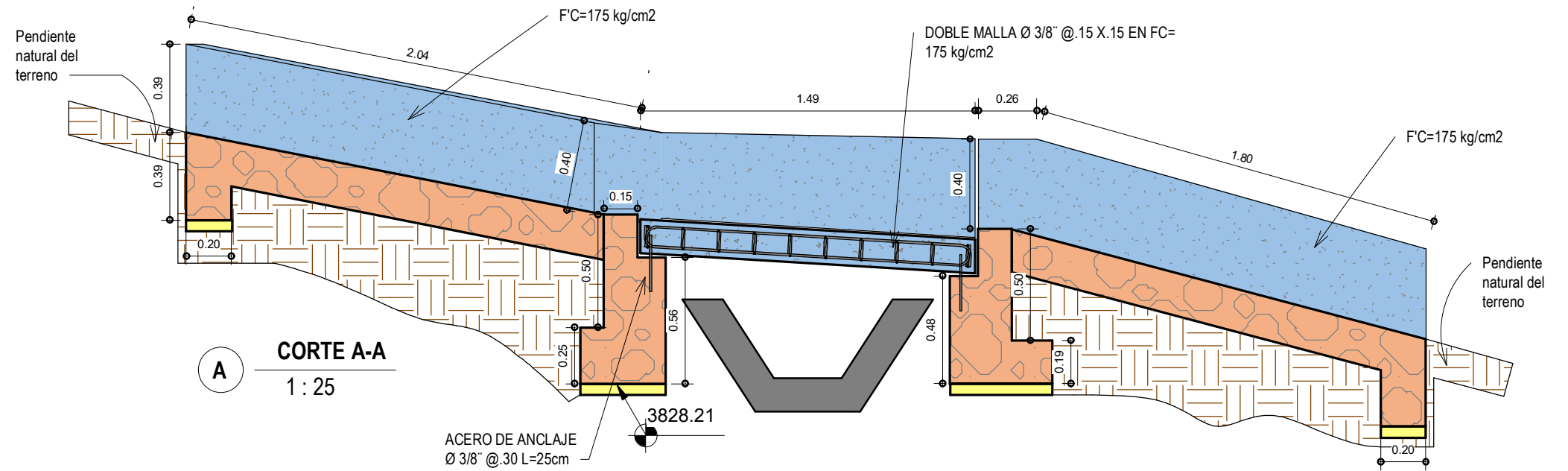
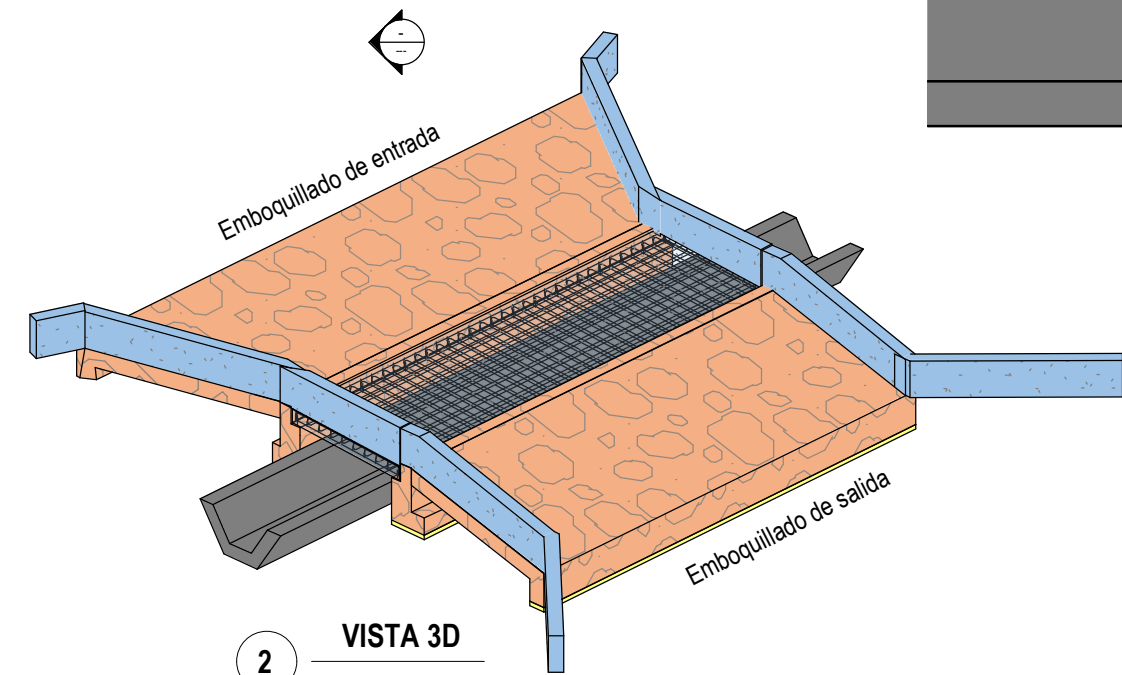
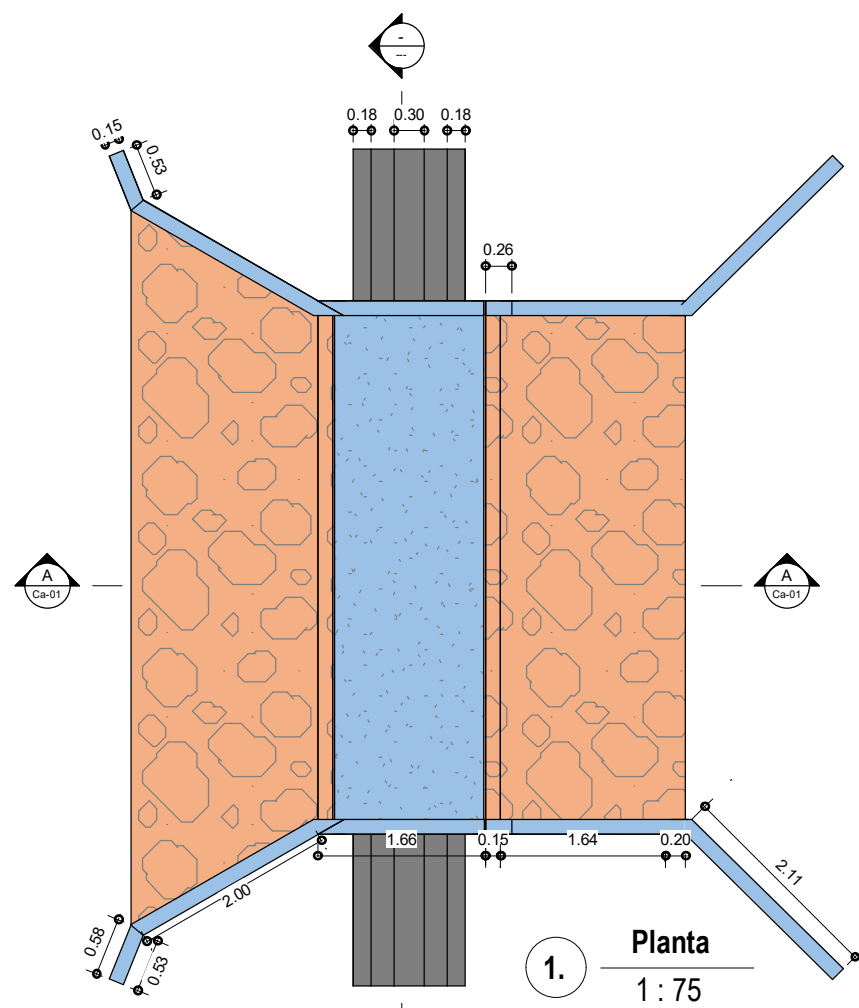


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

METODOLOGÍA BIM EN LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE OBRAS HIDRÁULICAS.
CASO PRÁCTICO: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO TARWIYOCC

Desarenador

Fecha	27/07/2021	D-01
Tesista	H.G.S.L	
Asesor	C.A.B.A	Escala Varios



Especificaciones Técnicas

CONCRETO SIMPLE
 Concreto F'c=100 kg/cm²
 Se usará en las estructuras: solados, sub bases.
 Concreto F'c=140 kg/cm²
 Se usará en las estructuras: muro de contención..

CONCRETO ARMADO
 Concreto F'c=175 kg/cm²
 Se usará en las estructuras: losa, muros canoa.
 Acero F'y=4200kg/cm²
 Se usará para el refuerzo de la losa.

TARRAJEO EN EXERIORES CON CEMENTO ARENA (MORTERO 1:5)
 Se hará el enlucido de las caras exteriores de las estructuras

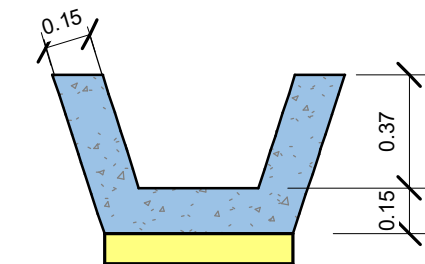
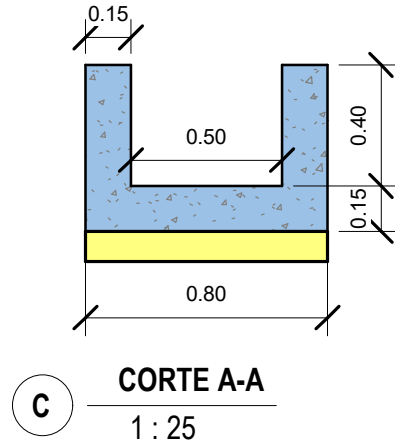
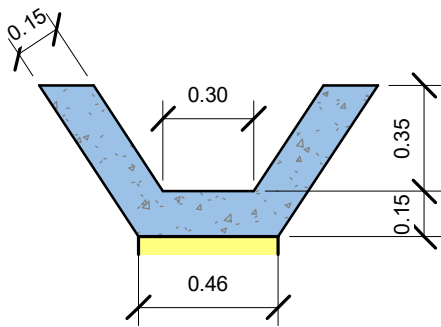
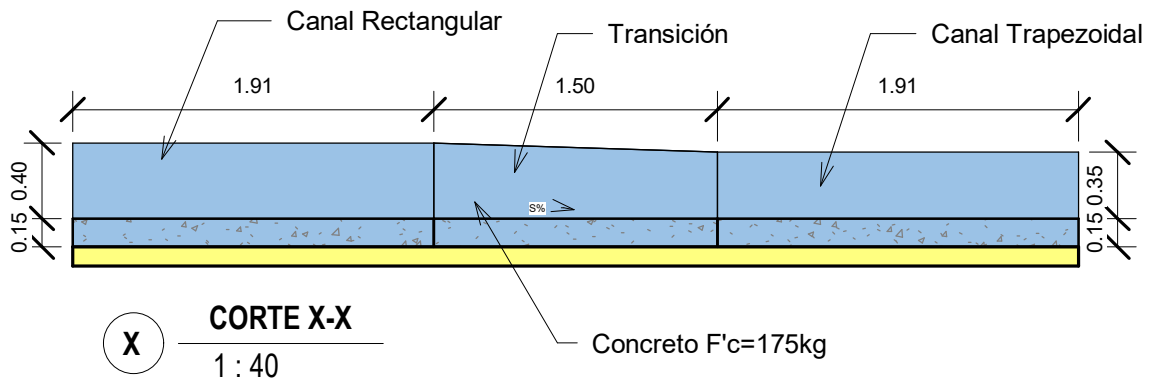
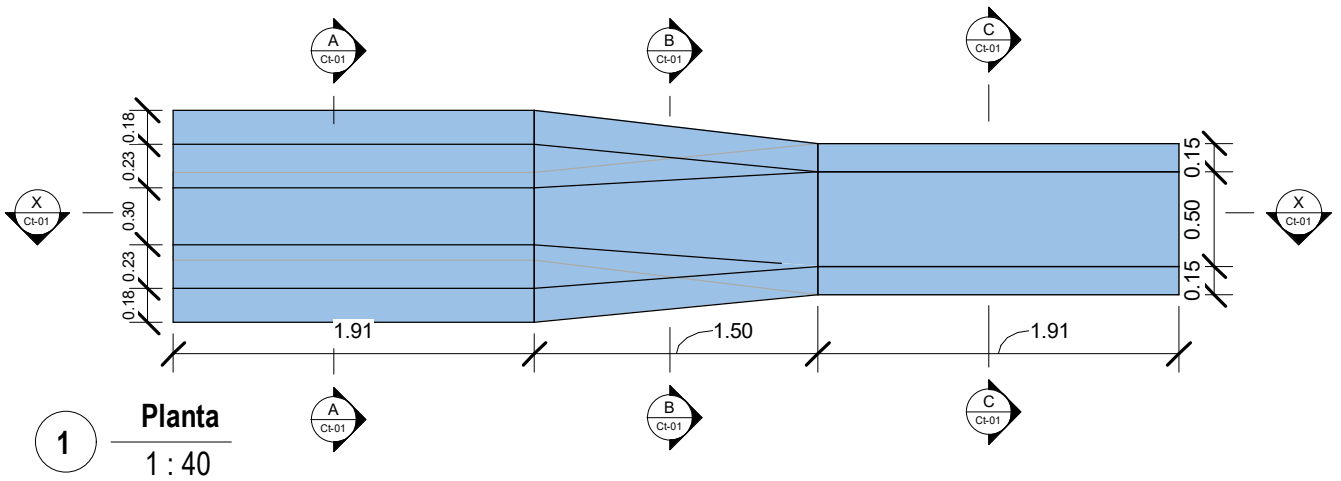
Leyenda

	Concreto F'c=140kg/cm ² +30%PM
	Concreto F'c=100kg/cm ²
	Concreto F'c=175kg/cm ²
	Concreto F'c=175kg/cm ²



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 METODOLOGÍA BIM EN LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE OBRAS HIDRÁULICAS.
 CASO PRÁCTICO: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO TARWIYOCC

Canoa L=5m		Ca-01
Fecha	27/07/2021	
Tesista	H.G.S.L	Escala Varios
Asesor	C.A.B.A	



Leyenda	
	Concreto F'c=175kg/cm ²
	Concreto F'c=100kg/cm ²



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

METODOLOGÍA BIM EN LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE OBRAS HIDRÁULICAS. CASO PRÁCTICO: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO TARWIYOCC

Canal de transición
L=1.5m

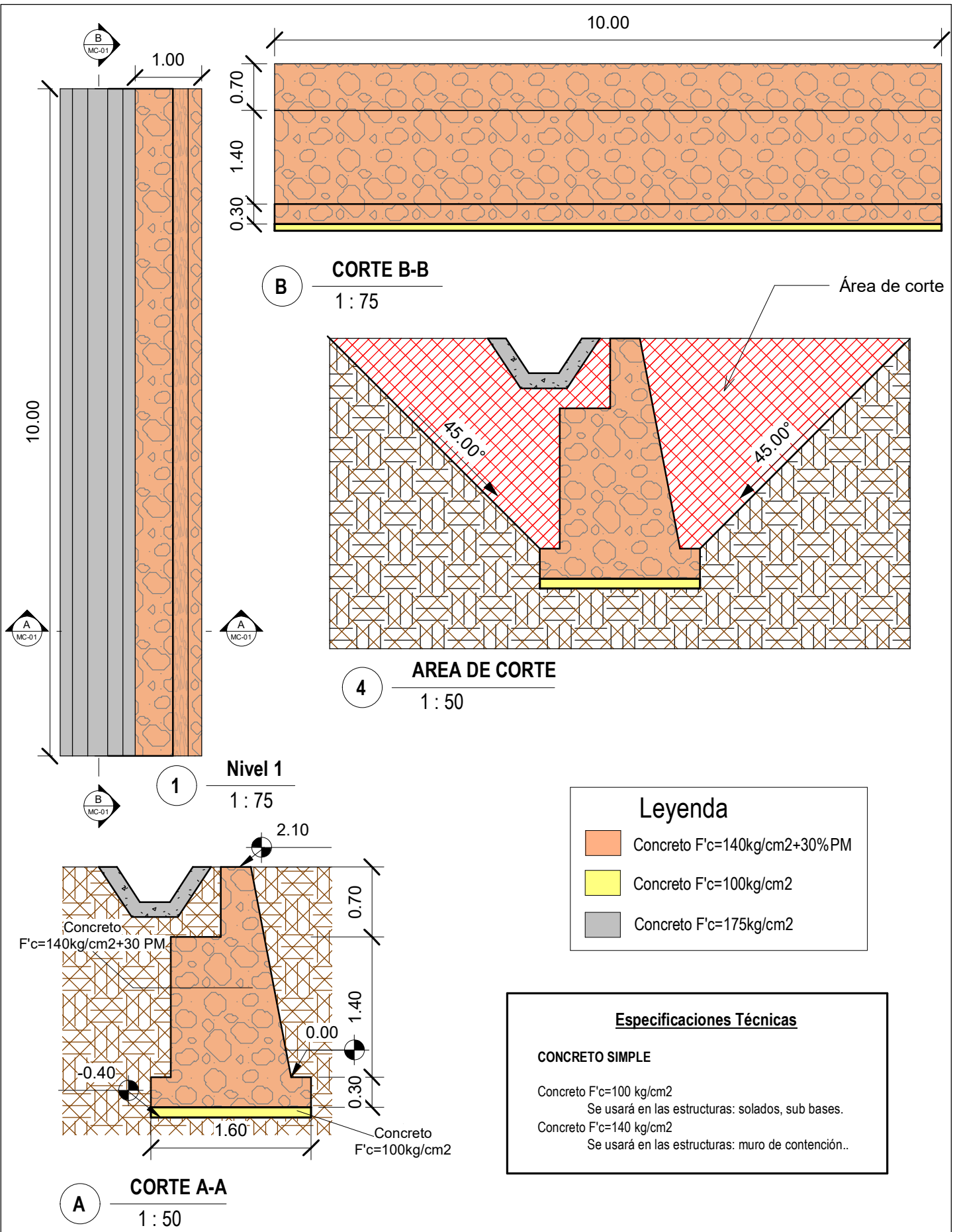
Fecha 08/02/2021

Tesista H.G.S.L

Asesor C.A.B.A

Ct-01

Escala: Indicada



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

METODOLOGÍA BIM EN LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE OBRAS HIDRÁULICAS. CASO PRÁCTICO: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO TARWIYOCC

Muro de Contención

Fecha 27/07/2021

Tesista C.A.B.A

Asesor H.G.S.L

MC-01

Escala: Indicada

Anexo 3: Cotización servicio BIM

Modelado BIM Obras Civiles

**Proyecto: CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO
TARWIYOCC**

Índice

1	Objetivo del modelado de Obras Civiles	124
2	Nivel de Detalle	124
3	Herramientas	126
4	Presupuesto	126
5	Fechas de Entregas	126
6	Consideraciones	126

1 Objetivo del modelado de Obras Civiles

1. Obtener metrados de las obras civiles a ejecutar del Expediente Técnico: Construcción del Sistema de riego Tarwiyocc.
2. Coordinar las estructuras en un modelo federado para identificar interferencias.

2 Nivel de Detalle

La propuesta de Modelado BIM incluye los elementos que se indican en el detalle de la de la Tabla N° 01

Tabla N° 01

Item	Descripción	Und.	Modelado	Metrado
1	REHABILITACION DE BOCATOMA (EXISTENTE)			
1.01	TRABAJOS PRELIMINARES			
01.01.01	DEMOLICION DE CONCRETO SIMPLE	m3	NO	NO
01.01.02	LIMPIEZA GENERAL	m3	NO	NO
01.01.03	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO	m2	NO	NO
1.02	OBRAS DE CONCRETO			
01.02.01	CONCRETO FC=175 KG/CM2 (en barraje)	m3	SI	SI
01.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	SI	SI
01.02.03	TARRAJEO EN EXTERIORES CON CEMENTO-ARENA	m2	SI	SI
01.02.04	CONCRETO =175 KG/CM2 + 70% P.M.	m3	SI	SI
1.03	SUMIN. Y COLOC. DE ACCESORIOS			
01.03.01	COLOCACION DE ACCESORIOS EN LA BOCATOMA	GLB	NO	NO
2	CONSTRUCCION DESARENADOR (01 UNID)			
2.01	OBRAS PRELIMINARES			
02.01.01	DEMOLICION DE CONCRETO SIMPLE	m3	NO	NO
02.01.02	LIMPIEZA GENERAL	m2	NO	NO
02.01.03	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO	m2	NO	NO
2.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS			
02.02.01	EXCAVACION EN MATERIAL CONGLOMERADO	m3	SI	SI
02.02.02	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	NO	NO
2.03	OBRAS DE CONCRETO			
02.03.01	CONCRETO FC=100 KG/CM2.PARA SOLADOS Y/O SUB-BASES	m3	SI	SI
02.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	SI	SI
02.03.03	CONCRETO FC=175 KG/CM2	m3	SI	SI
02.03.04	ACERO ESTRUCTURAL Fy = 4200 kg/ cm2 3/8"	kg	SI	SI
02.03.05	TARRAJEO EN INTERIORES CON IMPERMEABILIZANTES	m2	SI	SI
02.03.06	TARRAJEO EN EXTERIORES CON CEMENTO-ARENA	m2	SI	SI
2.04	INSTALACION DE ACCESORIOS EN DESARENADOR			

02.04.01	INSTALACION DE COMPUERTA PARA DESARENADOR	und	NO	NO
3	CANAL DE TRANSICION (1.50 ML)			
3.01	OBRAS PRELIMINARES			
03.01.01	LIMPIEZA DE CANAL	m	NO	NO
03.01.02	TRAZO Y REPLANTEO LONGITUDINAL	ML	NO	NO
3.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS			
03.02.01	EXCAVACION EN ROCA SUELTA	m3	SI	SI
03.02.02	REFINE Y NIVELACION EN ROCA SUELTA	m2	NO	NO
03.02.03	COMPACTACION BASE DEL CANAL	ML	NO	NO
03.02.04	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	NO	NO
3.03	OBRAS DE CONCRETO			
03.03.01	ENCOFRADO Y DESENC. PARA ESTRUCT.CONCRETO (OBRAS DE ARTE)	m2	NO	NO
03.03.02	CONCRETO FC=175 KG/CM2	m3	SI	SI
03.03.03	JUNTAS ASFALTICAS	m	NO	NO
4	CANAL DE CONDUCCION SECCION TRAPEZOILDAL (1732.00 ML)			
4.01	OBRAS PRELIMINARES			
04.01.01	DEMOLICION DE CANAL EXISTENTE (CONCRETO SIMPLE)	m3	NO	NO
04.01.02	LIMPIEZA DE CANAL	m	NO	NO
04.01.03	TRAZO Y REPLANTEO LONGITUDINAL	ML	NO	NO
04.01.04	CONTROL TOPOGRAFICO PERMANENTE	m	NO	NO
4.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS			
04.02.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	SI	SI
04.02.02	EXCAVACION EN ROCA SUELTA	m3	SI	SI
04.02.03	EXCAVACION EN ROCA FIJA	m3	SI	SI
04.02.04	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	NO	NO
04.02.05	REFINE Y NIVELACION EN ROCA SUELTA	m2	NO	NO
04.02.06	REFINE Y NIVELACION EN ROCA FIJA	m2	NO	NO
04.02.07	COMPACTACION BASE DEL CANAL	ML	NO	NO
04.02.08	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	NO	NO
04.02.09	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE EN CARRETILLA (50 M)	m3	NO	NO
4.03	OBRAS DE CONCRETO			
04.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CANALES	und	NO	NO
04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CANALES PARTE EXTERIOR	m2	NO	NO
04.03.03	CONCRETO FC=175 KG/CM2	m3	SI	SI
04.03.04	JUNTAS ASFALTICAS	m	NO	NO
4.04	VARIOS			
04.04.01	LLORONES EN CANAL TRAPEZOIDAL	m	NO	NO
5	CONST. MURO DE CONTENCION L=10M (01 UNID)			
5.01	OBRAS PRELIMINARES			
05.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	NO	NO
05.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	NO	NO
5.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS			
05.02.01	EXCAVACION EN ROCA SUELTA EN ESTRUCTURAS	m3	SI	SI
05.02.02	REFINE Y NIVELACION EN ROCA SUELTA	m2	NO	NO
05.02.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	NO	NO
05.02.04	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE	m3	NO	NO
5.03	OBRAS DE CONCRETO			
05.03.01	CONCRETO FC=100 KG/CM2.PARA SOLADOS Y/O SUB-BASES	m3	SI	SI
05.03.02	ENCOFRADO Y DESENC. PARA ESTRUCT.CONCRETO (OBRAS DE ARTE)	m2	SI	SI
05.03.03	CONCRETO CICLOPEO FC=140KG/CM2 + 30 % PM.	m3	SI	SI
6	CONST. CANOA L=5M (01 UNID)			
6.01	OBRAS PRELIMINARES			
06.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	NO	NO
06.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	NO	NO
6.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS			
06.02.01	EXCAVACION EN ROCA SUELTA EN ESTRUCTURAS	m3	SI	SI
06.02.02	REFINE Y NIVELACION EN ROCA SUELTA	m2	NO	NO
06.02.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	NO	NO
06.02.04	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE	m3	NO	NO

6.03 OBRAS DE CONCRETO				
06.03.01	CONCRETO FC=100 KG/CM2.PARA SOLADOS Y/O SUB-BASES	m3	SI	SI
06.03.02	ENCOFRADO Y DESENC. PARA ESTRUCT.CONCRETO (OBRAS DE ARTE)	m2	SI	SI
06.03.03	CONCRETO CICLOPEO 175 Kg/cm2 + 30 PM	m3	SI	SI
06.03.04	CONCRETO CICLOPEO FC=140KG/CM2 + 30 % PM.	m3	SI	SI
06.03.05	ACERO ESTRUCTURAL Fy = 4200 kg/ cm2 3/8"	kg	SI	SI
06.03.06	TARRAJEO EN EXTERIORES CON CEMENTO-ARENA	m2	SI	SI

3 Herramientas

Las herramientas a usar serán:

1. **Modelado 3D:** Revit 2020.
2. **Modelado 3D:** Civil3D
3. **Coordinación:** Navisworks 2020.

4 Presupuesto

El presupuesto del modelado, se describe en la Tabla N° 02

Tabla N° 02

Ítem	Descripción	Sub Total (dólares)
08.00	Modelo de Estructuras	
08.01	Modelado de Estructuras + Topografía	2300
	TOTAL COSTO	2300

5 Fechas de Entregas

Los plazos de entrega es de 20 días calendario (04.01.21 - 01.02.21):

- Hito 1: Modelo de Estructuras y excavación (Bocatoma, canal trapezoidal, desarenador): viernes 15 de enero
- Hito 2: Modelo de Estructuras y Excavación al 100%: lunes 01 de febrero


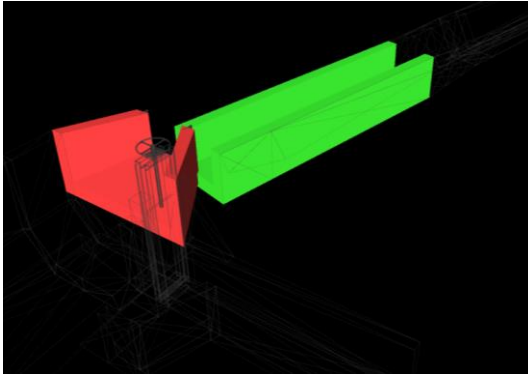
6 Consideraciones

- El servicio incluye entrega de un reporte en formato Excel con el registro de todas las observaciones que se identificarán en el proceso de modelamiento. Los datos que el reporte puede recoger son de 3 tipos:

1. Falta de información: cuando la información en los planos está incompleta
2. Error de información: cuando la información en los planos es contradictoria
3. Consideraciones sobre el modelado actual: qué criterio se usó para modelar elementos cuya información en planos era incompleta o contradictoria.

CODIGO	PLANO	Cantidad
C-01	Plano clave	1
Pp-01	Planta y perfil longitudinal	1
Pp-02	Planta y perfil longitudinal	1
B-01	Bocatoma existente	1
B-02	Bocatoma refaccionada	1
B-03	Compuerta y rejilla metálica	1
D-01	Desarenador	1
Ct-01	Canal de Transición	1
Mc-01	Muro de Contención	1
Ca-01	Canoa	1
TOTAL		12

Anexo 4: Fichas de incidencia y valoración

FICHA DE INCIDENCIA		INTERFERENCIA
N° 01	NOMBRE: Mal trazo del canal	TIPO: GRAVE
DESCRIPCIÓN		
		
<p>Existe una curva en el alineamiento del canal donde se emplazará el desarenador (0+017 Km). Por este motivo el canal no empalma con la salida del desarenador, es más, existe una colisión entre estas 2 estructuras.</p>		
LOCALIZACIÓN DE LA INCIDENCIA		
<p>Desarenador y canal de conducción</p>		
HERRAMIENTA BIM		
<p>Las herramientas BIM que ayudó a detectar esta incidencia fue el software Navisworks: primero se emplazo todas la obras en un modelo 3D general y posteriormente se realizó el analisis de interferencias.</p>		

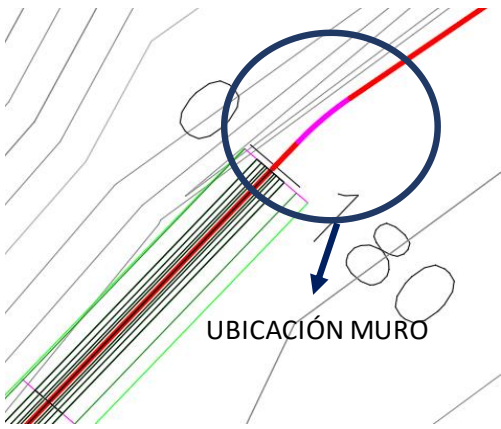
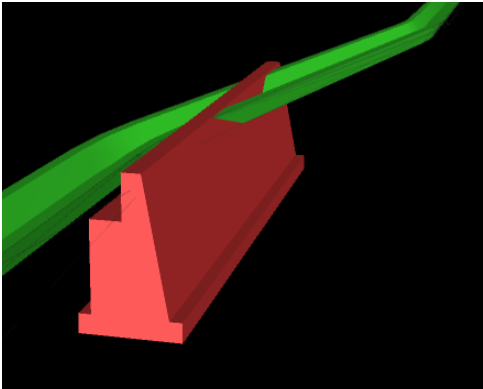
Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO A: VALORACIÓN EN FASE DE DISEÑO				TOTAL: S/.
				43.75
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	El proyectista se percató del error y procede a mover la curva del alineamiento del canal, con el objetivo de que empalme con la salida del desarenador.			
Agente	Nº Agentes	Precio por hora de trabajo	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Proyectista	1	43.75	1	43.75
TOTAL			1	43.75
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	No habría gasto de materiales, debido que la incidencia se encontró antes de la etapa de ejecución.			
Material	Cantidad	Precio	TOTAL S/.	
TOTAL			-	-

Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO B: VALORACIÓN EN FASE DE EJECUCIÓN				TOTAL: S/.
				1206.96
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	El residente de obra se percató que existe una curva en el trazo del canal en la progresiva 0+017, donde está proyectada el desarenador. Por este motivo procede a consultar con el supervisor la alternativa de mover dicha curva 3m más adelante (0+020) con el fin de evitar la incidencia. Además se debe considerar trabajos de replanteo del nuevo trazo del canal y la modificación de los planos.			
Agente	Nº Agentes	Precio por hora de trabajo	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Residente	1	43.75	8	350
Topografo	1	25	5	125
Cadista	1	18.75	2	37.5
TOTAL				512.5
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	Al mover la curva 3 m más adelante (0+020) , existe un mayor movimiento de tierras que modifica el trazo desde la progresiva 0+017 a la 0+040, por lo que se considera un mayor metrado en las partidas. Además se considera los gastos de impresión de los documentos corregidos.			
Material	Cantidad	Precio (S/.)	TOTAL S/.	
Corte material suelto (m3)	0.51	44.96	22.75	
Corte Roca suelta (m3)	4.55	89.93	409.52	
Relleno con material propio con equipo (m3)	-0.03	47.80	-1.43	
Eliminación de material excedente con carretilla 50m (m3)	7.61	33.72	256.63	
Plano A1	1	3	3.00	
Plano A2	2	2	4.00	
TOTAL				694.46

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE INCIDENCIA		INTERFERENCIA
N° 02	NOMBRE: Curva en muro de contención	TIPO: GRAVE
DESCRIPCIÓN		
		
<p>Existe una curva en el alineamiento del canal donde se emplazará el muro de contención (0+180 Km). En los planos se indica que dicho muro será recto, por tal motivo ocurre una interferencia entre ambas estructuras.</p>		
LOCALIZACIÓN		
<p>Muro de contención</p>		
HERRAMIENTA BIM		
<p>La herramienta BIM que ayudó a encontrar esta incidencia fue el software Navisworks: primero se emplazó todas las obras en un modelo 3D general y posteriormente se realizó el análisis de interferencias.</p>		

Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO A: VALORACIÓN EN FASE DE DISEÑO				TOTAL: S/.
				43.75
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	El proyectista se da cuenta del error y procede a mover la curva del alineamiento del canal, con el fin de evitar la colisión entre ambas estructuras.			
Agente	Nº Agentes	Precio por hora de trabajo	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Proyectista	1	43.75	1	43.75
TOTAL				43.75
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	No habría gasto de materiales, debido que la incidencia se encontró antes de la etapa de ejecución.			
Material	Cantidad	Precio	TOTAL S/.	
TOTAL			-	-

Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO B: VALORACIÓN EN FASE DE EJECUCIÓN				TOTAL: S/.
				343.27
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	El residente de obra se percata de la curva que existe en el canal en la progresiva 0+180, posición donde está proyectada el muro de contención. La solución más factible es mover la curva 2m atrás (0+178) para evitar la incidencia. Además se considera trabajos de replanteo del nuevo trazo y modificación de los planos.			
Agente	N° Agentes	Precio por hora de	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Residente	1	43.75	8	350
Topografo	1	25	5	125
Cadista	1	18.75	2	37.5
TOTAL				512.5
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	Al mover la curva 2 m atrás (0+178) , existe un mayor movimiento de tierras que modifica levemente el trazo desde la progresiva 0+123 a la 0+180, por lo que se considera un mayor metrado en las partidas. Además se considera los gastos de impresión de los documentos corregidos.			
Material	Cantidad	Precio	TOTAL S/.	
Excavación material suelto (m3)	-0.424	44.96	-19.06	
Excavación roca suelta (m3)	-3.816	89.93	-343.15	
Relleno con material propio con equipo (m3)	3.44	47.21	162.39	
Eliminación de material excedente con carretilla 50m (m3)	0.7	33.72	23.61	
Plano A2	2	2	4.00	
Plano A1	1	3	3.00	
TOTAL				-169.23

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE INCIDENCIA		INCOMPATIBILIDAD
N° 03	NOMBRE:	TIPO: INTERMEDIA
DESCRIPCIÓN		
<p>Incompatibilidad entre planos y metrados.</p>		
<p>Los planos indican que los muros de la canoa serán de concreto armado, sin embargo, en la planilla de metrados solo se hace mención que existirán aceros en la loza.</p>		
LOCALIZACIÓN		
Canoa		
HERRAMIENTA BIM		
<p>La incompatibilidad se encontró al momento de modelar la canoa en el software Revit. El modelo se construyó tomando como base a los planos, especificaciones técnicas y la planilla de metrados, por lo que resulto evidente este tipo de incongruencia entre estos documentos.</p>		

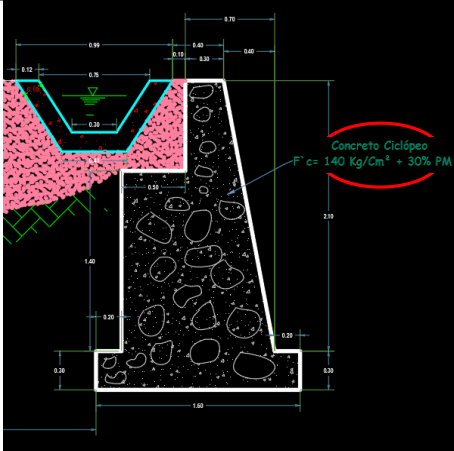
Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO A: VALORACIÓN EN FASE DE DISEÑO				TOTAL: S/.
				43.75
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	El proyectista al darse cuenta del error, procede a cambiar la disposición correcta de aceros en los documentos pertinentes.			
Agente	N° Agentes	Precio por hora de trabajo	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Proyectista	1	43.75	1	43.75
TOTAL				43.75
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	No habría gasto de materiales, debido que la incidencia se encontró antes de la etapa de ejecución.			
Material	Cantidad	Precio	TOTAL S/.	
TOTAL			-	-

Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO B: VALORACIÓN EN FASE DE EJECUCIÓN				TOTAL: S/.
				639.08
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	El residente al momento de construir la canoa se percató de la incompatibilidad entre los planos y metrados. Por un orden de prelación se da prioridad a los planos, es así que se procede a colocar aceros en los muros de la estructura (mayor metrado). Además se debe corregir los documentos con el correcto número de aceros.			
Agente	N° Agentes	Precio por hora de trabajo	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Residente	1	43.75	4	175
TOTAL				175
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	Se considera que el residente se da cuenta del problema antes de comenzar la construcción de la canoa. Se debe presupuestar la cantidad de aceros adicional, además del gasto por impresión de los documentos corregidos			
Material	Cantidad	Precio	TOTAL S/.	
Acero estructural Fy = 4200 kg/ cm2 3/8"	46.34	9.97	462.08	
Plano A2	1	2	2.00	
TOTAL				464.08

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE INCIDENCIA		INCOMPATIBILIDAD										
N° 04	NOMBRE: Calidad de concreto del muro de contención	TIPO: INTERMEDIA										
DESCRIPCIÓN												
		<table border="1"> <tr> <td colspan="2">OBRA: CONSTRUCCION SISTEMA DE RIEGO TARWIYOCC</td> </tr> <tr> <td colspan="2">LUGAR: AYACUCHO - HUAMANGA - ACOCRO - TARWIYOCC</td> </tr> <tr> <th>CODIGO</th> <th>DESCRIPCION</th> </tr> <tr> <td>05.00.00</td> <td>CONST. MURO DE CONTENCIÓN L=10M (01 UNID)</td> </tr> <tr> <td>05.03.03</td> <td>C° C° f'c = 175 Kg/cm² +30% PM</td> </tr> </table>	OBRA: CONSTRUCCION SISTEMA DE RIEGO TARWIYOCC		LUGAR: AYACUCHO - HUAMANGA - ACOCRO - TARWIYOCC		CODIGO	DESCRIPCION	05.00.00	CONST. MURO DE CONTENCIÓN L=10M (01 UNID)	05.03.03	C° C° f'c = 175 Kg/cm² +30% PM
OBRA: CONSTRUCCION SISTEMA DE RIEGO TARWIYOCC												
LUGAR: AYACUCHO - HUAMANGA - ACOCRO - TARWIYOCC												
CODIGO	DESCRIPCION											
05.00.00	CONST. MURO DE CONTENCIÓN L=10M (01 UNID)											
05.03.03	C° C° f'c = 175 Kg/cm² +30% PM											
<p>En los planos la calidad de concreto del muro de contención es de $f'c=140 \text{ kg/cm}^2 +30\% \text{ PM}$, sin embargo en el presupuesto se indica un $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 +30\% \text{ PM}$</p>												
LOCALIZACIÓN												
Muro de contención												
HERRAMIENTA BIM												
<p>La incompatibilidad se encontró al momento de modelar la canoa en el software Civil3D. El modelo se construyó tomando como base a los planos, especificaciones técnicas y la planilla de metrados, por lo que resultó evidente este tipo de incongruencia entre los documentos mencionados.</p>												

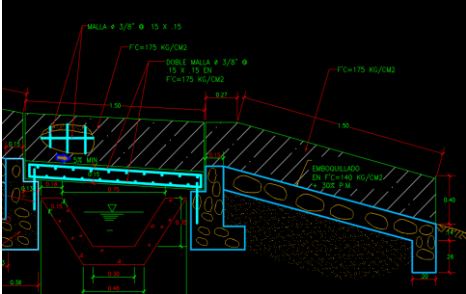
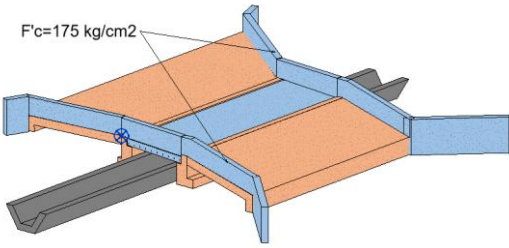
Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO A: VALORACIÓN EN FASE DE DISEÑO				TOTAL: S/.
				43.75
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	El proyectista al darse cuenta del error, procede a colocar la calidad de concreto correcta en los documentos pertinentes.			
Agente	N° Agentes	Precio por hora de trabajo	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Proyectista	1	43.75	1	43.75
TOTAL				43.75
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	No habría gasto de materiales, debido que la incidencia se encontró antes de la etapa de ejecución.			
Material	Cantidad	Precio	TOTAL S/.	
TOTAL			-	-

Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO B: VALORACIÓN EN FASE DE EJECUCIÓN				TOTAL: S/.
				108.25
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	El residente de obra se percata de la incompatibilidad entre el plano y presupuesto sobre la calidad de concreto en el muro de contención. Por lo que procede a revisar los calculos de diseño y ver qué calidad es la correcta, con el fin de no sobredimensionar ni subdimensionar la obra.			
Agente	N° Agentes	Precio por hora de trabajo	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Residente	1	43.75	2	87.5
Cadista	1	18.75	1	18.75
TOTAL				106.25
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	Se considera que el residente se da cuenta del problema antes de comenzar la construcción del muro de contención. Por tanto no habría gasto de material, salvo el de impresión.			
Material	Cantidad	Precio	TOTAL S/.	
Plano A2	1	2	2.00	
TOTAL				2.00

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE INCIDENCIA		INCOMPATIBILIDAD
N° 05	NOMBRE: Concreto en los muros de la canoa	TIPO: LEVE
DESCRIPCIÓN		
  <p style="text-align: center;">CONCRETO F'C=140 KG/CM2 + 30% PM SE USARA EN LAS ESTRUCTURAS: PAREDES DE LA CANOA</p>		
<p>En los planos los muros de la canoa se indican con una calidad de concreto de F'c=175 kg/cm2. Sin embargo en las especificaciones técnicas indican un concreto de 140 kg/cm2 + 30% PM</p>		
LOCALIZACIÓN		
Muros de la canoa		
HERRAMIENTA BIM		
<p>La incompatibilidad se encontró al momento de modelar la canoa en el software Revit. El modelo se construyó tomando como base a los planos, especificaciones técnicas y la planilla de metrados, por lo que resultó evidente este tipo de incongruencia entre los documentos mencionados.</p>		

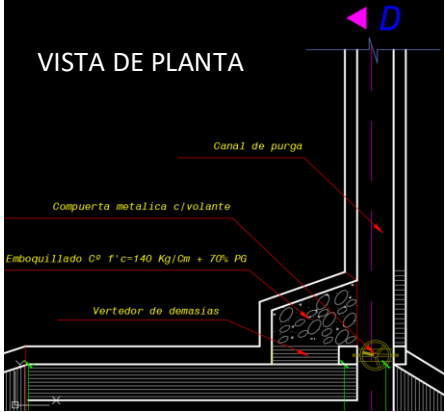
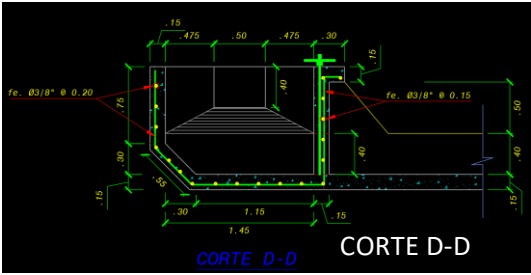
Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO A: VALORACIÓN EN FASE DE DISEÑO				TOTAL: S/.
				43.75
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	El proyectista al darse cuenta del error procede a cambiar la calidad de concreto en los documentos pertinentes.			
Agente	N° Agentes	Precio por hora de trabajo	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Proyectista	1	43.75	1	43.75
TOTAL				43.75
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	No habría gasto de materiales, debido que la incidencia se encontró antes de la etapa de ejecución.			
Material	Cantidad	Precio	TOTAL S/.	
TOTAL			-	-

Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO B: VALORACIÓN EN FASE DE EJECUCIÓN				TOTAL: S/.
				108.25
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	El residente al momento de construir la canoa se da cuenta de esta incompatibilidad. Por lo cual procede a revisar los demás documentos, por un orden de prelación se utiliza la calidad de concreto indicada en los planos (F'c=175 kg/cm ²). Además procede a corregir los documentos y entregar nuevamente al personal.			
Agente	N° Agentes	Precio por hora de trabajo	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Residente	1	43.75	2	87.5
Cadista	1	18.75	1	18.75
TOTAL				106.25
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	Se considera que el residente se da cuenta del problema antes de comenzar la construcción de la canoa. Por tanto no habría gasto de material, salvo el de impresión.			
Material	Cantidad	Precio (S/.)	TOTAL S/.	
Plano A2	1	2	2.00	
TOTAL				2.00

Fuente: Elaboración propia.

N° 06	NOMBRE: Falta detallar purga	TIPO: INTERMEDIO
DESCRIPCIÓN		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p>VISTA DE PLANTA</p> </div> <div style="width: 45%;">  <p>CORTE D-D</p> </div> </div>		
<p>El canal de purga del desarenador no esta bien detallado en los planos: falta acotar la longitud del canal y diseñar el canal de acuerdo a la topografía del terreno natural.</p>		
LOCALIZACIÓN		
<p>Canal de purga del desarenador</p>		
HERRAMIENTA BIM		
<p>La incompatibilidad se encontró al momento de modelar la canoa en el software Revit. El modelo se construyó tomando como base a los planos, especificaciones técnicas y la planilla de metrados, por lo que resultó evidente este tipo de incongruencia entre los documentos mencionados.</p>		

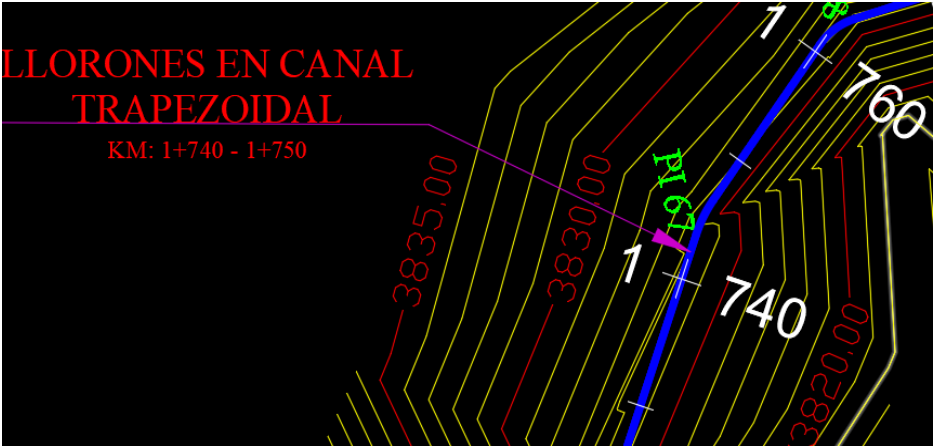
Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO A: VALORACIÓN EN FASE DE DISEÑO				TOTAL: S/.
				131.25
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	El proyectista al darse cuenta de la incidencia, procede a realizar un mejor detalle de la longitud del canal de purga y lo acondiciona al terreno natural.			
Agente	N° Agentes	Precio por hora de trabajo	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Proyectista	1	43.75	3	131.25
TOTAL				131.25
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	No habría gasto de materiales, debido que la incidencia se encontró antes de la etapa de ejecución.			
	Material	Cantidad	Precio	TOTAL S/.
TOTAL			-	-

Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO B: VALORACIÓN EN FASE DE EJECUCIÓN				TOTAL: S/.
				1074.38
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	El residente de obra se percata de la falta de detalle en el canal de purga del desarenador. Revisando los documentos se encuentra con incongruencias entre los planos y metrados, es así que viendo el terreno natural se decide proyectar un canal de purga de 2.5m de longitud de canal. Además se considera trabajos de topografía y modificación de los planos.			
Agente	N° Agentes	Precio por hora de trabajo	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Residente	1	43.75	8	350
Topografo	1	25	5	125
Cadista	1	18.75	2	37.5
TOTAL				512.5
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	Se construirá un canal de purga de 2.5m, inicialmente solo se realizó el metrado para un canal de 0.75m. Además se considerará el gasto de materiales de impresión de los documentos pertinentes.			
Material	Cantidad	Precio	TOTAL S/.	
Concreto f'c = 175 Kg/cm ² (m3)	0.25	585.39	146.35	
Encofrado y desencofrado normal (m2)	3.00	62.62	187.85	
Tarrajeo en interiores con impermeabilizante (m2)	3.08	46.25	142.46	
Tarrajeo en exteriores con cemento y arena (m2)	1.74	47.25	82.21	
Plano A1	1	3	3.00	
TOTAL				561.88

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE INCIDENCIA		INCOMPATIBILIDAD
N° 07	NOMBRE: Falta detalle de llorones	TIPO: LEVE
DESCRIPCIÓN		
		
<p>Faltan más detalles en los llorones ubicados en las progresiva 1+740 Km - 1+750 km, no indica la separación de los tubos.</p>		
LOCALIZACIÓN		
<p>Canal de conducción progresiva 1+740 Km - 1+750 km.</p>		
HERRAMIENTA BIM		
<p>La incompatibilidad se encontró al momento de modelar el canal en el software CIVIL3D. El modelo se construyó tomando como base a los planos, especificaciones técnicas y la planilla de metrados, por lo que resultó evidente este tipo de incongruencia entre los documentos mencionados.</p>		

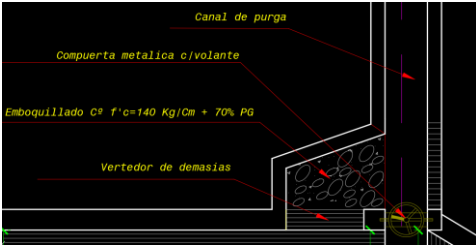
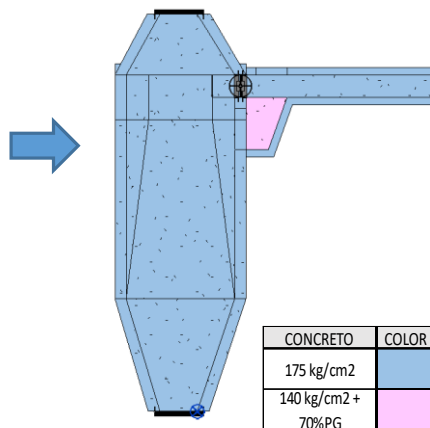






Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO A: VALORACIÓN EN FASE DE DISEÑO				TOTAL: S/.
				43.75
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	El proyectista al darse cuenta de la incidencia, procede a detallar mejor las especificaciones técnicas.			
Agente	N° Agentes	Precio por hora de trabajo	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Proyectista	1	43.75	1	43.75
TOTAL				43.75
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	No habría gasto de materiales, debido que la incidencia se encontró antes de la etapa de ejecución.			
Material	Cantidad	Precio	TOTAL S/.	
TOTAL			-	-

Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO B: VALORACIÓN EN FASE DE EJECUCIÓN				TOTAL: S/.
				131.25
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	El residente al momento de llegar a las progresiva 1+740 se percata de la falta de detalle de los llorones en el canal, por lo que procede a colocar las especificaciones en los documentos pertinentes.			
Agente	N° Agentes	Precio por hora de trabajo	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Residente	1	43.75	3	131.25
TOTAL				131.25
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	No existe gasto de material.			
Material	Cantidad	Precio	TOTAL S/.	
TOTAL				-

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE INCIDENCIA		INCOMPATIBILIDAD																																																			
N° 08	NOMBRE: Emboquillado desarenador	TIPO: LEVE																																																			
DESCRIPCIÓN																																																					
																																																					
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>02.03.00</td> <td>OBRAS DE CONCRETO</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>02.03.01</td> <td>Concreto F'C=100KG/CM2 para solados y/o bases</td> <td></td> <td>0.79</td> <td>M3</td> </tr> <tr> <td>02.03.02</td> <td>Encofrado y desencofrado</td> <td></td> <td>20.17</td> <td>M2</td> </tr> <tr> <td>02.03.03</td> <td>f c = 175 Kg/cm²</td> <td></td> <td>3.27</td> <td>M3</td> </tr> <tr> <td>02.03.04</td> <td>Acero de Refuerzo Fy = 4200 kg/cm2</td> <td></td> <td>78.31</td> <td>KG.</td> </tr> <tr> <td>02.03.05</td> <td>Tarrajeo en interiores con impermeabilizante</td> <td></td> <td>18.65</td> <td>M2</td> </tr> <tr> <td>02.03.06</td> <td>Tarrajeo en exteriores con cemento y arena</td> <td></td> <td>8.50</td> <td>M2</td> </tr> <tr> <td>02.04.00</td> <td>INSTALACION DE ACCESORIOS EN DESARENADOR</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>02.04.01</td> <td>Instalación de compuerta para desarenador</td> <td></td> <td>1.00</td> <td>UND.</td> </tr> </tbody> </table>		02.03.00	OBRAS DE CONCRETO				02.03.01	Concreto F'C=100KG/CM2 para solados y/o bases		0.79	M3	02.03.02	Encofrado y desencofrado		20.17	M2	02.03.03	f c = 175 Kg/cm²		3.27	M3	02.03.04	Acero de Refuerzo Fy = 4200 kg/cm2		78.31	KG.	02.03.05	Tarrajeo en interiores con impermeabilizante		18.65	M2	02.03.06	Tarrajeo en exteriores con cemento y arena		8.50	M2	02.04.00	INSTALACION DE ACCESORIOS EN DESARENADOR				02.04.01	Instalación de compuerta para desarenador		1.00	UND.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>CONCRETO</th> <th>COLOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>175 kg/cm2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>140 kg/cm2 + 70%PG</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	CONCRETO	COLOR	175 kg/cm2		140 kg/cm2 + 70%PG	
02.03.00	OBRAS DE CONCRETO																																																				
02.03.01	Concreto F'C=100KG/CM2 para solados y/o bases		0.79	M3																																																	
02.03.02	Encofrado y desencofrado		20.17	M2																																																	
02.03.03	f c = 175 Kg/cm²		3.27	M3																																																	
02.03.04	Acero de Refuerzo Fy = 4200 kg/cm2		78.31	KG.																																																	
02.03.05	Tarrajeo en interiores con impermeabilizante		18.65	M2																																																	
02.03.06	Tarrajeo en exteriores con cemento y arena		8.50	M2																																																	
02.04.00	INSTALACION DE ACCESORIOS EN DESARENADOR																																																				
02.04.01	Instalación de compuerta para desarenador		1.00	UND.																																																	
CONCRETO	COLOR																																																				
175 kg/cm2																																																					
140 kg/cm2 + 70%PG																																																					
<p>Los planos indican que el emboquillado que recibirá el agua proveniente del vertedero de demasias será de F'c=140 kg/cm2+70%PG , sin embargo en los metrados no existe una partida que indique esta calidad de concreto. El emboquillado esta considerada dentro de la partida de concreto F'c=175 kg/cm2</p>																																																					
LOCALIZACIÓN																																																					
Emboquillado de salida del vertedero de demasias.																																																					
HERRAMIENTA BIM																																																					
<p>La incompatibilidad se encontró al momento de modelar el canal en el software Revit. El modelo se construyó tomando como base a los planos, especificaciones tecnicas y la planilla de metrados, por lo que resultó evidente este tipo de incongruencia entre los documentos mencionados.</p>																																																					

Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO A: VALORACIÓN EN FASE DE DISEÑO				TOTAL: S/.
				43.75
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	El error fue debido a una mala documentación en la planilla de metrados. Es así que el proyectista agrega una partida adicional, además se realiza correctamente el metrado del emboquillado para después presupuestarlo.			
Agente	Nº Agentes	Precio por hora de trabajo	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Proyectista	1	43.75	1	43.75
TOTAL			1	43.75
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	No habría gasto de materiales, debido que la incidencia se encontró antes de la etapa de ejecución.			
Material	Cantidad	Precio	TOTAL S/.	
TOTAL			-	-

Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO B: VALORACIÓN EN FASE DE EJECUCIÓN				TOTAL: S/.
				125.62
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	El residente de obra se percató de la falta de la partida de concreto F'c=140+70%PG por lo que solicita cambiar la calidad de concreto de 175 kg/cm ² , con el fin de uniformizar el material en toda la estructura del desarenador.			
Agente	N° Agentes	Precio por hora de trabajo	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Residente	1	43.75	2	87.5
Cadista	1	18.75	1	18.75
TOTAL				87.5
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	Consideramos que el residente se da cuenta del problema antes de comenzar la construcción del desarenador. Se debe meter un volumen de concreto de 175kg/cm ² . Además del gasto por impresión de los documentos corregidos.			
Material	Cantidad	Precio	TOTAL S/.	
Concreto F'c=175kg/cm ²	0.06	585.39	35.12	
Plotter A1	1	3	3.00	
TOTAL				38.12

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE INCIDENCIA		INCOMPATIBILIDAD			
N° 09	NOMBRE: Incongruencias en metrado	TIPO: INTERMEDIA			
DESCRIPCIÓN					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO EXPEDIENTE TECNICO (A)	METRADO BIM (B)	DIFERENCIA (A-B)
1	REHABILITACION DE BOCATOMA (EXISTENTE)				
1.02	OBRAS DE CONCRETO				
01.02.01	CONCRETO FC=175 KG/CM2 (en barraje)	m3	8.24	9.69	-1.45
01.02.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO	m2	10.24	11.44	-1.2
2	CONSTRUCCION DESARENADOR (01 UNID)				
2.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
02.02.01	EXCAVACION EN MATERIAL CONGLOMERADO	m3	10.28	14.08	-3.8
2.03	OBRAS DE CONCRETO				
02.03.01	CONCRETO F'C=100 KG/CM2.PARA SOLADOS Y/O SUB-BASES	m3	0.79	0.9	-0.11
02.03.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL	m2	20.17	24.67	-4.5
02.03.03	CONCRETO FC=175 KG/CM2	m3	3.27	3.91	-0.64
02.03.04	ACERO ESTRUCTURAL Fy = 4200 kg/ cm2 3/8"	kg	78.31	90.35	-12.04
02.03.05	TARRAJEO EN INTERIORES CON IMPERMEABILIZANTES	m2	18.65	41.06	-22.41
02.03.06	TARRAJEO EN EXTERIORES CON CEMENTO-ARENA	m2	8.5	10.3	-1.8
5	CONST. MURO DE CONTENCIÓN L=10M (01 UNID)				
5.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
05.02.01	EXCAVACION EN ROCA SUELTA EN ESTRUCTURAS	m3	51.7	78.35	-26.65
5.03	OBRAS DE CONCRETO				
05.03.02	ENCOFRADO Y DEENC. PARA ESTRUCT.CONCRETO (OBRAS DE ARTE)	m2	44.51	53	-8.49
6	CONST. CANOA L=5M (01 UNID)				
6.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
06.02.01	EXCAVACION EN ROCA SUELTA EN ESTRUCTURAS	m3	7.44	8.83	-1.39
6.03	OBRAS DE CONCRETO				
06.03.01	CONCRETO F'C=100 KG/CM2.PARA SOLADOS Y/O SUB-BASES	m3	0.33	0.35	-0.02
06.03.02	ENCOFRADO Y DEENC. PARA ESTRUCT.CONCRETO (OBRAS DE ARTE)	m2	25.49	27.86	-2.37
06.03.04	CONCRETO CICLOPEO FC=140KG/CM2 + 30 % PM.	m3	6.4	6.84	-0.44
06.03.05	ACERO ESTRUCTURAL Fy = 4200 kg/ cm2 3/8"	kg	123.76	126.34	-2.58
06.03.06	TARRAJEO EN EXTERIORES CON CEMENTO-ARENA	m2	10.86	14.1	-3.24
<p>Hay partidas que fueron metradas por un valor inferior, respecto al computo de materiales que se extrajo de los modelos BIM.</p>					
LOCALIZACIÓN					
Plano y metrados del proyecto					
HERRAMIENTA BIM					
<p>La incompatibilidad se encontró al realizar la planilla de metrados a partir del modelo BIM y contrastarlo con el metrado del expediente técnico. La cuantificación de los materiales se obtuvieron a partir de los softwares de modelado: Revit y Civil3D.</p>					

Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO A: VALORACIÓN EN FASE DE DISEÑO				TOTAL: S/.
				218.75
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	El proyectista al tener el metrado del modelo BIM procede a corregir las planillas.			
Agente	N° Agentes	Precio por hora de trabajo	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Proyectista	1	43.75	5	218.75
TOTAL				218.75
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	No habría gasto de materiales, debido que la incidencia se encontró antes de la etapa de ejecución.			
Material	Cantidad	Precio	TOTAL S/.	
TOTAL			-	-

Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIO B: VALORACIÓN EN FASE DE EJECUCIÓN				TOTAL: S/.
				6563.79
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA				
Descripción	Al momento de ejecutar las partidas anteriormente mencionadas el residente hace constatar que existe un mayor metrado.			
Agente	N° Agentes	Precio por hora de	Horas empleadas	TOTAL (S/.)
Residente	1	43.75	24	1050
TOTAL				1050
CUANTIFICACIÓN DE BIENES MATERIALES				
Descripción	La cantidad del material a usar se considera como un mayor metrado.			
Material	Cantidad	Precio	TOTAL S/.	
CONCRETO FC=175 KG/CM2 (en barraje)	1.45	585.387	848.810	
ENCOFRADO Y DEENCOFRADO	1.2	59.216	71.059	
EXCAVACION EN MATERIAL CONGLOMERADO	3.8	67.444	256.289	
CONCRETO F'C=100 KG/CM2.PARA SOLADOS Y/O SUB-BASES	0.11	393.147	43.246	
ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL	4.5	68.606	308.727	
CONCRETO FC=175 KG/CM2	0.64	585.387	374.647	
ACERO ESTRUCTURAL Fy = 4200 kg/ cm2 3/8"	12.04	9.972	120.057	
TARRAJEO EN INTERIORES CON IMPERMEABILIZANTES	22.41	46.254	1036.562	
TARRAJEO EN EXTERIORES CON CEMENTO-ARENA	1.8	47.249	85.048	
EXCAVACION EN ROCA SUELTA EN ESTRUCTURAS	26.65	89.925	2396.509	
ENCOFRADO Y DESENC. PARA ESTRUCT.CONCRETO (OBRAS DE ARTE)	8.49	52.912	449.219	
EXCAVACION EN ROCA SUELTA EN ESTRUCTURAS	1.39	89.925	124.996	
CONCRETO F'C=100 KG/CM2.PARA SOLADOS Y/O SUB-BASES	0.02	89.925	1.799	
ENCOFRADO Y DESENC. PARA ESTRUCT.CONCRETO (OBRAS DE ARTE)	2.37	52.912	125.400	
CONCRETO CICLOPEO FC=140KG/CM2 + 30 % PM.	0.44	324.572	142.812	
ACERO ESTRUCTURAL Fy = 4200 kg/ cm2 3/8"	2.58	9.891	25.520	
TARRAJEO EN EXTERIORES CON CEMENTO-ARENA	3.24	47.249	153.086	
TOTAL				6563.79

Fuente: Elaboración propia.