

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“SIMULACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS VDC & BIM EN LA ETAPA DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN AREQUIPA - 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL



Autores:

Karen Jessica Aliaga Rojas  
Cesar Alfredo Guevara Huamán

Asesor:

MBA. Ing. José Luis Neyra Torres

Lima - Perú

2020

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor José Luis Neyra Torres, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- ALIAGA ROJAS KAREN JESSICA
- GUEVARA HUAMAN CESAR ALFREDO

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “Implementación de las metodologías VDC & BIM en la etapa de evaluación del proyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales en Arequipa-2020.” para aspirar al título profesional de: **INGENIERA E INGENIERO CIVIL** por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

---

Ing. /Lic./Mg./Dr. Nombre y Apellidos  
Asesor

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: Aliaga Rojas Karen Jessica y Guevara Huamán Cesar Alfredo para aspirar al título profesional con la tesis denominada: “Implementación de las metodologías VDC & BIM en la etapa de evaluación del proyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales en Arequipa-2020.”

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos  
Jurado  
Presidente

---

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos  
Jurado

---

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos  
Jurado

## DEDICATORIA

*Dedico a mi familia, en especial a mis padres y hermana, quienes me alentaron y fueron mi soporte durante mi etapa universitaria. Sin duda, seguiré preparándome y adquiriendo conocimientos valiosos para aplicarlo en el bien de la sociedad.*

*Cesar Guevara.*

*Le dedico esta investigación a mi padre Alcides Aliaga, por enseñarme desde niña el valor de las palabras a través de libros, y a mi madre Rosalinda Rojas por haberme criado con un corazón noble, finalmente a Diego y Franklin quienes son el motor por el cual sigo avanzando, para dejarles valores y enseñanzas claras de que el estudio y la perseverancia son la clave del éxito.*

*Karen Aliaga.*

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron con nosotros apoyándonos en todo momento. En primer lugar, a nuestros padres por el apoyo constante, también a nuestro asesor José Luis Neyra, por apoyarnos en el proceso y a todos los ingenieros que nos brindaron la formación necesaria en la etapa universitaria, el cual ayudó en nuestro avance profesional, permitiéndonos culminar la tesis y con ello el desarrollo de nuestra carrera profesional exitosamente.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS .....</b>	<b>ii</b>
<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS .....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xi</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Realidad problemática.....	1
1.2. Formulación del problema.....	30
1.3. Objetivos .....	31
1.4. Hipótesis .....	31
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>33</b>
2.1. Tipo de investigación.....	33
2.2. Población y muestra .....	36
2.3. Operacionalización de las variables .....	38
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	49
2.5. Procedimiento .....	51
2.6. Aspectos Éticos:.....	99
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>100</b>
3.1 RESPUESTA AL OBJETIVO 1:.....	100
3.2 RESPUESTA AL OBJETIVO 2.....	102
3.3 RESPUESTA AL OBJETIVO 3.....	103
3.4 RESPUESTA AL OBJETIVO 4:.....	119
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>139</b>
4.1 Discusión.....	139
4.2 Conclusiones.....	140
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>142</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>144</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables.....	41
Tabla 2	Presupuesto de Tesis.....	51
Tabla 3	Sustento de Metrado .....	57
Tabla 4	Estrategias del VDC y BIM en el proyecto.....	61
Tabla 5	Personas clave de contrato. ....	64
Tabla 6	Tareas específicas VDC&BIM. ....	65
Tabla 7	Métricas en base de Descripción y Valor .....	80
Tabla 8	Uso BIM con software .....	82
Tabla 9	Procesos No Eficientes del Método Tradicional en la PTAR Arequipa -2020.....	100
Tabla 10	Resumen del Plan de Ejecución VDC& BIM para la PTAR-Arequipa 2020.....	102
Tabla 11	Interfase de Intercambio de Data Informativa por Interferencias en Ptar-Chuquibamba .....	110
Tabla 12	Interferencias encontradas en PTAR Arequipa 2020 .....	113
Tabla 13	Porcentaje de Implementación .....	115
Tabla 14	Metrado de concreto.....	119
Tabla 15	Metrado de concreto Total.....	120
Tabla 16	Metrado de concreto – Tanque IMHOFF.....	121
Tabla 17	Metrado de Concreto - Tanque IMHOFF-PTAR.....	121
Tabla 18	Metrado de Concreto - Filtro Percolador .....	122
Tabla 19	Metrado de Concreto - Filtro Percolador .....	123
Tabla 20	Metrado de concreto Sector de Lecho de Secado.....	124
Tabla 21	Metrado de concreto Sector de Lecho de Secado.....	124
Tabla 22	Resumen de Concreto.....	125
Tabla 23	Metrado de Acero .....	126
Tabla 24	Metrado de Acero, Sistema PTAR.....	126
Tabla 25	Metrado de Acero - Tanque IMHOFF .....	127
Tabla 26	Metrado de Acero - Filtro Percolador y Lecho de Secado .....	128
Tabla 27	Metrado de Acero - Filtro Percolador y Lecho de Secado .....	129
Tabla 28	Cuadro Resumen de Acero .....	129
Tabla 29	Cuadro Resumen de Concreto.....	130
Tabla 30	Cuadro Comparativo de Costos de Concreto .....	131
Tabla 31	Cuadro Resumen de Acero .....	133
Tabla 32	Cuadro Comparativo de Costos de Acero .....	134
Tabla 33	Cuadro Reajuste Fórmula Polinómica.....	136
Tabla 34	Cuadro Valor de Reajuste a la PTAR.....	137
Tabla 35	Cuadros presupuestos PTAR.....	137

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Retraso en los plazos contractuales de ejecución en los proyectos de PTAR en el Perú.....	4
Figura 2 PTAR Atotonilco – México.....	6
Figura 3 PTAR Los Tajos - Costa Rica.....	7
Figura 4 PTAR Arroyo Culebro - España.....	8
Figura 5 PTAR Ibarra - Ecuador.....	8
Figura 6 Principales aportes por cada país en materia de implementación BIM.....	9
Figura 7 Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad.....	11
Figura 8 PTAR Titicaca.....	12
Figura 9 PTAR la Chira.....	12
Figura 10 Interfaz tradicional.....	20
Figura 11: Interfaz VDC & BIM.....	21
Figura 12: Déficit de cobertura e insuficiencia operativa de las PTAR's existentes.....	22
Figura 13 Pilares de la metodología VDC.....	24
Figura 14 Dimensiones BIM.....	26
Figura 15 Estrategia BIM.....	27
Figura 16 VDC/BIM.....	28
Figura 17 Buenas Prácticas-Gestión de proyectos.....	30
Figura 18 Diseño de investigación PTAR del ámbito de servicio de las EPS.....	35
Figura 19 PTAR del ámbito de servicio de las EPS.....	37
Figura 20 PTAR del ámbito de servicio según el tipo de funcionamiento.....	38
Figura 21 Marco y micro localización del proyecto.....	42
Figura 22 Etapas de construcción PTAR.....	43
Figura 23 Laguna de Oxidación y PLANO DE UBICACIÓN DE PTAR-AREQUIPA.....	43
Figura 24 Plano de planta hidráulica de la PTAR CHUQUIBAMBA-AREQUIPA.....	45
Figura 25 Plano de planta del sistema de pretratamiento de la PTAR CHUQUIBAMBA-AREQUIPA.....	46
Figura 26 Plano de planta DEL TANQUE IMHOFF DE LA PTAR-AREQUIPA.....	47
Figura 27 PLANO DE PLANTA DEL FILTRO PECOLADOR PTAR-AREQUIPA.....	48
Figura 28 PLANTA DEL LECHO DE SECADO- PTAR.....	49
Figura 29: Flujo grama - Plan de investigación para avance de Tesis.....	53
Figura 30 Procesos No Eficientes en la Construcción Tradicional.....	54
Figura 31 Plano de procesamiento PTAR desarrollado en 2D.....	56
Figura 32 Coordinación entre el cliente, Last Planner, modeladores BIM en sesiones ICE.....	60
Figura 33 Organigrama BIM.....	67
Figura 34 Estimado de distribución del personal.....	67
Figura 35: Flujo grama gestión del alcance con BIM.....	71
Figura 36 Detección de posibles interferencias.....	72
Figura 37: Flujo grama gestión de riesgos con BIM.....	73
Figura 38: Gestión de la integración BIM.....	74
Figura 39: Figura referencial.....	75
Figura 40: Integración de la información.....	75
Figura 41: Flujo grama gestión de los interesados con BIM.....	76
Figura 42: Integración de la información.....	77
Figura 43: Flujo grama - Gestión de procura.....	77
Figura 44: Contenido mínimo de los TDR-BIM.....	78
Figura 45: Propósito de reuniones BIM.....	79
Figura 46 Centralización del trabajo bajo la metodología BIM.....	81
Figura 47 Flujograma de coordinación 3D y detección de interferencias.....	81
Figura 48 Flujograma de gestión BIM 5D.....	82
Figura 49 Estrategia de control de calidad.....	83
Figura 50 Flujo grama gestión del costo BIM.....	83
Figura 51 Implementación VDC & BIM en la PTAR – Arequipa 2020.....	84



Figura 52 Fases de proceso de Información .....	85
Figura 53 Documentaaos relacionados con la Investigación.....	85
Figura 54 Plano 2D - de Planta PTAR-Arequipa. ....	86
Figura 55 Estructura del PTAR – Arequipa .....	87
Figura 56 Levantamiento de Modelado en REVIT.....	88
Figura 57 Levantamiento de Modelado en REVIT.....	89
Figura 58 Gestión del Riesgo .....	90
Figura 59 Gestión de Integración .....	92
Figura 60 Cliente .....	93
Figura 61 Cliente .....	93
Figura 62 Actualización de Información PTAR .....	94
Figura 63 Comunicación entre los participantes (Stakeholders) .....	95
Figura 64 Levantamiento en Revit.....	96
Figura 65 Análisis de metrado en base al apoyo de los datos del programa .....	97
Figura 66 Control de costos en base al metrado obtenido en Revit favor del proyecto PTAR .....	98
Figura 67 Planos 2D del expediente técnico de la PTAR .....	103
Figura 68 Planos 2D del expediente técnico de la PTAR .....	104
Figura 69 Modelado 3D, Revit- Arquitectura .....	105
Figura 70 Modelado 3D, Revit- Estructura .....	106
Figura 71 Modelado 3D, Revit- Instalaciones.....	107
Figura 72 Modelado 3D, Revit- Compatibilización.....	108
Figura 73 Gestión en base a la interpretación.....	109
Figura 74 Hito n°1 Para Reuniones Ice .....	111
Figura 75 Hito N°2 e Hito N°3 Para reuniones ICE .....	111
Figura 76 Metrado de Concreto.....	116
Figura 77 Metrado de Acero.....	116
Figura 78 Metrado de Concreto IMHOFF .....	117
Figura 79 Metrado de Concreto, Filtro Percolador .....	117
Figura 80 Metrado de Concreto – Lechado de Secado .....	118
Figura 81 Metrado de Acero – Filtro de Secado y Lechado de Secado .....	118
Figura 82 Metrado de Concreto, comparación en la Gestión .....	120
Figura 83 Metrado de Concreto, Tanque IMHOFF .....	122
Figura 84 Metrado de Concreto.....	123
Figura 85 Metrado de Lecho de Secado .....	124
Figura 86 Cuadro Estadístico del Resumen del Concreto.....	125
Figura 87 Metrados, Sistema de Pre-Tratamiento.....	127
Figura 88 Gestión de Metrado de Acero - Tanque IMHOFF.....	128
Figura 89 Metrado de Acero - Filtro Percolador y Lecho de Secado.....	129
Figura 90 Cuadro Estadístico de Resumen de Acero .....	130
Figura 91 Análisis de Costo, Metrado Tradicional .....	131
Figura 92 Análisis de Costo, Metrado BIM .....	132
Figura 93 Comparativo de Costos, Concreto .....	133
Figura 94 Análisis de Costos Metrado Tradicional .....	134
Figura 95 Análisis de Costo, Metrado BIM .....	135
Figura 96 Análisis Comparativo de Costos de Acero .....	136
Figura 97 Análisis Cuadro Comparativo Presupuesto PTAR .....	138

## RESUMEN

La presente investigación es de tipo no experimental, transversal, descriptiva con enfoque cualitativo y consiste en implementar la metodología VDC& BIM en la etapa de evaluación de proyecto PTAR en Arequipa-2020 con el fin de mejorar su gestión, ya que actualmente el sector construcción es un componente significativo en la economía de un país, pero muchos de los proyectos no tienen una buena gestión, lo cual genera problemas de incumplimientos de plazo o altos costos en la etapa de ejecución, que se hacen visibles en la falta de calidad de las Obras. Por ello, se identificó las deficiencias que presenta el expediente técnico del proyecto PTAR con el método tradicional y a su vez se implementó las metodologías mediante un plan de ejecución VDC & BIM. Finalmente cumpliendo con los objetivos se mostró los beneficios logrados como la optimización de costos a través de los metrados más exactos que arroja el programa Revit con la evaluación anticipada de las incompatibilidades en los modelados 3D y la simulación del proceso constructivo PTAR, generando confiabilidad en difundir la aplicación de las metodologías VDC & BIM en los proyectos de construcción.

**Palabras clave:** BIM, VDC, PTAR, Costos, Construcción Tradicional.

## ABSTRACT

This research is non-experimental, transversal, descriptive with a qualitative approach and consists of implementing the VDC & BIM methodology in the evaluation stage of the WWTP project in Arequipa-2020 in order to improve its management, since currently the construction sector is a significant component in the economy of a country, but many of the projects are not well managed, which generates problems of non-compliance with deadlines or high costs in the execution stage, which are visible in the lack of quality of the Works . For this reason, the deficiencies presented by the technical file of the WWTP project were identified with the traditional method and in turn the methodologies were implemented through a VDC & BIM execution plan. Finally, meeting the objectives, the benefits achieved were shown, such as cost optimization through the most exact measurements that the Revit program throws with the anticipated evaluation of incompatibilities in the 3D modeling and the simulation of the PTAR construction process, generating reliability in disseminating the application of VDC & BIM methodologies in construction projects.

**Keywords:** BIM, VDC, WWTP, Costs, Traditional Construction.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En el Perú, a fines de 2007, el 63.6% de la población urbana tuvo un servicio de alcantarillado administrado por empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS); el resto fue administrado por las municipalidades. Durante ese año los sistemas de alcantarillado recolectaron 747.3 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales. De ese volumen sólo un 29.1% ingresaron a un sistema de tratamiento de aguas residuales, muchos de los cuales con deficiencias operativas y de mantenimiento, y el resto tuvo lugar de descargo directamente a los mares ríos y lagos. Es decir, que al menos 530 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales pasaron a los cuerpos de agua superficial que se usan para la agricultura, pesca e incluso para el abastecimiento de agua potable (SUNASS, 2015). Sin embargo, enfoquémonos en la alarmante cifra que supera los 500 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales que pasaron a las corrientes de los principales ríos del país, estos millones de m<sup>3</sup> serían la principal causa de afección a las poblaciones generando enfermedades infecciosas, parasitarias y en general del sistema inmunológico.

En el país, de un total de 143 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), pocos son los proyectos que se puedan llamarse exitosos (SUNASS, 2015). Esto se debe a que los errores se van acumulando desde la etapa del diseño, incluida la gestión y pasando por la etapa de construcción, hasta su fase final que es la parte de operación generando así, sobre costos, alteraciones en los cronogramas de ejecución y finalmente llevando así a un proyecto fallido.

Las PTAR según las EPS (empresas prestadoras de servicio), se estiman en USD\$ 369 millones de dólares. Pues la inadecuada operación, el mantenimiento y las innumerables fallas de

diseño, impide lograr los objetivos planteados por el gobierno poniendo en riesgo la salud pública y la del medio ambiente (SUNASS, 2015).

SUNASS realizó un diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales el 2015 donde menciona en el capítulo 9, resumen de las observaciones claves. Menciona que, respecto a la infraestructura de las PTAR, la tecnología es insuficiente que lo evidencia en: falta de tratamiento preliminar, falta de medidores, falta de bypass en las unidades en casos de fallas o cuando se efectúe su mantenimiento, fallas de construcción en varios puntos, construcción con tecnología inadecuada, falta de edificios de operación (SUNASS, 2015). Así, el análisis realizado por SUNASS refleja claramente la deficiencia que presentan algunos componentes de las PTAR y también la ausencia de secciones importantes que en conjunto generan un desperfecto, teniendo como consecuencia la paralización o hasta el cierre total de la planta. Por esa razón (J. Fernando 2021) en su artículo como conclusión menciona, que más de la tercera parte no cuentan con la cobertura de saneamiento, que por eso se pone en riesgo la población y el medio ambiente por falta de políticas y gestión.

En los últimos años se realizaron obras y estudios con el fin de dar solución a la deficiencia de los servicios de alcantarillado agua potable y tratamiento de aguas residuales. La problemática sobre la deficiencia de los servicios de tratamiento de aguas residuales, vienen de más de 15 años en nuestro país. Se han realizado varios estudios a nivel de pre-inversión y expediente técnico, algunos de los cuales se están ejecutando y otros quedando a nivel de estudio, por falta de financiamiento para las obras y obras inconclusas. (MEF, 2015). Nosotros creemos que la presente investigación pretende dar solución a la problemática sobre la deficiencia de las PTAR, cerrando así este ciclo que lleva más de 15 años; aplicando una nueva metodología VDC & BIM.

Distintas investigaciones realizadas por Raúl Eyzaguirre (2015), muestran que uno de los principales problemas que presentan los proyectos son la compatibilización de planos, errores de

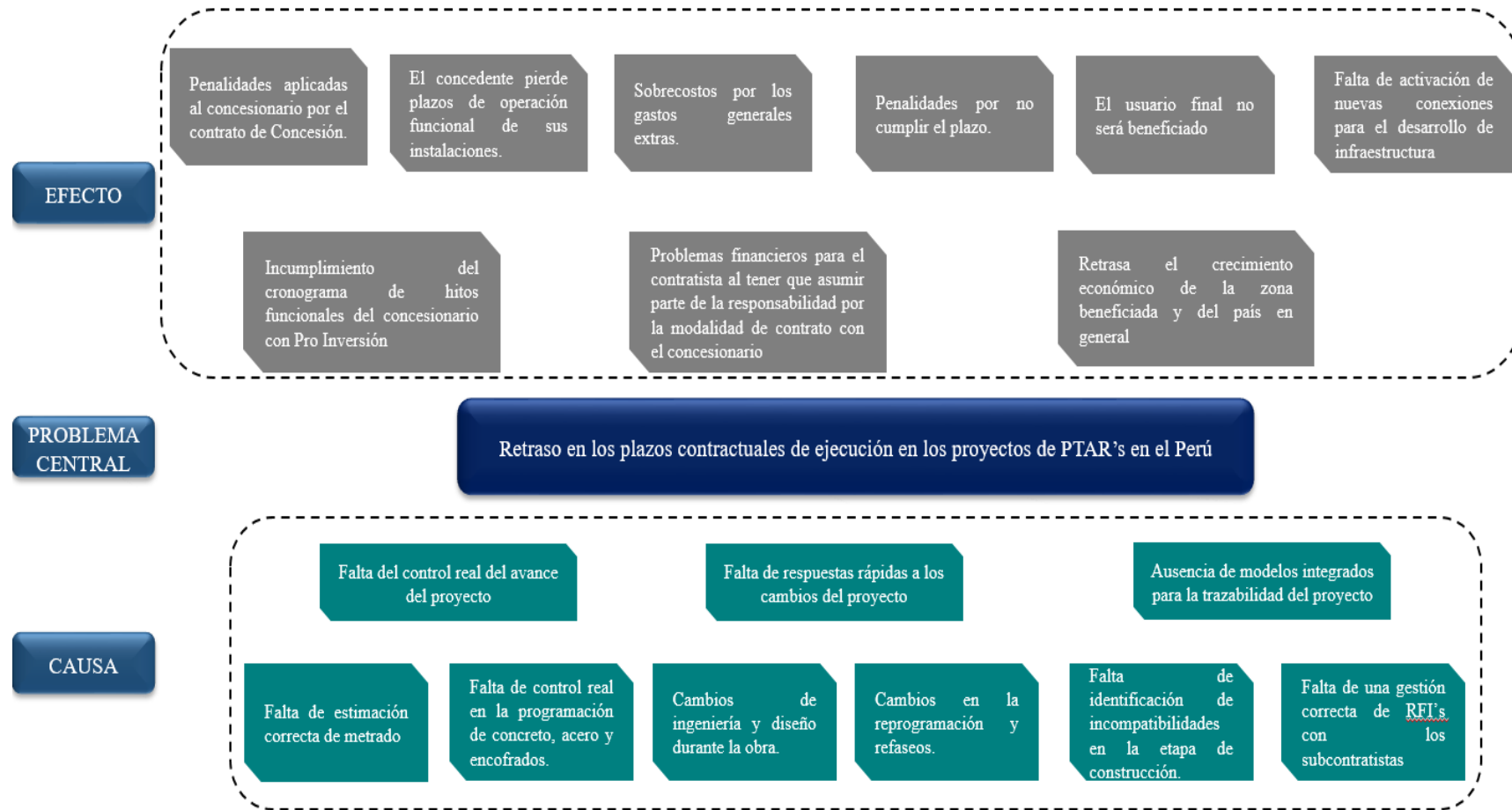
diseño que generan una gran cantidad de documentos con requerimientos de información (RFI, por sus siglas en inglés, Request for Information). Eyzaguirre no se equivoca al mencionar que la mayoría de los proyectos en general presentan errores de diseño cuando llegan a la compatibilización de planos, los mismos que se podrían corregir al momento de hacer las reuniones aplicando la metodología VDC & BIM.

Por otro lado, las incompatibilidades, incongruencias e interferencias según especialidades del proyecto originan pérdidas en costos muy altos, solicitando adicionales y ampliaciones de ejecución de plazo. También, la complejidad con lo que fueron diseñados, originando dudas y diferencias mínimas que pueden perjudicar en el tiempo de ejecución y costos si no se tiene la metodología adecuada para resolver estas diferencias. Así, la metodología que logrará engranar estas variables fijando el objetivo de los clientes y del proyecto mediante sesiones colaborativas ICE, permitirá aumentar la probabilidad de éxito de forma coordinada.

Como se puede ver, existen muchos problemas al gestionar proyectos de construcción, problemas que han sido mitigados en otras partes del mundo por medio de la aplicación VDC & BIM ya sea en normas o “buenas prácticas” tomadas por diversos países. (ver figura N° 1) (José Salinas. 2019).

Figura 1

Retraso en los plazos contractuales de ejecución en los proyectos de PTAR en el Perú.



Nota: El presente cuadro representa el retraso de los plazos contractuales de ejecución. Fuente: Elaboración propia.

### ***Plantas de tratamiento de aguas residuales internacionales***

Según J. Fernando (2021), los habitantes de América latina se encuentran concentrados en ciudades en más de un 80%. De manera que el abastecimiento de agua es insuficiente. Más aún el 70% de las aguas residuales no presentan tratamiento. Por esa razón, dificulta alcanzar el ciclo del agua, particularmente por el reúso del agua debido a su contaminación. Tanto que en el Perú solamente se ha ejecutado el 30% de la inversión pública en tratamiento de agua, de acuerdo al Plan Nacional Urbano y Rural 2006-2015.

Dentro de la realidad problemática en la presente investigación, vemos conveniente hacer referencia algunas plantas de tratamiento de aguas residuales de gran envergadura e infraestructura moderna, construidas por empresas Top a nivel mundial y por otro lado también algunas plantas nacionales modernas, con el fin de mostrar un panorama claro de cómo se ha desarrollado en otros países y cuál sería el aporte en el Perú. A continuación, se muestra la calidad a nivel internacional bajo el resultado de la metodología VDC & BIM.

#### ***PTAR Atotonilco – México***

La planta ha sido diseñada para un caudal máximo en tiempo de lluvias de 50 m<sup>3</sup>/s, lo que representa un caudal medio diario de 3'628,800.00 m<sup>3</sup>/día y de 3'024,000.00 m<sup>3</sup>/día en cada una de las épocas indicadas y permite depurar las aguas residuales de una población de 12'600,000.00 habitantes equivalentes, con un costo de USD\$ 686 millones de dólares. (ver figura N°2) (Acciona, 2019). La PTAR Atotonilco está en la lista de las más modernas porque su ejecución y desarrollo está basado en la metodología VDC&BIM, puesto que la constructora viene aplicando esta metodología desde algunos años en varios proyectos internacionales.



Figura 2

PTAR Atotonilco – México.



Nota. El cuadro representa la construcción de una PTAR bajo la metodología VDC/BIM. Fuente: Acciona (2019)

### ***PTAR Los Tajos Costa Rica***

Los Tajos es el núcleo de la I Etapa del Proyecto de Mejoramiento Ambiental de San José, un programa de actuación que incluye también la rehabilitación y extensión de la red de colectores y redes secundarias de alcantarillado en más de 360 kilómetros. Con ello, se reducirá a nivel nacional las aguas de alcantarillado sanitario sin tratamiento del 20% al 0,1% del total. El proyecto, que ha supuesto una inversión de USD\$ 45 millones de dólares (unos 40 M€) prestará servicio a más de un millón de personas, el 65% de la población estimada de la zona metropolitana de San José; se adjunta en la figura N°3 la foto de la PTAR-Los Tajos-Costa Rica. (ver figura N°3) (Acciona, 2019). Un claro ejemplo de implementar una planta de tratamiento de aguas residuales moderna muy bien equipada, construida al 100% y desarrollado con una mejor metodología de construcción moderna, llega a prestar servicio a más de la mitad de su población metropolitana.

Figura 3

*PTAR Los Tajos - Costa Rica.*



Nota: El presente cuadro representa la construcción de una PTAR en Costa Rica. Fuente: Acciona (2019).

### ***PTAR Arroyo Culebro- España***

Se encuentra en servicio desde el 2007 y presenta un caudal autorizado de 129,600.00 m<sup>3</sup>/día con tratamiento terciario avanzado con ultrafiltración que permite depurar las aguas residuales de una población de 1'224,720.00 habitantes equivalentes. (ver figura 4) (Acciona, 2019).

Acciona es una de las empresas más grandes a nivel mundial en el sector de la construcción, su amplia gama de proyectos y sus concesionarias lo llevan a un nivel diferente en cuanto a la tecnología y aplicaciones de metodologías de construcción moderna. Una PTAR como en la siguiente figura sería una solución directa a todo el problema de las plantas residuales de nuestra ciudad metropolitana.

Figura 4

*PTAR Arroyo Culebro - España.*



Nota: El presente cuadro representa una PTAR moderna en España construida bajo la metodología BIM. Fuente: Acciona (2019)

### ***PTAR Ibarra- Ecuador***

La EDAR ha sido diseñada siguiendo un riguroso plan de protección ambiental evitando cualquier afección negativa sobre el entorno en el que se encuentra. El diseño de la planta se ha implantado un sistema de depuración biológica de nutrientes que permite conseguir unos parámetros de calidad del efluente óptimos. Con una capacidad de 43,200.00 m<sup>3</sup>/día para una población de 197,000.00 habitantes equivalentes y una inversión de USD\$ 30 millones de dólares. (ver figura N° 5) (Acciona, 2019).

Figura 5

*PTAR Ibarra - Ecuador.*



Nota: El presente cuadro representa una PTAR moderna en Ecuador. Fuente: Acciona (2019)



Es importante resaltar que mostramos mejoras en flujos y procesos constructivos, pero se ha demostrado que existe poca dedicación a la implementación o mejoras de tecnologías de gestión, las cuales ya se han implementado en otros países con mucho éxito. (Cheng & Lung, 2015) recopilaron los principales aportes realizados por cada país en materia de implementación VDC & BIM.

A continuación, en la Figura N°6 presentamos un resumen de la recopilación dada, donde destacan Reino Unido, Singapur y Australia, con el fin de garantizar una activa, continua y temprana integración asociados al trabajo colaborativo de los grupos profesionales interdisciplinarios, generando ahorros en los costos de la construcción.

*Figura 6*

*Principales aportes por cada país en materia de implementación BIM.*

Region	Country/ Organization	Year Range	Quantity		
			Gov. Body	Non-profit Org.	Total
The United States	Nation-wide	2007-2015	9	15	24
	State-wide and city-wide	2009-2013	8		8
	University-wide	2009-2013		15	15
	Sub-Total		17	30	47
Europe	the United Kingdom	2007-2015	3	15	18
	Norway	2008-2013	4	2	6
	Finland	2007-2013	2	1	3
	Denmark	2007		4	4
	Sweden	2009		1	1
	Netherlands	2013	2		2
	Sub-Total		11	23	34
Asia	Singapore	2008-2013	12		12
	Korea	2009-2011	5	1	6
	Japan	2012-2013		3	3
	Mainland China	2013-2015	4		4
	Taiwan	2010-2014		4	4
	Hong Kong	2009-2014	4	2	6
	Sub-Total		25	10	35
Australasia	Australia	2009-2015	3	5	8
<b>Total</b>					<b>123</b>

Nota. El presente cuadro representa los principales aportes por cada país en materia de implementación BIM. Fuente: Cheng & Lung (2015).

### ***Importancia de los proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales para el Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad del Perú (PNIC-2019)***

El 28 de Julio de 2019 el MEF (Ministerio de Economía y Finanzas) presenta por primera vez en la historia del Perú el PNIC (Plan de Nacional de Infraestructura para la Competitividad) como una herramienta fundamental que permitirá asegurar el crecimiento, el progreso y el bienestar de los peruanos con un horizonte de corto, mediano y largo plazo, (MEF, 2019).

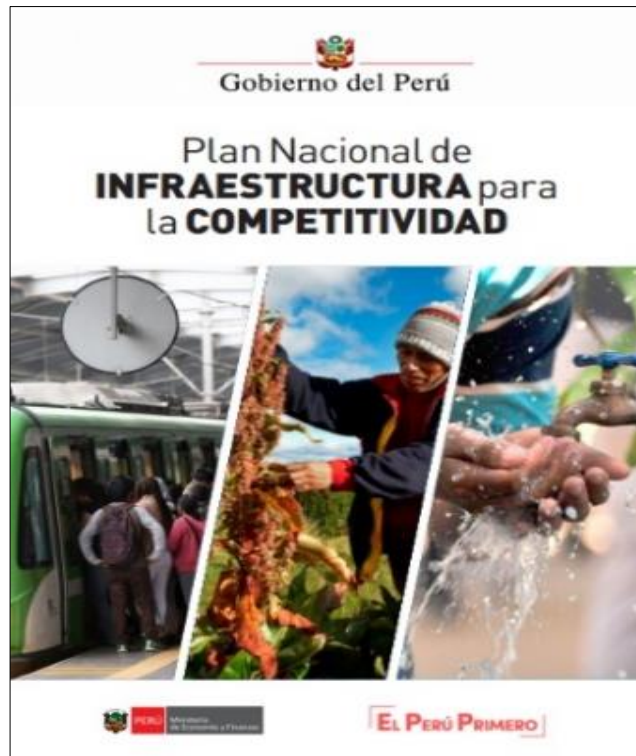
En este documento, se identificó que tenemos una brecha de infraestructura de acceso básico de 363 mil millones de soles si nos comparamos con países desarrollados. El MEF con apoyo del BID (Banco Interamericano de Desarrollo) y British Embassy Lima seleccionaron los 52 proyectos a priorizar de un total de 99 proyectos de transporte, 18 proyectos de comunicaciones, 49 proyectos de energía, etc. que contribuirán a cerrar las brechas para afianzar el progreso del Perú. (MEF, 2019).

Para garantizar el éxito del PNIC, se propuso una institucionalidad cuyos principales objetivos serán el monitoreo permanente de los proyectos y el planeamiento en los distintos niveles de gobierno, promoviendo medidas como los Project Management Offices (PMO), los Contratos PNIC, Diálogos Macrorregionales y el BIM. (ver figura N°7) (MEF, 2019).

De los 52 proyectos seleccionados se destacan 3 proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales son promovidos por el MVCS (Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento) que requieren una inversión de S/. 2,817.00 millones de soles que son de suma importancia para el desarrollo de infraestructura en el país:

Figura 7

*Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad.*



Nota: La figura representa el Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad. Extraído de PNIC (2019).

### **PTAR – Titicaca**

Esta planta de tratamiento de aguas residuales complementaría los proyectos de agua y saneamiento en la ciudad de Puno y Juliaca y beneficiará a más de 1,2 millones de personas en las diez localidades ubicadas alrededor del lago Titicaca. Además, contribuirá a la reducción de enfermedades causadas por aguas residuales actualmente no tratadas. (ver figura N° 8) (Pro inversión, 2019).

Figura 8

PTAR Titicaca.



Nota. La figura representa la planta de tratamiento de aguas residuales Titicaca. Fuente: Pro inversión (2019).

### PTAR - La Chira

Se construirá un nuevo colector de 7 kilómetros, dos nuevas líneas de tratamiento en la planta de tratamiento de aguas residuales y una cámara de carga que

Permita el vertimiento de las aguas tratadas a través del emisario submarino existente. Todo lo anterior permitirá conducir, dar tratamiento y disponer de 4.600 litros por segundo de agua residual adicionales. Se podrá atender al futuro complejo habitacional Nueva Rinconada y mejorar la conducción del desagüe en 18 distritos de Lima (ver figura N° 9) (Pro-inversión, 2019).

Figura 9

PTAR la Chira.



Nota: La figura representa la planta de tratamiento de aguas residuales moderna en Chiara. Fuente: Pro-Inversión (2019)

Debido a la creciente y desarrollo tecnológico, impulsado por las industrias, aparecen nuevos desafíos e impactos fundamentales para todos los sectores de negocios en el Perú. Pues, para poder andar de la mano con este continuo desarrollo tecnológico, es fundamental innovar, crear e incrementar el valor a nuestros proyectos. Es por ello que nuestro sector de la construcción no puede quedar de lado frente a las ventajas que brinda el desarrollo tecnológico.

VDC & BIM surge frente a la necesidad de las industrias Arquitectura, ingeniería y Construcción (AEC) ante la decreciente productividad que venía mostrando. Estudios realizados en USA mostraron que una de las causas han sido el poco uso de la tecnología (Hannes Lindblad, 2017).

### ***1.1.1. Antecedentes:***

La investigación realizada en EE. UU por Kunz & Fisher (2008); en su artículo “Diseño virtual y construcción VDC: temas, estudios de caso y sugerencias de implementación”, describe la teoría y los métodos de VDC para mejorar las malas prácticas en la construcción, también resalta la integración de los procesos tanto constructivos como de diseño en la viabilidad de los proyectos.

Dentro de su desarrollo incluyen ejemplos específicos de modelos y objetivos precisos, así como sugerencias detalladas sobre cómo implementar VDC en la práctica. Los modelos de VDC son virtuales porque muestran descripciones informáticas del proyecto. El modelo de proyecto VDC enfatiza aquellos aspectos del proyecto que pueden diseñarse y administrarse, es decir, el ***producto*** (generalmente un edificio o planta), la *organización* que lo definirá diseñará, construirá y operará. Estos modelos están *integrados* lógicamente en el sentido de que todos pueden acceder a datos compartidos, y si un usuario resalta o cambia



un aspecto de uno, los modelos integrados pueden resaltar o cambiar los aspectos dependientes de Modelos relacionados. Está investigación enfocada al proceso de evaluación de proyectos de una PTAR-AREQUIPA 2020, nos permitirá implementar la organización de los modelados de una forma integral para que todos los usuarios involucrados en el proceso constructivo puedan manejar una misma interpretación a la hora de llevar a cabo la ejecución del proyecto.

La tesis realizada en Colombia por Cerón & Levano (2017), nos muestra a través de su "Plan de Implementación de la metodología BIM en el ciclo de vida de un proyecto, la aplicación de fases de trabajo para utilizar la metodología BIM en las compañías constructoras", a través de un modelado 3D y unas bases de datos organizadas para poder realizar una integración técnica entre las diferentes disciplinas tales como la arquitectura, la estructura, la parte eléctrica, la hidrosanitaria y de esta forma tener parámetros claros para el correcto desarrollo de un proyecto arquitectónico.

La presente tesis fue desarrollada en Colombia debido a que los procesos constructivos y de diseño afrontaban un bajo nivel en la tecnología, esto se evidenciaba en la falta de coordinación que tenían los proyectos; como conclusión se demostró que la implementación de BIM en el ciclo de vida de un proyecto en Colombia, beneficiaría económicamente a las compañías constructoras por cada proceso optimizado y cada reproceso economizado.

Esta tesis nos ha permitido poner en efecto la tecnología BIM en Perú bajo el mismo criterio que tiene Colombia respecto a sus malas prácticas de construcción, dentro de ello es notorio los altos costos de ejecución, la falta de coordinación y un desorden constructivo en que visualizaremos en la etapa de evaluación de proyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales; Bim surge como alternativa de solución para mejorar la eficiencia en la construcción mostrando mejoras en los costos de los proyectos.

El artículo de investigación realizado en Japón, por Hassan, Taib & Abdul (2018), en el “Diseño y construcción virtual, como nueva comunicación en la industria de la construcción” nos muestra el desarrollo de la implementación del VDC en la etapa de licitación para apoyar la planificación de la construcción en entorno virtual logrando con ello mejorar la eficiencia, la velocidad y la precisión. Con la introducción de VDC sigue la creación de nuevos roles y nuevas formas de comunicarse dentro de la industria. El objetivo de la tesis fue identificar la aplicación de las buenas prácticas de VDC durante la etapa de licitación con las partes involucradas.

La investigación del diseño y construcción virtual pone en evidencia que el éxito de los proyectos de construcción depende en gran medida de la

comunicación efectiva entre disciplinas, es así como VDC & BIM permiten un diseño virtual, en el cual se simula un modelado para optimizar recursos en la etapa previa a la construcción, logrando el ahorro de costos mediante el control de los flujos de trabajo.

La tesis sirve de referencia para cuantificar la optimización del proceso constructivo de una PTAR, mediante la aplicación de VDC, para ello hemos hecho uso de sus buenas prácticas como la coordinación entre las disciplinas involucradas a la hora de ejecutar el proyecto y la identificación de las incompatibilidades previas a la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales.

El artículo, realizado en Noruega por Vergard & Svalestuen (2014), donde sostienen a través de la “Implementación del diseño y construcción virtual (VDC) la utilización de medidas simples para mejorar el diseño en el proceso de gestión”, la forma en que la productividad de la industria AEC en Noruega ha disminuido desde los años 80 y Veidekke ha buscado nuevos enfoques para abordar el problema. Uno de los enfoques en la implementación del diseño y construcción virtual (VDC) ha sido la utilización de medidas simples para mejorar el proceso de diseño; para abordar a detalle las medidas de mejora de

un proyecto, eligieron trabajar con la Universidad de Stanford y CIFE para mejorar la eficiencia de la fase de planteamiento, mediante el uso de Diseño y Construcción Virtual (VDC).

A través de un curso certificado en VDC, los participantes recibieron una introducción al uso de VDC y al año siguiente implementaron VDC en sus proyectos. El objetivo de este documento fue presentar algunas de las experiencias de los participantes del curso en la implementación de VDC en sus proyectos y mostrar cómo las métricas simples pueden documentar sus esfuerzos.

Este estudio, expone ejemplos aplicativos, el cual nos ha servido como base para registrar la manera en que los participantes utilizaron VDC en su gestión logrando disminuir costos y mejorando la gestión, se realizó videoconferencias progresivas en el cual se informaba de los avances semanales en los proyectos, puesto que VDC, resulta ser un modelo base en la construcción virtual que se adapta a las distintas fases de los proyectos.

En la investigación española, Salinas & Prado (2019) presentaron mediante "Building Information Modeling (BIM) para la gestión del diseño y construcción de proyectos públicos peruanos", una propuesta de aplicación de la tecnología BIM (Modelado de la Información de las Construcciones) en proyectos públicos peruanos de construcción. La finalidad de esta propuesta fue obtener beneficios desde el diseño basándose en un proceso colaborativo e integrador de todos los involucrados para el entendimiento del proyecto a través de la visualización de modelos virtuales, detectando interferencias y logrando soluciones que presentan los proyectos. Lo mismo que conlleva a la reducción de adicionales y ampliaciones de plazo durante el proceso de construcción. Si bien la tecnología BIM se debe aplicar desde el diseño, también se presentó una propuesta de la aplicación

BIM para proyectos que ya cuenten con un expediente técnico aprobado y su aplicación se direcciona en la etapa de construcción.

El artículo realizado en España centró su investigación mediante la aplicación de BIM en la gestión del diseño y construcción, debido a que identificaron problemas como la falta de compatibilización en los planos, errores de diseño y distribución en la gestión, que afectan a la productividad y a los costos de los proyectos. Se muestra la aplicación exitosa del BIM en varios países y se pone como ejemplo los problemas que presentaron los proyectos de inversión pública (PIP) del sector salud.

Es de gran apoyo para nuestra tesis, seguir los pilares de identificación de problemas en la etapa anticipada de la construcción como se ve desarrollada en este estudio, a través del desarrollo que le dan entendiendo los modelos virtuales en favor de una ejecución coordinada para aumentar la productividad y disminuir los altos costos de ejecución.

En la tesis peruana, realizada por, Saavedra & Rodríguez (2017) mediante la “Implementación del VDC en la etapa del planeamiento del proyecto aloft, para minimizar la cantidad de solicitudes de información (SI) y no conformidades (NC), en la etapa de ejecución – Perú”, exponen una deficiencia encontrada dentro de los proyectos ya realizados, a través de la cantidad de Solicitud de Información (SI) que se identifican durante la construcción, estos son derivados al especialista encargado del diseño o al cliente y, en muchos casos, terminan definiendo una ruta crítica dentro del cronograma de avance de construcción y/o al dilatarse el tiempo de respuesta o nunca tenerla, derivan en toma de decisiones en campo que crean la posibilidad de rechazo ante la entrega final al cliente. Por ello, para minimizar estos desperdicios se plantea el uso de VDC mediante sesiones colaborativas e integradas con parte del equipo de Proyecto: Sub contratistas, Contratista principal y proveedores; el objetivo del proyecto se logrará si cada una de las partes involucradas trabaja desde la etapa de planeamiento de manera integrada. De esta manera,

se logró llegar a la etapa de ejecución con menos probabilidad de incurrir en gastos adicionales al valor de entregable final.

La tesis realizada tiene como objetivo aplicar el VDC en un entorno comunicativo para la constructora, contratistas y proveedores en la etapa de ejecución del proyecto, cuyo fin es minimizar las no conformidades y los problemas documentarios que se dan en el proceso, logrando de este modo minimizar futuros gastos que se incurren por incompatibilidades en la gestión constructiva.

### ***1.1.2. Definiciones Conceptuales***

#### **BIM – Building Information Modeling**

Para Eastman (2008), la metodología BIM, es uno de los desarrollos más prometedores en las industrias de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC), porque simula el proyecto de construcción en un entorno virtual. La tecnología BIM, permite construir digitalmente a través de un modelo virtual preciso de la edificación a construir. Cuando se completa, el modelo generado por computadora contiene geometría precisa y datos relevantes necesarios para apoyar las actividades de construcción, fabricación y adquisición necesarias para realizar el edificio.

#### **VDC- Virtual Design Construction**

Gonzales Moreno (2012), define a la metodología Virtual Design and Construction (VDC), en su artículo "Ingeniería y Construcción TYCH",

como al uso integrado de modelos multidisciplinarios que permitan medir el desempeño del diseño y construcción, incluyendo los modelos de los productos, las obras, los procesos de trabajo y las organizaciones para lograr los objetivos del negocio.

Este documento describe la teoría y los métodos de VDC, e incluye ejemplos específicos de modelos y objetivos precisos, así como sugerencias detalladas sobre cómo implementar VDC en la práctica.

Fischer y Kunz (2004), en sus investigaciones redactan que Diseño y construcción virtual (VDC), consiste en utilizar modelos informáticos multidisciplinarios que contienen objetivos de rendimiento, cronogramas de construcción y datos sobre la organización de los equipos de construcción y operaciones para promover una mejor integración entre arquitectura, ingeniería, construcción, operaciones y estrategias comerciales.

Los objetivos principales de VDC son utilizar modelos 4D para crear alternativas para proyectos y anticipar su comportamiento y desempeño (Breit et al. 2008). Los estudios muestran que VDC desencadena la construcción Lean y mejora el rendimiento de la entrega de diseño y construcción (Khanzode et al.2006).

El VDC es una herramienta muy efectiva para mejorar la gestión de la construcción, pero su utilización requiere cambios significativos en los protocolos, la mentalidad y el comportamiento conservador de la industria de la construcción (Khanzode et al. 2006; Li et al. 2009).

### **PTAR-Planta de Tratamiento de Aguas Residuales:**

Para Acciona (2019). el tratamiento de aguas residuales o depuración consiste en eliminar o reducir los contaminantes físicos, químicos y biológicos del agua procedente del uso ciudadano hasta alcanzar las características de calidad y cantidad necesarias. El proceso se lleva a cabo en una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) también conocidas como Planta de Tratamiento de Aguas residuales (PTAR).

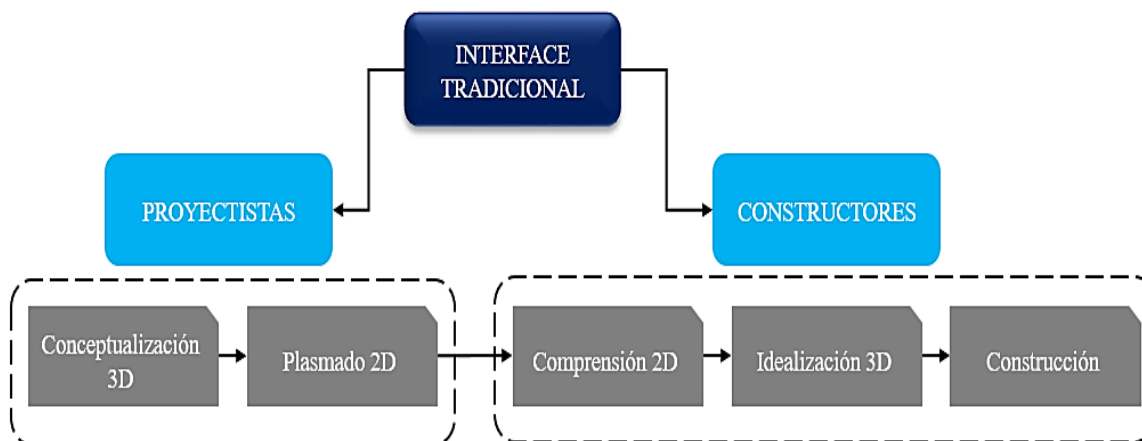
### **Construcción tradicional:**

Métodos, pasos y sistemas antiguos que se han modificado a través del tiempo, pero que no han cambiado su esencia; siendo una forma primaria en la industria de la construcción, utilizan materiales térreos, madera o concreto. Para fijar cuál es el material más idóneo en cada circunstancia o para cada tipo de obra, es necesario conocer previamente la función que van a cumplir, la disponibilidad, la repercusión económica del elemento

acabado, y los medios que conllevan su puesta en obra. La construcción tradicional, compleja, puede resultar menos ventajosa por su tiempo de realización, garantía de calidad y aspecto estético. (ver figura N°10) (Bonilla et al, 2003)

Figura 10

Interfaz tradicional.



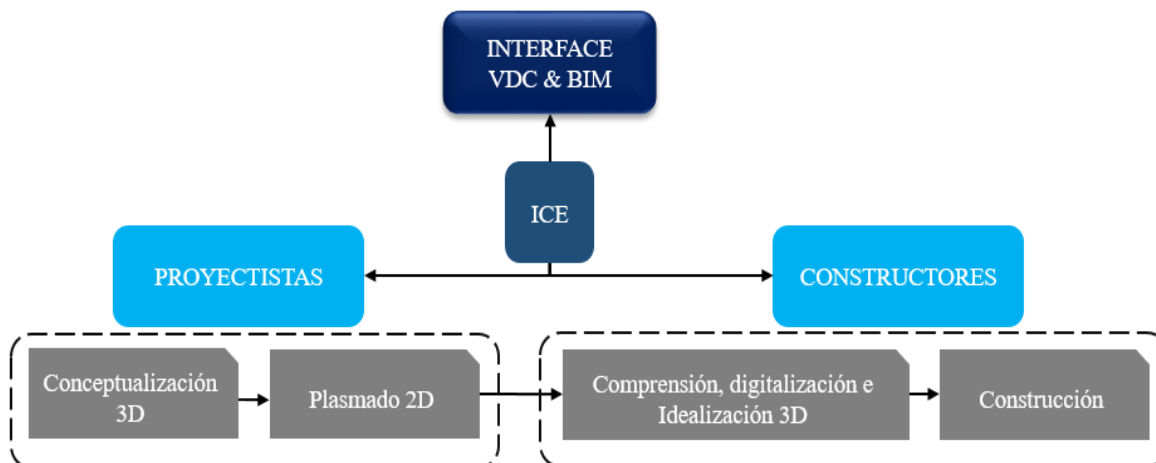
Nota: El flujograma presente muestra la interfaz tradicional entre proyectistas y constructores. Fuente:

Elaboración Propia.

### Construcción VDC & BIM:

Los términos VDC y BIM de manera intercambiable, BIM representa la forma / alcance del producto, que es una parte crucial pero pequeña del marco VDC (Kunz y Fischer, 2011). Cuando hacemos referencia a VDC, nos referimos al método de marco completo (POP), que tiene BIM como parte de la definición del producto. BIM se relaciona con otros métodos y herramientas como modelos de producción, cronogramas de métodos de ruta crítica (CPM), modelos organizacionales y modelos 4D. 4D se refiere a las cuatro dimensiones de X, Y, Z y tiempo, es decir, 4D es 3D BIM + horario (tiempo) (ver figura N° 11).

Figura 11: Interfaz VDC & BIM.



Nota: El flujograma presente muestra la interface tradicional entre proyectistas y constructores mediante sesiones ICE. Nota. Elaboración Propia.

### Procesos constructivos:

Se define Proceso Constructivo al conjunto de fases, sucesivas o solapadas en el tiempo, necesarias para la materialización de un edificio o de una infraestructura. Si bien el proceso constructivo es singular para cada una de las obras que se pueda concebir, si existen algunos pasos comunes que siempre se deben realizar (Martínez Ana, 2015)

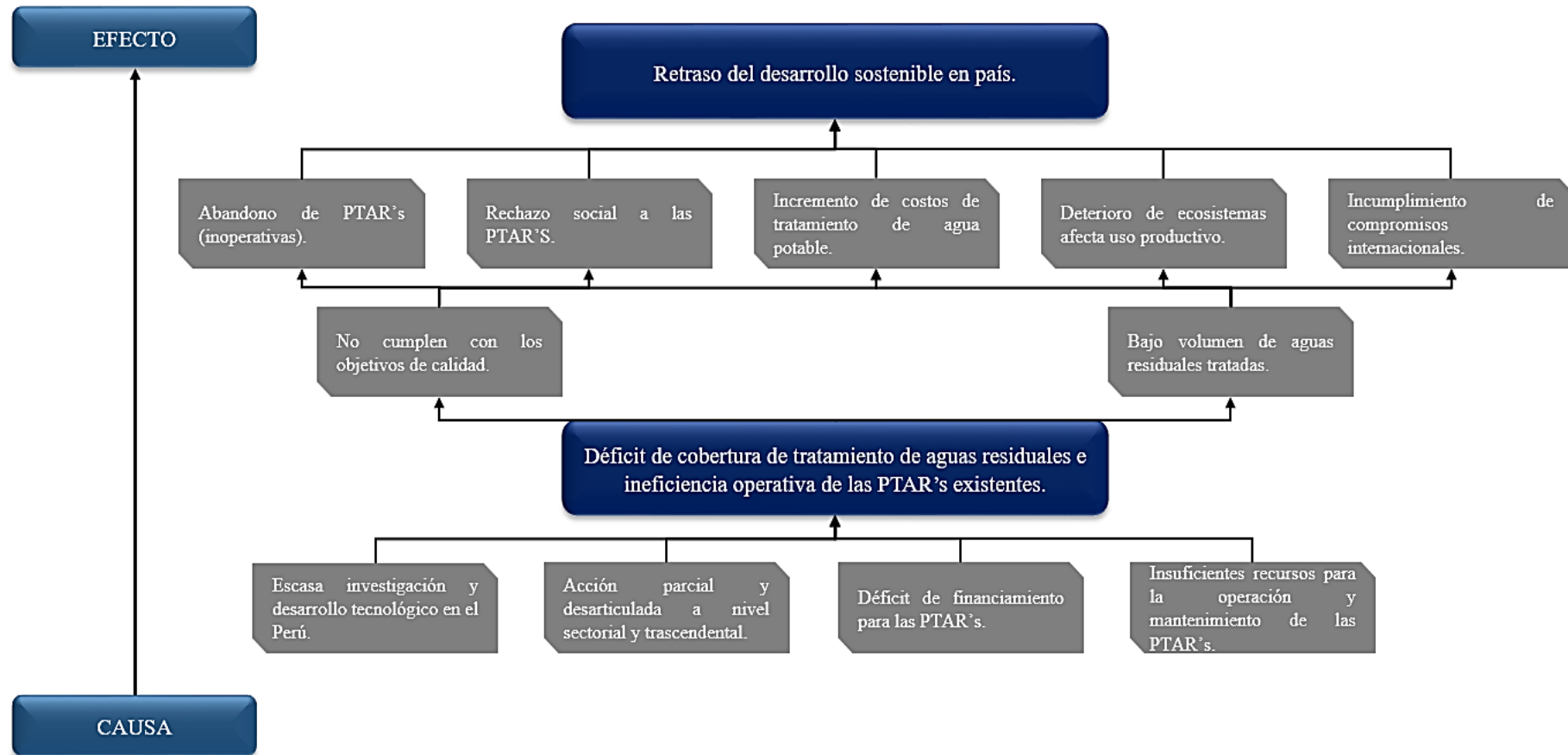
### Déficit de cobertura e ineficiencia operativa

Lacoviello (2005), en las obras realizadas se han evidenciado problemas de delimitación de la cantidad de trabajo por ejecutar, lo que, a su vez, ha ocasionado atrasos con respecto a su cronograma base, sobre costos no contemplados y problemas de calidad. En otras palabras, en este momento se tiene poca planificación de los pasos de procesos, los tiempos y los recursos que se requieren. Además del incremento en los costos también afecta la satisfacción del cliente, e incluso con una duración excesiva la empresa se pone en problemas legales con los clientes que incluyen cláusulas de penalización por incumplimiento en el plazo de entrega.

A continuación, en la figura N°12, se mostrará el flujo grama de déficit de cobertura e ineficiencia operativa.



Figura 12: Déficit de cobertura e insuficiencia operativa de las PTAR's existentes.



Nota: El flujograma presente muestra la causa efecto en los proyectos PTAR que llevan al retraso del desarrollo sostenible en el país. Fuente: Propia.

### **1.1.3. Bases Teóricas:**

#### **VDC-VIRTUAL DESIGN CONSTRUCTION**

Fisher y Kunz (2004), en sus investigaciones a VDC manifiesta que se entiende como una metodología, que utiliza modelos basados en computadoras multidisciplinarias en el campo de la construcción, incluido el producto (el edificio), la organización del diseño, la construcción, el equipo operativo, los procesos económicos y los resultados (calidad, costo, tiempo) para respaldar objetivos de integrar estrategias de diseño, construcción, operaciones y negocios.

El uso de la metodología VDC tiene soporte en 4 pilares: modelos virtuales (BIM), mapeo de procesos, Sesiones ICE y métricas. Estos pilares permiten que la metodología pueda satisfacer los objetivos planteados por los clientes y a su vez cumplir con los objetivos del proyecto. (ver figura N° 13) (VDC Certificate Program, 2012).

Según José Taboada y Paúl Alcántara, en su artículo “Toma de decisiones y revisión de diseño a partir de la construcción digital y la aplicación de la metodología VDC” se basan en 4 pilares fundamentales para la implementación en los proyectos.

Gestionar el desarrollo del proyecto, a través de la construcción digital del proyecto, antes de ejecutar el proyecto, por medio del uso de herramientas Modelado de la Información del Edificio (BIM), durante sus diferentes etapas. A través de la construcción digital se puede revisar anticipadamente y evitar incompatibilidades que presente el proyecto (Taboada,2015).

Gestionar los procesos y la producción, por ejemplo, a través de la ejecución del sistema del Último Planificador (Last Planner) en conjunto con los responsables de producción y el mapeo de procesos con todos los involucrado, se podrá ver los avances productivos para un mayor control de trabajo (Taboada,2015).

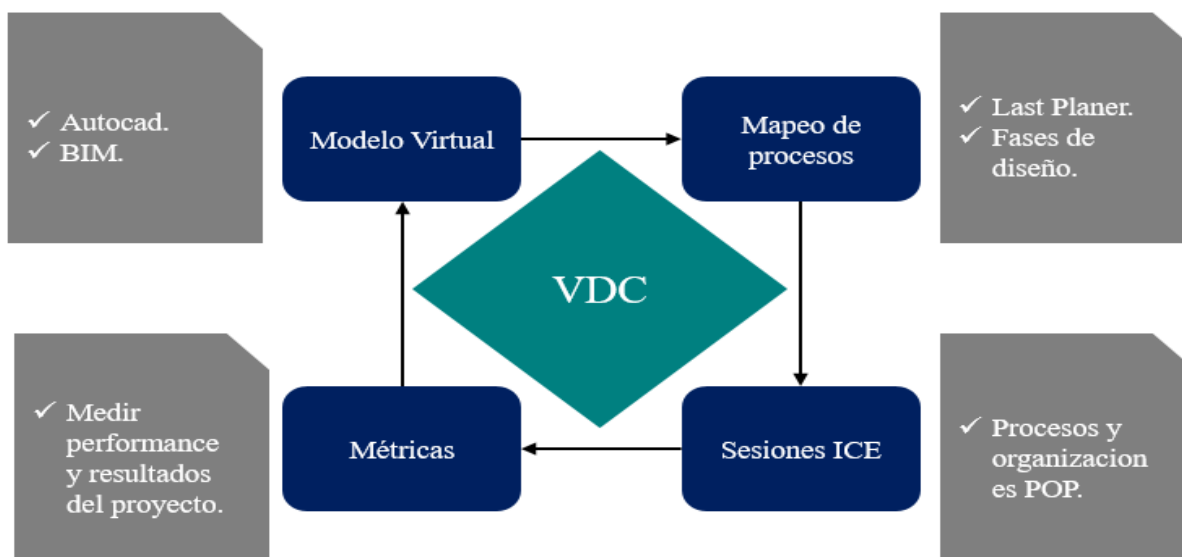
Gestionar la organización del proyecto y la interacción entre equipos multidisciplinarios, a través de la ejecución de sesiones de trabajo de Ingeniería Concurrente Integrada (ICE) y el uso de salas inteligentes de trabajo (iRooms). (Taboada,2015)

Gestionar la ejecución del proyecto por objetivos, a través del uso continuo de indicadores de desempeño (Métricas), como puede ser la reducción del tiempo de respuesta de las Solicitudes de Información (RFIs). (Taboada,2015)

VDC es un conjunto estructurado y medido de actividades diseñadas para producir un resultado específico. Implica un fuerte énfasis en cómo el trabajo se realiza dentro de una organización, en contraste con un enfoque de producto puro. (Davenport, 1993). VDC se basa en el uso de modelos, o data base que permite planificar, procesar y verificar en todas las fases del ciclo de vida de un proyecto, desde el diseño previo hasta el fin de un proyecto.

Figura 13

Pilares de la metodología VDC



Nota: El flujograma presente muestra el ciclo de procesos que presenta la gestión VDC. Fuente: Propia.

## BIM-BUILDING INFORMATION MODELING

En sus investigaciones Eastman (2008), simula al proyecto de construcción en un entorno virtual. Con la tecnología BIM, se construye digitalmente un modelo virtual preciso de un edificio. Cuando se completa, el modelo generado por computadora contiene geometría precisa y datos relevantes necesarios para apoyar las actividades de construcción, fabricación y adquisición necesarias para realizar el edificio.

El Perú cuenta con un Comité BIM perteneciente al Instituto de la Construcción y el Desarrollo (ICD) de la Cámara Peruana de la Construcción CAPECO. Este comité tiene sus inicios el año 2012 y es conformado por profesionales con estudios y experiencias propias en la aplicación de BIM, en diversos proyectos; su fin principal es compartir el uso de la metodología BIM en el mercado mostrando la interacción y ahorro en procesos de la construcción para mantener las buenas prácticas.

Sus objetivos son:

- ✓ “Difundir las ventajas y metodología de trabajo en todas las empresas del sector.
  - ✓ Lograr alcanzar una estandarización en el uso y aplicación del Sistema BIM a nivel nacional.
  - ✓ Ser el soporte del crecimiento del uso de esta metodología. Promover la capacitación en temas BIM a los diferentes profesionales y técnicos del sector.
  - ✓ Transformar la manera de gestionar proyectos mejorando la colaboración multidisciplinaria en la gestión de proyectos de construcción, mediante la correcta aplicación de la metodología BIM.
  - ✓ Generar un grupo de profesionales interesados en BIM para potenciar su praxis.
- (Comité BIM, 2014)

Existen mejores formas para definir los temas que intervienen en la digitalización de la construcción y es a través de las dimensiones. Para realizar el modelamiento son necesarias las 3 dimensiones conocidas. Sin embargo, para introducir información de tiempo, costo, sostenibilidad y gestión, es importante contar con nuevas dimensiones. El presente cuadro representa un diseño “BIM based” (ver figura N° 14). (BIGLUS, 2015).

- ✓ 3D: Producto modelado.
- ✓ 4D: Análisis de duración.
- ✓ 5D: Análisis de costo.

- ✓ 6D: Evaluación de sostenibilidad.
- ✓ 7D: Fase de Gestión.

La presente investigación abordará hasta la quinta dimensión; realizando un modelado de la planta de tratamiento, un análisis de duración y finalmente un análisis de costo.

Figura 14

Dimensiones BIM.

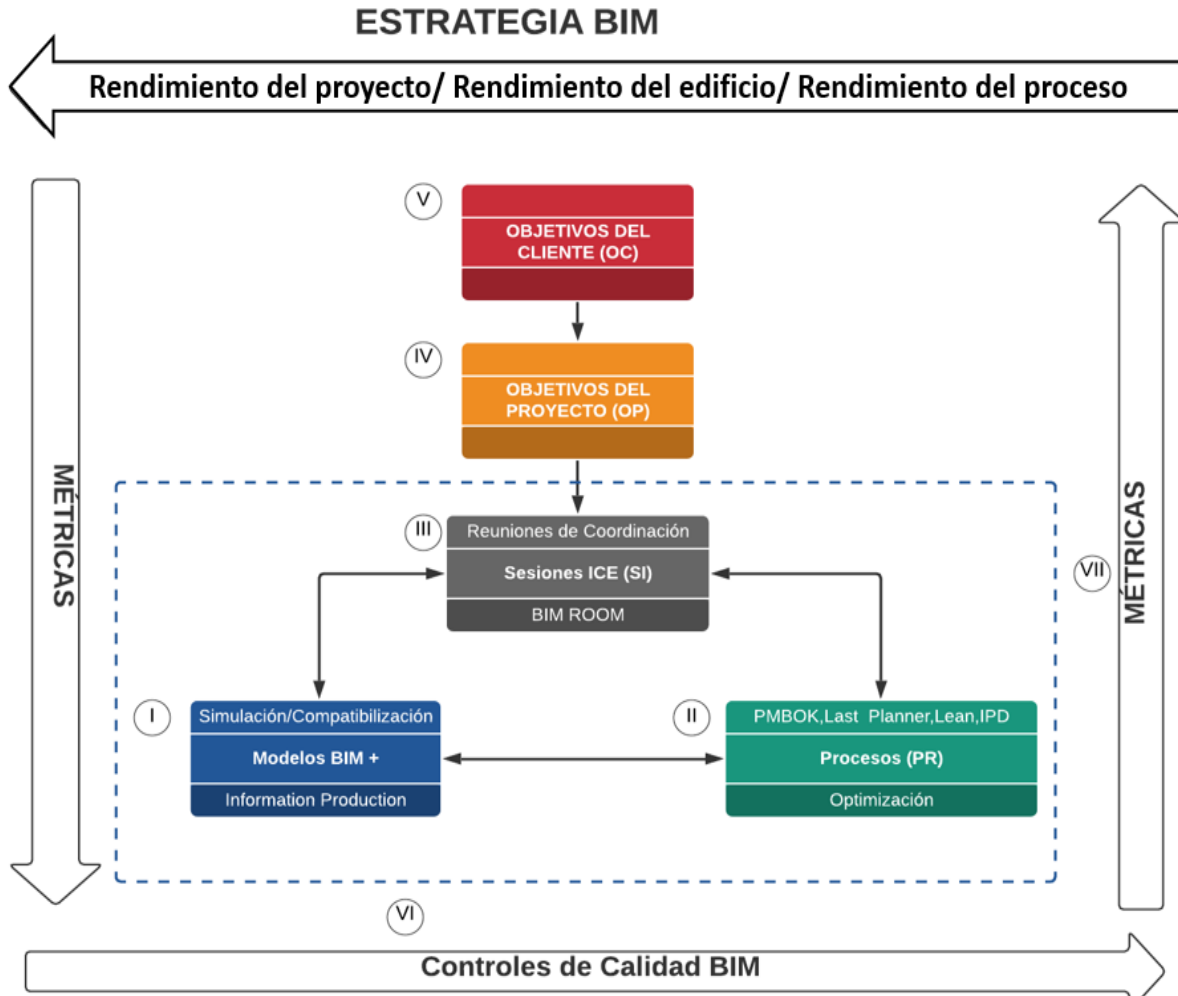


Nota: La imagen representa las dimensiones BIM. Fuente: Extraído de Biglus (2020)

A continuación, en la Figura N°15, se muestra la estrategia que seguirá el proyecto BIM que garantizan la consistencia del enfoque a ser usado. Donde el modelado BIM surge para dar soporte, mejorar y optimizar los procesos de organización del proyecto en un entorno colaborativo en base a sesiones "ICE" que propicie la participación temprana de los principales "Stakeholders" del proyecto y la toma acertada de decisiones para cumplir de la manera más eficiente y eficaz los objetivos del proyecto agregando valor a los objetivos del cliente (Sacyr, 2020).

Figura 15

Estrategia BIM.



Nota: El flujograma muestra la estrategia BIM mediante métricas y controles de calidad. Fuente: Extraído de Sacyr (2020)

### VDC/ BIM -FASE DE EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Salih Sen (2020), muestra a través de sus artículos de investigación el impacto de VDC / BIM en la fase de producción se captura a través de una entrevista con el Gerente de Producción del proyecto residencial ALFA de Veidekke Construcción AB. Uno de los resultados mostró que la definición de BIM / VDC se limita más a una herramienta para visualización, estimación de costos y cantidades y detección de conflictos.

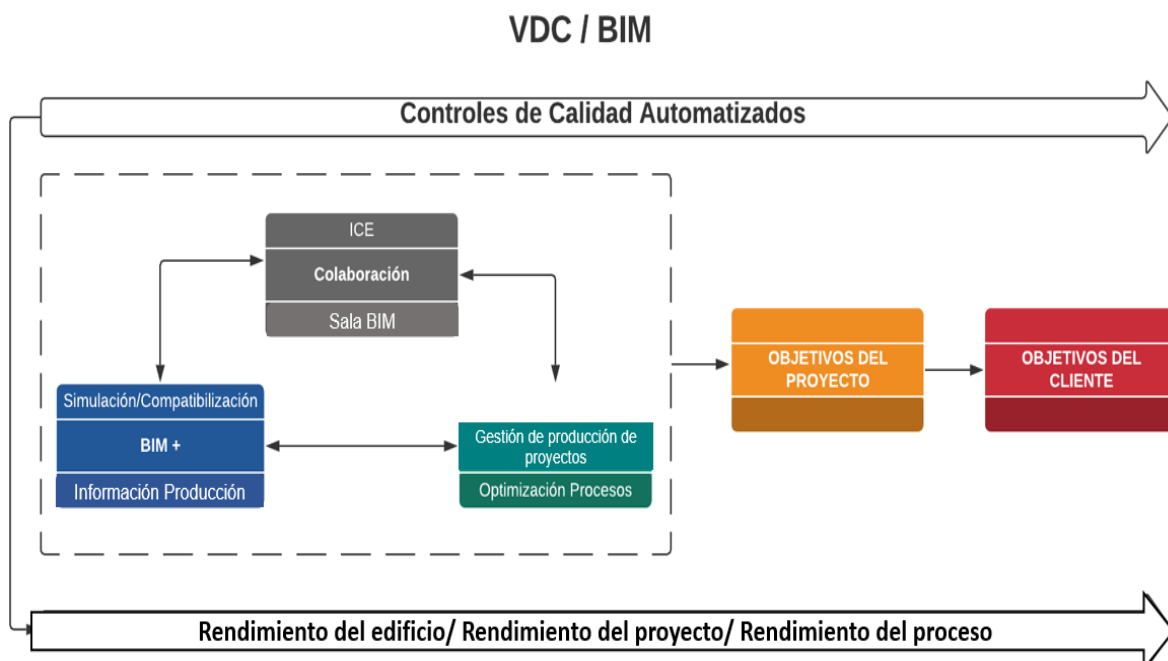
Sin embargo, Kunz y Fischer (2012), en sus investigaciones asevera que la naturaleza de VDC en sí misma tiene más que ver con la idea del modelo ICE y POP que representa el Producto, la Organización y el Proceso. Es decir, VDC, es un proceso en el cual se apoya la

gestión de la construcción para minimizar las incompatibilidades y consultas de las partidas dentro de un proyecto, a diferencia del BIM, que es la herramienta con la cual se hace el modelado y se muestra una realidad del proyecto antes de su ejecución. (ver figura N°16)

Otro resultado mostró que uno de los principales propósitos de VDC en la fase de producción es la visualización, los despegues de cantidad, la programación y la detección de conflictos. Debido a la visualización y la detección de conflictos, la cantidad de RFI, órdenes de cambio y problemas de comunicación de campo se redujeron notablemente. Además, se lograron mejores colaboraciones con los actores involucrados en el proyecto, incluidos los subcontratistas. Según el gerente de producción del proyecto ALFA, podría ser difícil para las personas que se acostumbran a trabajar tradicionalmente con dibujos en 2-D confiar en el modelo y usarlo. Es más fácil para esas personas se implemente abrir un dibujo en 2D y solucionar el problema en comparación con una situación para abrir el modelo y analizar con su limitado conocimiento de la computadora Salih Sen. (2020).

Figura 16

VDC/BIM



Nota: El flujograma muestra la estrategia BIM mediante métricas y controles de calidad. Fuente: Extraído de Sacyr (2020)

## GESTIÓN DE PROYECTOS

Todo proyecto se apoya en una gestión de proyectos, para entender, crear, planificar y regular los procesos en inicios, durante el desarrollo y en el cierre de las actividades para distintas obras, una buena gestión es en base de las buenas prácticas durante la ejecución y construcción.

La optimización en la gestión de tiempo se contempla como factor de éxito, motivo por el cual la estimación es más estricta y limitada. Se establece un correcto desglose de actividades, por lo general alineado a los costos. Como problemas se pudieron detectar alcances deficientes, falta de identificación de riesgos que perjudican los tiempos para la ejecución del proyecto, cronogramas no detallados y seguimiento inapropiado en el cronograma.

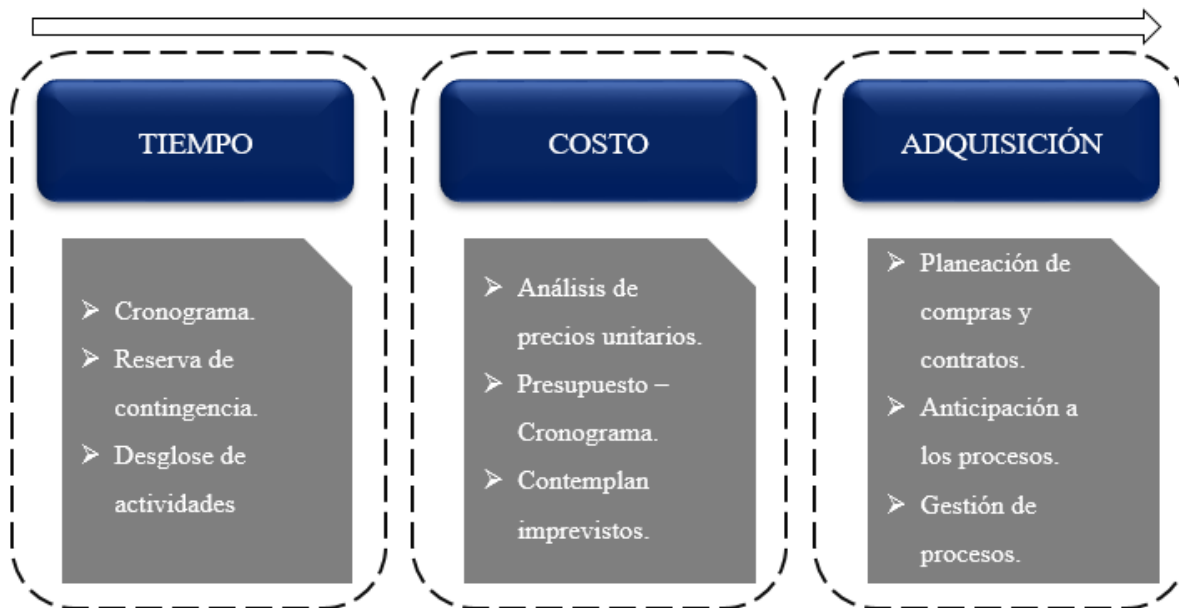
La gestión de costos es óptima, ya que se hace un análisis de precio unitario (APU) a cada actividad; no es recomendable contemplar un porcentaje de imprevistos dentro del concepto AIU sin realizar identificación y evaluación de riesgos.

Se recomienda que las pymes tengan un área exclusiva de costos, tratar en lo posible de generar un presupuesto y programación con los mismos parámetros de desglose — paquetes de trabajo—, al igual que invertir en software para la planeación y el control presupuestal. Por último, tener información veraz y oportuna en la toma de decisiones para la estimación de variables económicas. (ver figura N°17) (Giraldo, G; Castañeda, J; Correa, O. y Sánchez, J,2018).



Figura 17

Buenas Prácticas-Gestión de proyectos



Nota: El presente cuadro muestra las características del tiempo, costo y adquisición. Fuente: Elaboración Propia.

## 1.2. Formulación del problema

### 1.2.1 Problema General

¿Cómo gestionar una planta de tratamiento de aguas residuales- Arequipa 2020, en la etapa de evaluación del proyecto?

### 1.2.2 Problemas Específicos

1. ¿Cómo puedo conocer las deficiencias del método tradicional en la etapa de evaluación del proyecto de una PTAR en Arequipa - 2020?
2. ¿Qué se necesita para mejorar los procesos no eficientes en la etapa de evaluación del proyecto de una PTAR en Arequipa - 2020?
3. ¿Cómo aplicar la metodología VDC & BIM para lograr la optimización de costos en la etapa de evaluación del proyecto de una PTAR en Arequipa - 2020?

4. ¿Cómo identificar los beneficios obtenidos con la implementación del plan de ejecución VDC & BIM de una PTAR en Arequipa - 2020?

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

Implementar la metodología VDC & BIM, con la finalidad de mejorar la gestión en la etapa de evaluación de proyectos de una planta de tratamiento de aguas residuales en Arequipa-2020.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

1. Identificar los procesos no eficientes (deficientes) del método tradicional en la etapa de evaluación del proyecto de una PTAR en Arequipa - 2020.
2. Crear el plan de ejecución VDC & BIM para la etapa de evaluación del proyecto de una PTAR en Arequipa - 2020.
3. Implementar el plan de ejecución de la metodología VDC & BIM para la optimización de COSTOS en la etapa de evaluación del proyecto de una PTAR en Arequipa - 2020.
4. Identificar los beneficios obtenidos comparando los costos entre el proyecto original y el análisis realizado después de la implementación del plan de ejecución VDC & BIM de una PTAR en AREQUIPA-2020.

### **1.4. Hipótesis**

#### ***1.4.1. Hipótesis general***

Ho= No se mejorará la gestión en la etapa de evaluación de proyectos de una planta de tratamiento de aguas residuales en Arequipa 2020, con la implementación de la metodología VDC & BIM.

Ha= Si se mejorará la gestión en la etapa de evaluación de proyectos de una planta de tratamiento de aguas residuales en Arequipa 2020, con la implementación de la metodología VDC & BIM.

#### ***1.4.2. Hipótesis específicas***

H1= Se identifican de manera adecuada los procesos no eficientes (deficientes), del método tradicional en la etapa de evaluación del proyecto de una PTAR en Arequipa - 2020.

H2= Se crea de manera adecuada el plan de ejecución VDC & BIM, para la etapa de evaluación del proyecto de una PTAR EN Arequipa - 2020.

H3= Se implementa de manera adecuada el plan de ejecución de la metodología VDC & BIM, para la optimización de costos en la etapa de evaluación del proyecto de una PTAR de Arequipa - 2020.

H4=Se identifican los beneficios obtenidos comparando los costos entre el proyecto original y el análisis realizado después de la implementación del plan de ejecución VDC & BIM de una PTAR en AREQUIPA-2020?

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

#### *Según el propósito:*

Para Murillo (2008), la investigación según su propósito recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, cuando se caracteriza en buscar la utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en la investigación. También se define como aquella que tiene como objetivo resolver problemas concretos para la sociedad o las empresas. Por tanto, permite solucionar problemas reales y se apoya en la investigación básica para conseguirlo. Esta le aporta los conocimientos teóricos necesarios para resolver problemas o mejorar la calidad de vida. Por cuanto, para nuestro estudio consideramos se trata de una investigación aplicada, pues utilizamos las metodologías VDC & BIM, para mejorar la gestión tradicional 2D que presentan la mayoría de las construcciones y reducir las deficiencias de los proyectos a través de la optimización de costos.

#### *Según su enfoque:*

Según Erickson (1986), los estudios cualitativos, en cuanto a explicación de significados, se fundamentan en la interpretación de las informaciones y los datos, es decir ofrece una comprensión profunda al admitir dentro del marco de las investigaciones la teoría para explicar algunos fenómenos que se analizan, a través de cuestiones generadas en un principio por presupuestos teóricos con la reformulación sobre la base teórica, para una mejor comprensión de la implementación por parte del investigador y del investigado. Para Carlos Fernández (2014), en su libro “Metodología de la Investigación” menciona que los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir

cuáles son las preguntas de investigación más importantes; y después, para perfeccionarlas y responderlas. Así, su meta de investigación es describir, comprender e interpretar los fenómenos, a través de las percepciones y significados producidos por las experiencias de los participantes. De manera análoga, la presente tesis se enfoca en estudios cualitativos por que se interpretará la metodología VDC & BIM según las experiencias para luego poder crear, aplicar y finalmente identificar los beneficios obtenidos.

***Según su manipulación de variable:***

Carlos Fernández (2014), en su libro define la investigación no experimental como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente las variables. Es decir, para Kerlinger (1979), se trata de estudios en los que se observan los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. Por cuanto en la presente investigación, será no experimental, porque no se manipulará intencionalmente las variables, sino que se observará dentro de un diseño tradicional y así analizarlas con el fin de determinar incongruencias y errores sin necesidad de adulterarlo.

***Según el tiempo:***

De igual manera Carlos Fernández (2014), explica que los estudios transversales recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como "tomar una fotografía" de algo que sucede. Por lo expuesto, la tesis sigue la ruta de tiempo transversal, puesto que enfocamos el análisis de las variables dependientes e independientes en la etapa de evaluación de proyectos en una PTAR, arequipa-2020.

**Según su alcance**

(Carlos Fernández, 2014) señala en su libro, que los diseños descriptivos tienen como

objetivo indagar la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables en una población. El procedimiento consiste en ubicar en una o diversas variables a un grupo de personas u otros seres vivos, objetos, situaciones, contextos, fenómenos, comunidades y proporcionar su descripción. Son, por tanto, estudios puramente descriptivos y cuando establecen hipótesis, éstas son también descriptivas (de pronóstico de una cifra o valores). De manera análoga la presente tesis indaga la incidencia de la gestión y el costo del proyecto PTAR, por tanto, son estudios puramente descriptivos; además, al establecer las hipótesis estas también son descriptivas ya que también se indaga la incidencia.

Seguidamente, luego de analizar el tipo de investigación se mostrará el diseño de investigación, el cual se muestra en el siguiente flujograma a través de la figura N°18.

Figura 18

*Diseño de investigación PTAR del ámbito de servicio de las EPS.*



Nota: El presente flujograma representa el diseño de investigación que maneja la presente tesis. Fuente: Propia.

La presente tesis sigue la ruta de Desarrollo Sostenible y Gestión Empresarial, puesto que las metodologías de gestión que se realizarán son de conocimiento teórico y se llevará a la práctica en el campo de la evaluación del proyecto de una PTAR, además de que el análisis se basará en mediciones comparativas para poner en evidencia la problemática que tiene una PTAR en la etapa de evaluación de proyectos, en otras palabras se evaluará una construcción tradicional de una PTAR y del mismo, se aplicará las metodologías VDC & BIM para la etapa analítica de la construcción, logrando con ello un comparativo entre ambos procesos. Finalmente, se pretende analizar los costos en la etapa de evaluación de proyectos, desarrollando una gestión VDC & BIM de forma anticipada a la ejecución del proyecto, con el

propósito de evidenciar los procesos ineficientes que se obtienen frente a los procesos constructivos tradicionales, el cual será un aporte de valor comparativo.

## **2.2. Población y muestra**

### **2.2.1 Unidad de Análisis**

Según Balcells i Junyent, Josep (1994), definen a la unidad de análisis como el fragmento del documento o comunicación que se toma como elemento que sirve de base para la investigación.

En tal sentido, para la realización de la presente tesis, nuestra unidad de análisis basará sus estudios en la etapa de evaluación de proyectos de una planta de tratamiento de aguas residuales- Arequipa 2020.

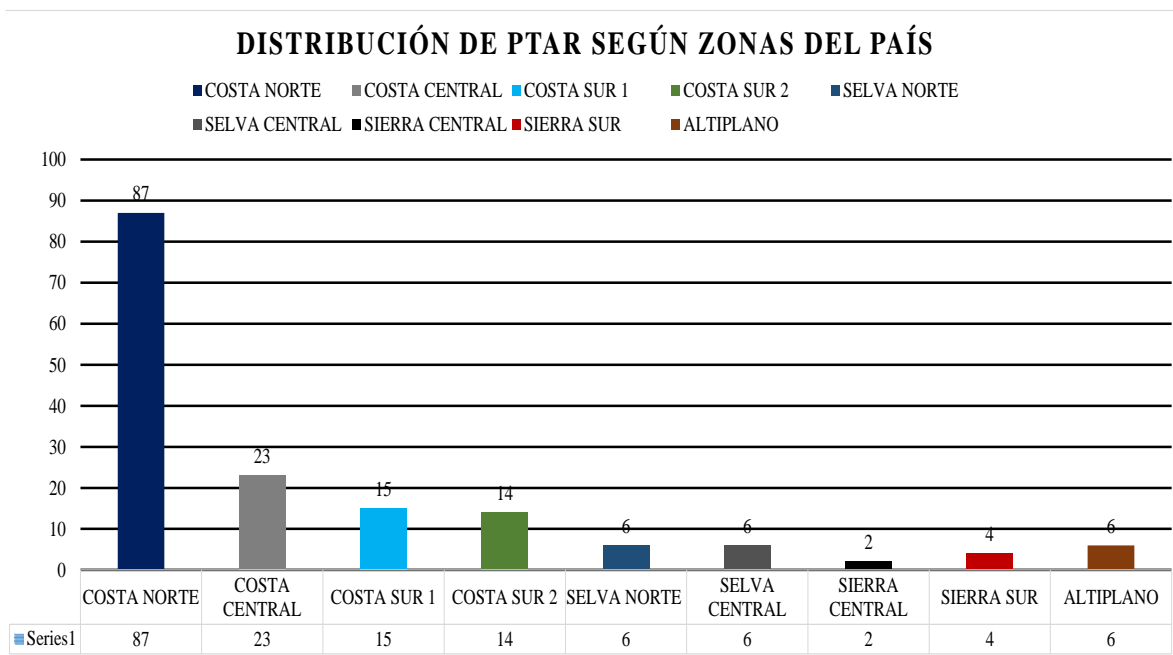
### **2.2.2 Población**

De acuerdo con Cohen y Gómez Rojas (2003), refieren a la población como el conjunto de las unidades de análisis en estudio o a ser estudiadas. La misma puede coincidir con el universo o con una parte de éste, cuando se trata de una muestra. La población es el conjunto de casos, definidos, limitados y accesibles, que formará el referente para la elección de la muestra a desarrollar en una investigación.

Nuestra población elegida para el desarrollo de la presente tesis son las plantas de tratamiento de aguas residuales en proceso de construcción en el Perú, como vemos en la figura N°19, se aprecia la existencia de PTARS, según zonas del país, en donde resalta la costa norte con 87 proyectos de tratamientos de agua.

Figura 19

PTAR del ámbito de servicio de las EPS.



Nota. La figura muestra las cifras de distribución PTAR según zonas del País. Fuente: SUNASS (2020).

### 2.2.3 MUESTRA

Para Cuesta (2009), el muestreo no probabilístico es una técnica de muestreo donde las muestras se recogen en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades de ser seleccionados.

A diferencia del muestreo probabilístico, la muestra no probabilística no es un producto de un proceso de selección aleatoria. Los sujetos en una muestra no probabilística generalmente son seleccionados en función de su accesibilidad o a criterio personal e intencional del investigador.

Para efecto de la presente investigación se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia; Es así como elegimos la PTAR de Chuquibamba-Arequipa, por tener el expediente completo del proyecto, lo cual incluía planos, metrados base del proyecto y cronogramas de ejecución, resaltamos la importancia de la data para efectos de la velocidad, efectividad y facilidad de trabajar la muestra como referente base para obtener resultados

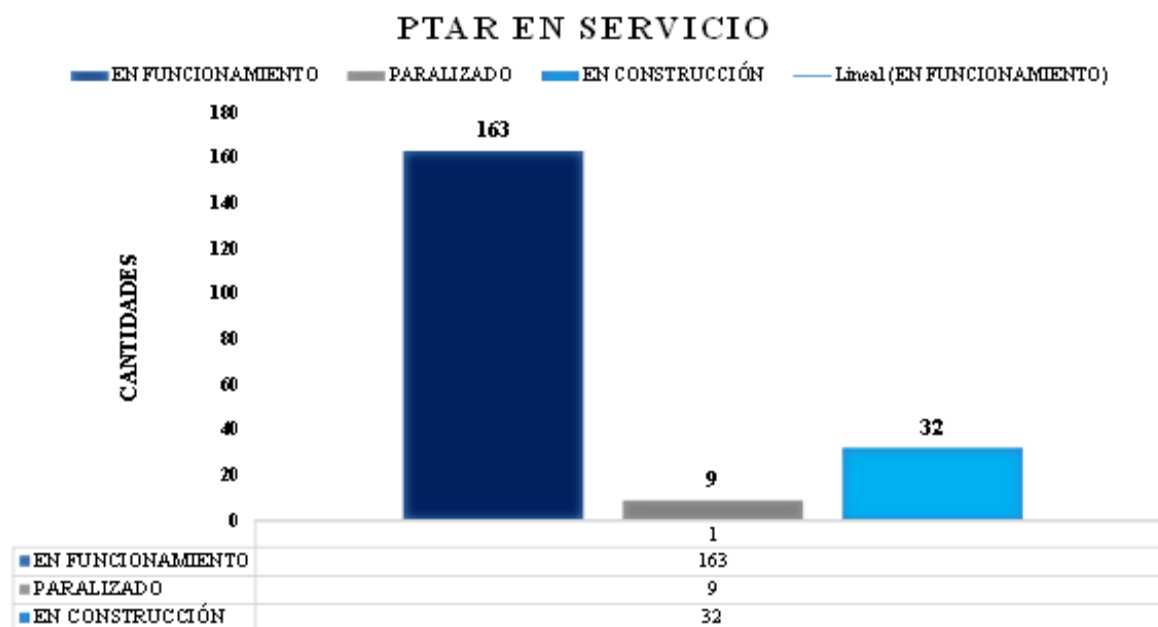


favorables o negativos en función a la implementación de metodologías VDC & BIM, en la etapa de evaluación de proyectos.

La muestra elegida, se refleja en la figura N°20, donde se evidencia indicadores de proyectos de tratamientos de agua, con un flujo de 163 proyectos que se encuentran funcionando, unas 9 plantas se encuentran paralizadas y un total de 32 proyectos que se encuentran en construcción, es allí donde queremos incursionar con la mejora de las malas prácticas detectadas en la etapa de evaluación de proyectos para evitar paralizaciones de obra y como consecuencia los sobrecostos en la construcción.

Figura 20

PTAR del ámbito de servicio según el tipo de funcionamiento



Nota. La figura muestra las cifras de PTAR en servicio. Fuente: SUNASS (2020)

## 2.3. Operacionalización de las variables

### 2.3.1 Operacionalización:

De acuerdo con Medina (2014), define operacionalización como, el proceso mediante el cual se transforma una variable teórica compleja en variables empíricas, directamente observables, con la finalidad de que puedan ser medidas. Desde un punto de vista más técnico,

operacionalizar significa identificar cuál es la variable, cuáles son sus dimensiones y cuáles los indicadores y el índice (o, lo que es lo mismo, definirla teóricamente, realmente y operacionalmente), ya que todo ello nos permitirá traducir la variable teórica en propiedades observables y medibles, descendiendo cada vez más desde lo general a lo singular.

### **2.3.2 Variables:**

Para La Nuez Bayolo et al. (2008), las variables de la investigación son las características y propiedades cuantitativas o cualitativas de un objeto o fenómeno que adquieren distintos valores, o sea, varían respecto a las unidades de observación y para Pérez (2016), señala que una variable es un objeto con cierta identidad, pero el medio que lo rodea lo obliga a variar en torno a las condiciones que se presentan. Por ejemplo, para fines de esta investigación, tendremos como primera variable a la metodología VDC & BIM y como segunda variable, la gestión de una PTAR en Arequipa-2020.

#### **Variable Independiente:**

Según Pino (2010), la variable independiente es aquella que el experimentador modifica a voluntad para averiguar si sus modificaciones provocan o no cambios en las otras variables, o sea, en variables dependientes. Es de esta interpretación que nuestra variable independiente será la Metodología VDC & BIM, porque nos ayudará a lo largo de la investigación, a explicar los cambios que obtendremos en las variables dependientes.

#### **Variable Dependiente:**

En este sentido Avalos (2014), refiere que las variables dependientes, son el resultado de la manipulación de las variables independientes, es decir, aquellas que siempre reciben los efectos de las variables independientes. En tal sentido, para la presente investigación nuestra variable de consecuencia será la gestión de una PTAR en Arequipa-2020, pues será el resultado de la variable dependiente.

### **2.3.3 Dimensiones:**

Para Robbins y Coulter (2017), pueden denominarse como sub variables y es lo que en conjunto detallan el comportamiento de la variable en estudio; se recomienda que las dimensiones provengan de teorías, las cuales deben estar detalladas en el marco teórico. Para la tesis en investigación las dimensiones de la variable independiente serán el uso del software Revit y el uso de la metodología VDC& BIM; En el caso de las variables dependientes las dimensiones serán el control de procesos no eficientes y la gestión del costo, como se visualizan en el anexo 1.

### **2.3.4 Indicadores:**

Según Bauer (1966), los indicadores, son elementos medibles que nos facilita estudiar dónde estamos y hacia dónde nos dirigimos con respecto a determinados objetivos y metas, como la evaluación específica para determinar su impacto. Para la presente investigación se utilizará indicadores como modelado 3D, la estimación de metrados, implementación de VDC & BIM y la comunicación simulada con el entorno de trabajo para la variable independiente, y para la variable dependiente se medirá a través de indicadores como la identificación anticipada de procesos no eficientes y del costo de una ejecución de una PTAR, que adjuntamos en el anexo 1, el cual nos ayudará a medir el impacto de las variables.

### **2.3.4 Escala:**

DeVellis (1991), define que las escalas, son instrumentos de medición que comprenden un conjunto de ítems y estos ítems permiten identificar distintos niveles de las variables teóricas que no son directamente observables. Estos instrumentos de medición se expresan en las escalas nominal, ordinal, de intervalo y de razón, asimismo ayudan a comprobar, lo que la teoría busca explicar en fenómenos existentes que no son visibles, pero que influyen en la conducta.

En la presente investigación, la medición de los indicadores, se expresó con los indicadores nominal ordinal y Numérica.

-Nominal, porque, al ser una metodología, no implica orden específico, su proyección de resultado, se basa en las diferencias respecto a una o más características.

-Ordinal, porque establecen una serie de niveles que expresan una actitud de acuerdo o desacuerdo con respecto a algún referente.

-Numérico, porque expresa sus resultados en base a juicios numéricos, dependiendo al indicador analizado.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala
VARIABLE INDEPENDIENTE: METODOLOGÍA VDC & BIM.	Pino (2010), define a la V.I como la que cambia y es la causa de otra variable, llamada dependiente, puede ser manipulada o seleccionada, continuas o categóricas.	Uso del software Revit.	Modelado 3D del proyecto	Nominal
			Estimación de metrados más exactos.	Ordinal
		Uso de la metodología VDC & BIM.	Implementación de VDC & BIM.	Nominal
			Comunicación permanente con el entorno de trabajo.	Nominal
VARIABLE DEPENDIENTE: GESTIÓN DE UNA PTAR EN AREQUIPA-2020.	Avalos (2014), define a la V.D como la que resulta y es la consecuencia de la variable independiente.	Control de procesos no eficientes	Identificación anticipada de procesos no eficientes.	Nominal
		Gestión del costo	Costo de ejecución de una PTAR.	Númerica

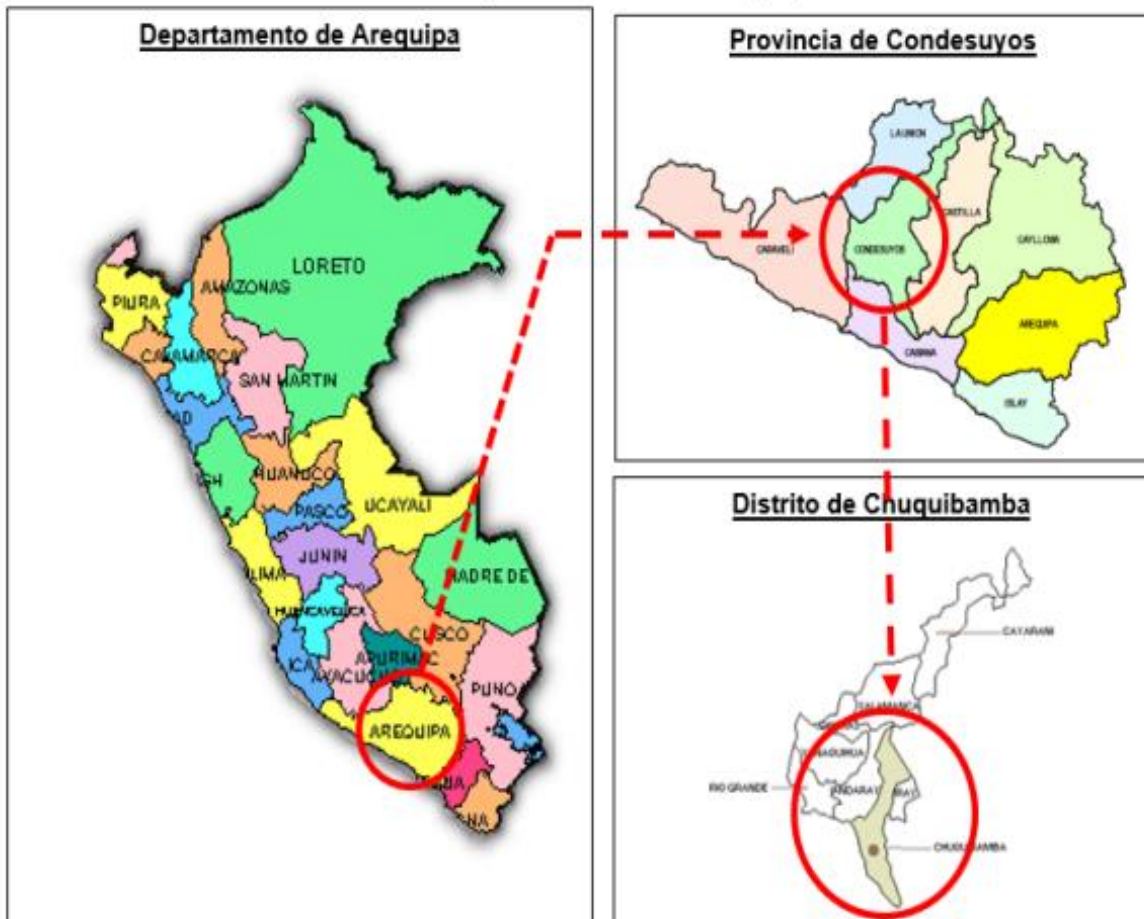
Nota. Variables según definiciones basados en sus dimensiones, indicaciones y escala. Fuente: Propia.

**Información del proyecto – Alcance**

La planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en: Distrito: Chuquibamba – Provincia: Condesuyos – Región: Arequipa – Departamento: Arequipa, como se logra ver a través de la Figura N° 21, la PTAR se encuentra en el margen izquierdo de la carretera, frente al instituto Politécnico y en las coordenadas N=8246922.67 N y E=752244.50, con una altura de 2781 msnm. (Sedapar,2020)

Figura 21

Marco y micro localización del proyecto.



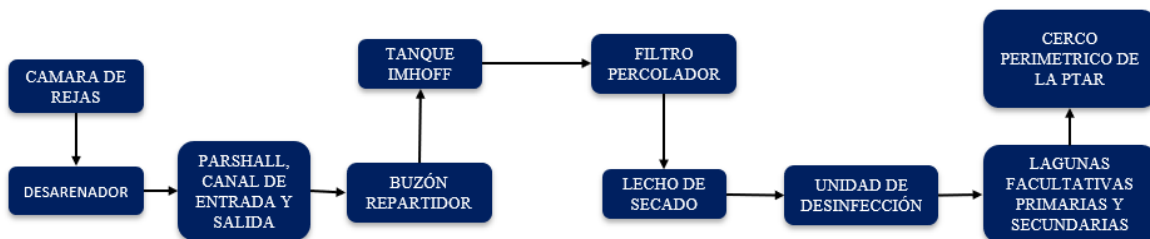
Nota. Elaboración Propia en base a planos políticos del País, Provincia y Distrito del proyecto Fuente: Sedapar 2020.

### Planos del Proyecto:

El diseño de la PTAR fue realizado con un caudal promedio de 5.38 l/s. En la figura N° 22 se presentan las siguientes etapas de construcción y en la figura N° 23, vemos las lagunas de Oxidación y por el lado derecho la ubicación vista de planta de la PTAR, Chuquibamba-Arequipa.

Figura 22

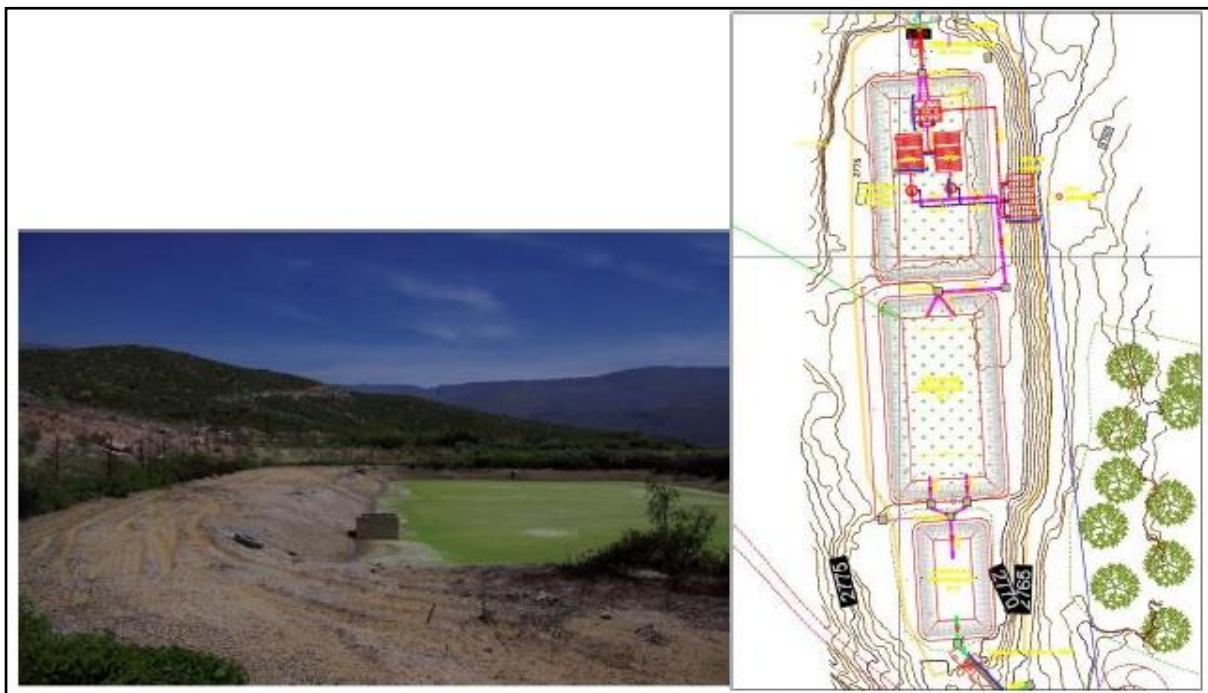
Etapas de construcción PTAR.



Nota. La figura muestra la estructura de la etapa construcción para la PTAR. Fuente: Elaboración Propia

Figura 23

Laguna de Oxidación y PLANO DE UBICACIÓN DE PTAR-AREQUIPA.



Nota. La figura muestra las lagunas de oxidación de la PTAR. Fuente: Expediente técnico PTAR Chuquibamba-SEDAPAR

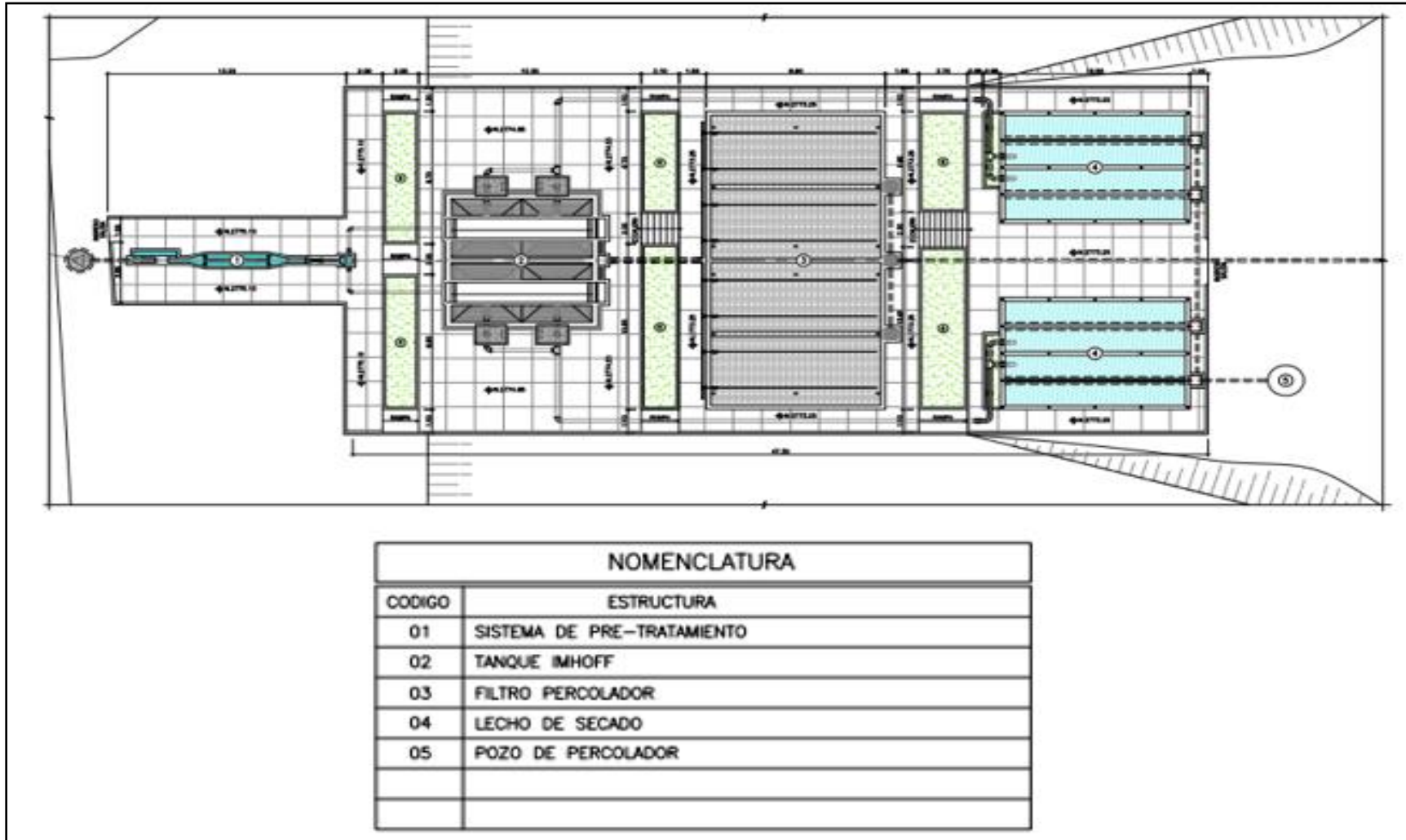
A continuación, se presentará en la figura N° 24, el plano de PLANTA a través de un modelado 2D de la PTAR Chuquibamba-Arequipa, en el cual se observa que está compuesto por el sistema de pretratamiento, tanque Imhoff, filtro percolador, lecho de secado y el pozo de percolador.

También tenemos la sección del sistema de pre tratamiento, que se ubica en la parte de ingreso del plano de planta del sistema de la PTAR- Arequipa-2020, el cual está compuesto de la cámara de rejas, el desarenador, Parshall y el buzón repartidor, como se muestra en la figura N°25.



Figura 24

Plano de planta hidráulica de la PTAR CHUQUIBAMBA-AREQUIPA

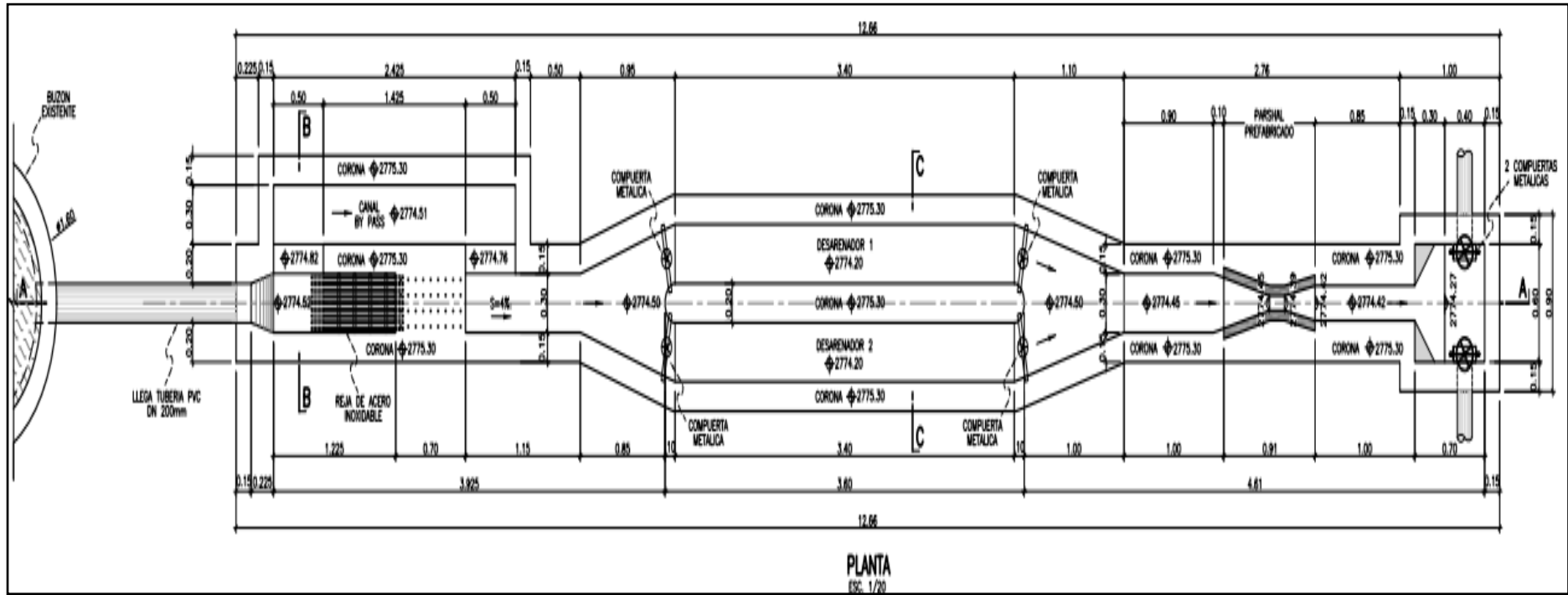


Nota. La figura muestra el plano de planta de la PTAR. Fuente: Expediente técnico PTAR Chuquibamba-SEDAPAR.



Figura 25

Plano de planta del sistema de pretratamiento de la PTAR CHUQUIBAMBA-AREQUIPA

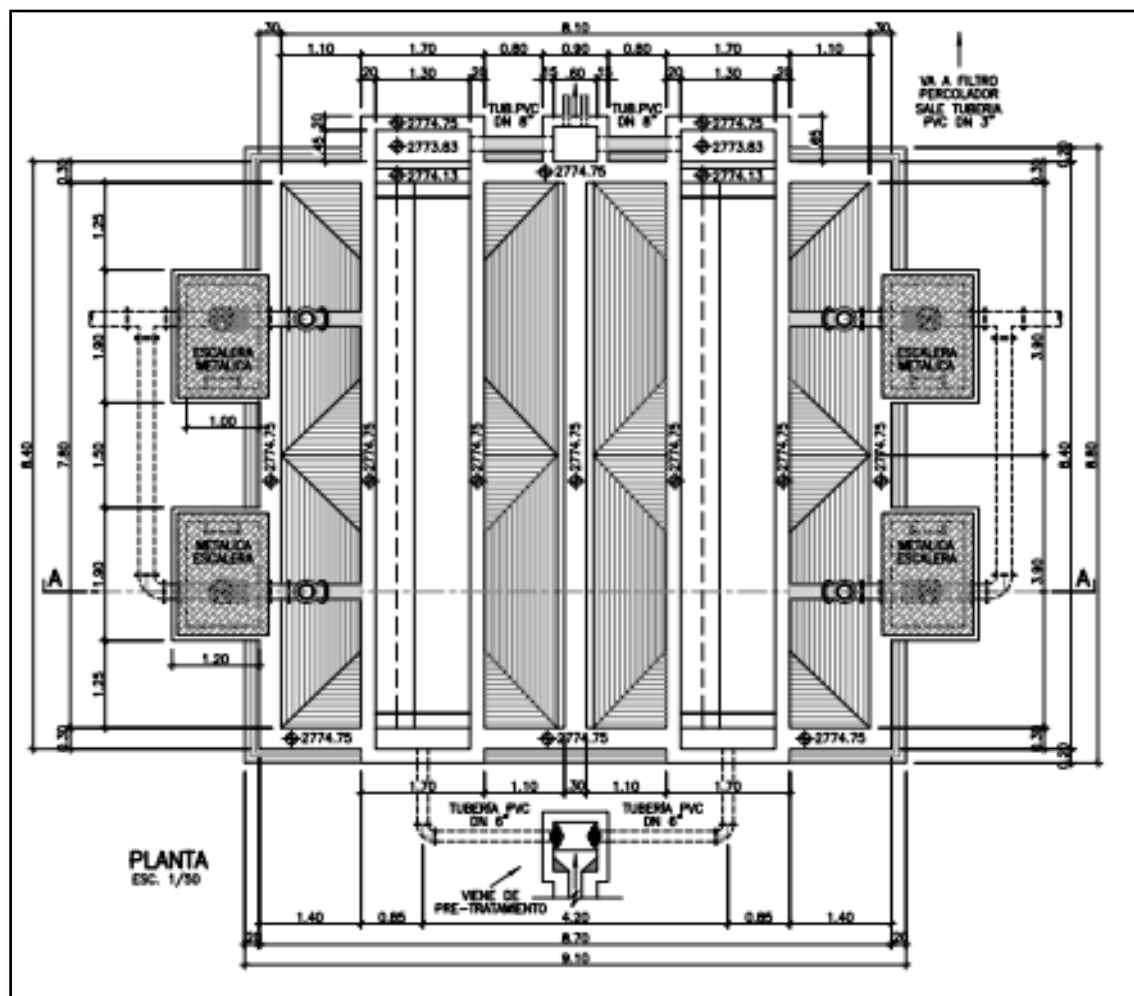


Nota. La figura muestra el plano de sección de planta de la PTAR. Fuente: Expediente técnico PTAR Chuquibamba-SEDAPAR

En la figura N° 26, tenemos las medidas de planta del TANQUE IMHOFF, que es parte del diseño de la PTAR.

Figura 26

Plano de planta DEL TANQUE IMHOFF DE LA PTAR-AREQUIPA

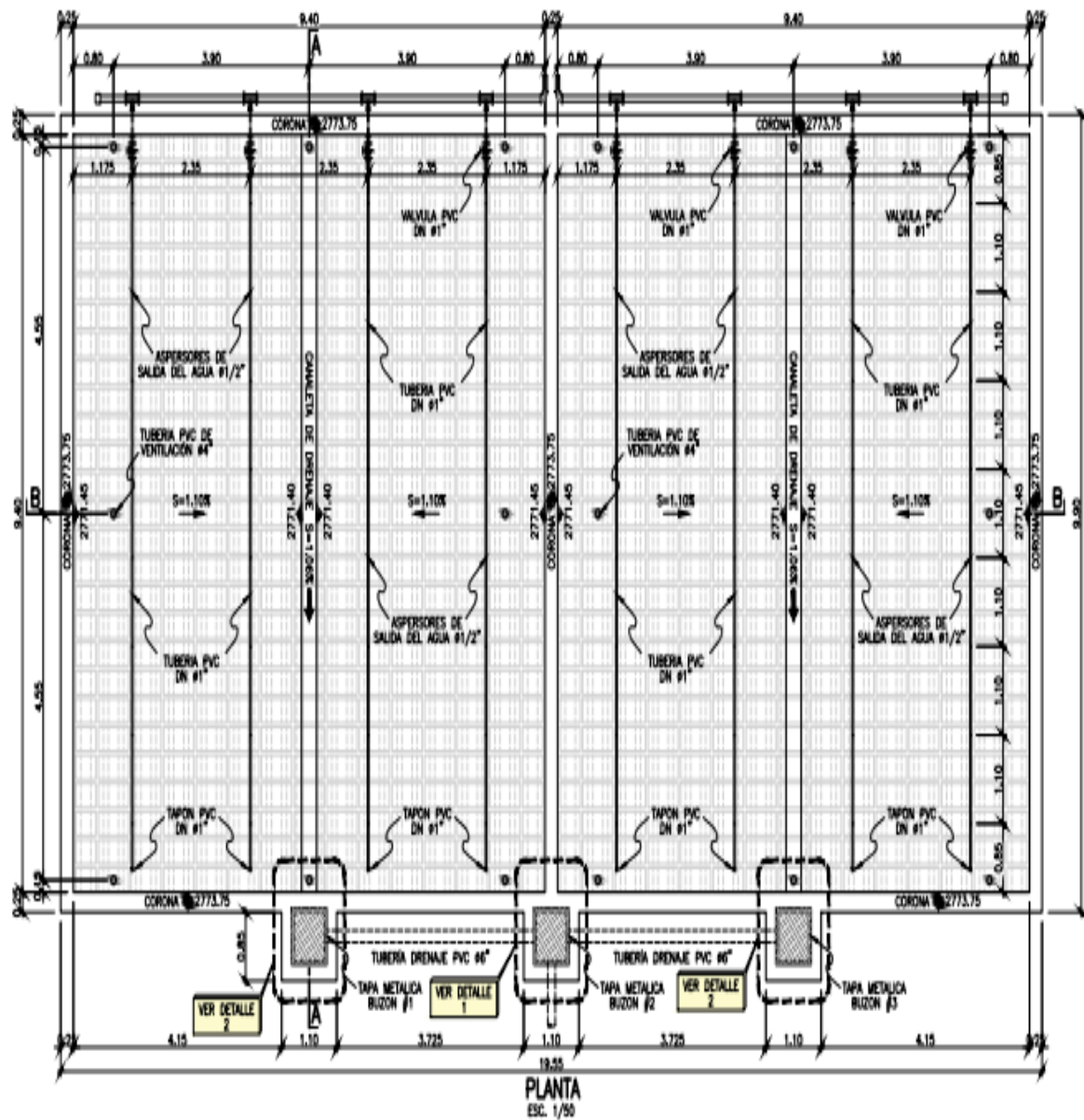


Nota. La figura muestra el plano de planta del Tanque Imhoff de la PTAR. Fuente: Expediente técnico PTAR Chuquibamba-SEDAPAR.

A continuación, en la figura N°27, se muestra el plano de planta del FILTRO PERCOLADOR de la PTAR, Chuquibamba-Arequipa.

Figura 27

PLANO DE PLANTA DEL FILTRO PERCOLADOR PTAR-AREQUIPA.

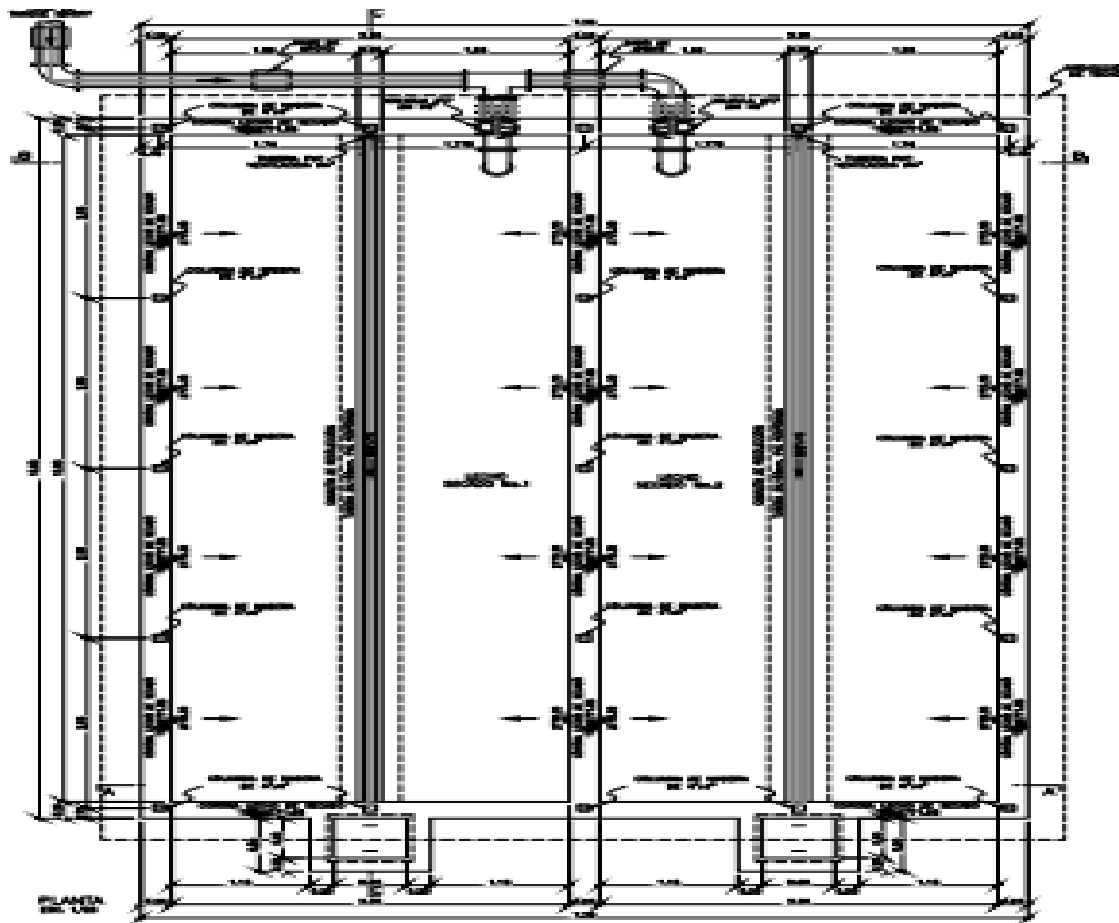


Nota. La figura muestra el plano de planta del Filtro percolador de la PTAR. Fuente: Expediente técnico PTAR Chuquibamba-SEDAPAR.

En la figura N° 28, se muestra el lecho de secado en planta, perteneciente al sistema de la PTAR, Chuquibamba-AREQUIPA

Figura 28

PLANTA DEL LECHO DE SECADO- PTAR



Nota. La figura muestra el plano de planta del Lecho de Secado de la PTAR. Fuente: Expediente técnico PTAR Chuquibamba-SEDAPAR.

#### 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Según Tamayo & Silva (2016), las principales técnicas de recolección de datos son: Encuesta, entrevista, análisis documental, observación no experimental y observación experimental. Por lo tanto, para la investigación sobre mejoras en la gestión de una planta de tratamiento de aguas residuales en Arequipa-2020, se utilizará bases sustentadoras a

través del análisis documental de otras investigaciones relacionadas al tema de la presente tesis y direccionaremos nuestras bases en la normativa peruana con Resolución Ministerial 242-201 del Ministerio de vivienda, referente al concepto BIM, como herramienta informática, cuya implementación se visualiza en los índices de aumento de productividad, sustentabilidad y mejoras en su planificación.

Entre los instrumentos utilizaremos los siguientes:

- ✓ AutoCAD 2D: Permitirá visualizar los planos para revisarlos y ejecutarlos con el método tradicional y también servirá de base para diseñar la PTAR en Revit (3D).
- ✓ Revit: Programa que permitirá llevar el modelo 2D de AutoCAD a un modelo tridimensional para poder ver las incompatibilidades antes de ejecutar el proyecto, también permitirá tener metrados más precisos de acuerdo a las familias creadas en el programa.
- ✓ Expediente técnico de la PTAR de Chuquibamba- Arequipa: Es el conjunto técnico de documentos que permitirán la adecuada ejecución de una Obra, se compone de la memoria descriptiva, especificaciones técnicas, planos de ejecución, metrados, presupuestos de Obra y cronograma de ejecución de la PTAR; cabe mencionar que no se ha variado los costos existentes de los análisis de precios unitarios ya que estos costos se obtuvieron con las condiciones existentes de la fecha y actualmente por la coyuntura muchos costos han variado significativamente.
- ✓ Presupuestos Base de la PTAR de Chuquibamba-Arequipa: Con ello tendremos una referencia de costos en la construcción con el método tradicional de la PTAR y podremos comparar costos con un presupuesto VDC & BIM.

✓ Metodologías VDC: Nos permitirá anticipar la construcción tradicional, a través de un entorno de trabajo virtual, partiendo de modelos o data base que permite planificar, procesar y verificar en la etapa de evaluación de proyecto de una PTAR de Chuquibamba en Arequipa-2020.

✓ Metodologías BIM: Será nuestro entorno base en el cual se trabajará con las 5 dimensiones y nos permitirá modelar el proyecto para gestionarlo mediante reuniones colaborativas.

Tabla 2

Presupuesto de Tesis.

EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO ( S/.)
SERVICIOS				
PASAJES	2	und	120	S/. 300.00
BIENES MATERIALES				
LIBRO PMBOK-GUIDE	2	und	160	S/. 320.00
LIBRO GESTIÓN DE PROYECTOS	2	und	20	S/. 40.00
CURSO BIM	2	und	550	S/. 1,100.00
PAQUETES DE HOJAS BOND A4	2	und	15	S/. 30.00
EQUIPOS				
LAPTOP ASUS	1	und	3500	S/. 3500.00
IMPRESORA EPSON	1	und	950	S/. 950.00
<b>TOTAL (S/.)</b>				<b>S/. 6240.00</b>

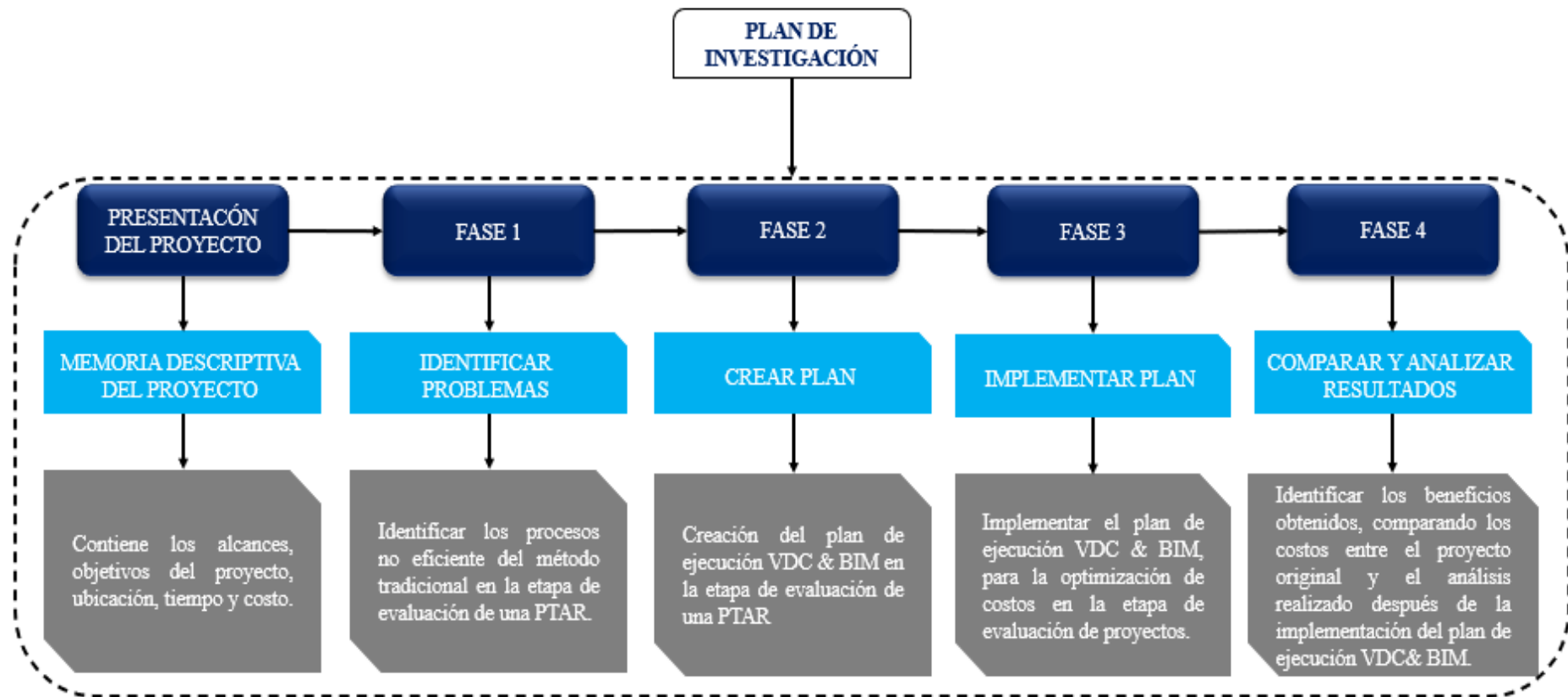
Nota. Datos Tomados en referencia a costos de inversión. Fuente: Elaboración Propia.

## 2.5. Procedimiento

Con el fin de cumplir los diferentes objetivos planteados en la presente investigación se ha elaborado un plan a detalle sobre el procedimiento a seguir, como se muestra en la figura N° 29.

- En primer lugar, se realizará una recolección de data teórica y práctica del tema a tratar, teniendo como base las investigaciones, procesos, noticias, data estadística, data informativa previas realizadas por distintos autores. En esta parte se buscará identificar los procesos no eficientes (deficientes), del método tradicional en la etapa de evaluación del proyecto de una PTAR, en Arequipa- 2020.
- En segundo lugar, se analizará la información de la muestra, con el fin de crear un plan de ejecución, utilizando las metodologías VDC & BIM para la etapa de evaluación del proyecto de una PTAR, en Arequipa – 2020.
- En tercer lugar, se implementará el Plan de Ejecución creado con las metodologías propuestas para la lograr la optimización de costos en la etapa de evaluación de proyectos de una PTAR, en Arequipa – 2020.
- Por último, se identificará los beneficios obtenidos a través de una comparación de costos entre el proyecto original propuesto con la metodología tradicional y el análisis realizado después de la implementación del plan de ejecución de una planta de tratamiento de aguas residuales en Arequipa – 2020.

Figura 29: Flujo grama - Plan de investigación para avance de Tesis.



Nota. La figura representa el Plan de Investigación para la presente tesis. Fuente: Elaboración Propia.

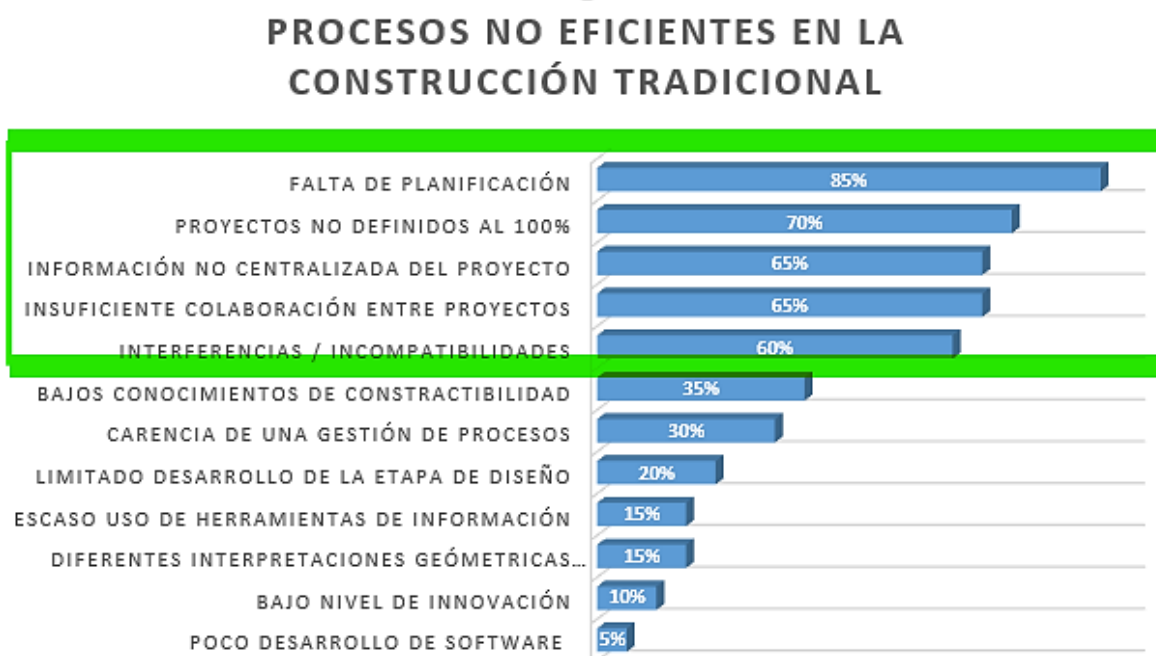


### 2.5.1 DESARROLLO DE FASE 1: Identificar Procesos No Eficientes

En la investigación realizada por Rocío Saravia (2017), en su artículo de la “Gestión Lean de Proyectos de Ingeniería”, expresa a través de su experiencia en una encuesta realizada como aporte a su investigación, las cifras de los procesos deficientes en la construcción de proyectos, teniendo de un 100% de encuestados, los resultados de dicha encuesta se muestran a través de la Figura N°30.

Figura 30

Procesos No Eficientes en la Construcción Tradicional



Nota. La figura muestra los resultados de una encuesta identificando los procesos deficientes Fuente:

Extraído de Rocío Saravia (2017).

#### Falta de Planificación

Un total de 85% de encuestados afirmaron que uno de los principales problemas se da a través de la falta de planificación, ello se define a la carencia del proceso que guía un proyecto desde la idea hasta su finalización, en otras palabras, al no existir un modelo de

integración previo a la ejecución, queda expuesto a no cumplir los objetivos base en la etapa constructiva.

Evaluando el expediente técnico del proyecto PTAR, visualizamos **que** carece de una gestión para la construcción, el cual abarca todo un proceso de flujogramas para la planificación, coordinación supervisión y el control. Es así que, carece de agentes responsables (Project manager) para su construcción que puedan centralizar la toma de decisiones como:

- Programar trabajos.
- Gestión del presupuesto.
- Gestión de calidad.
- Gestionar de riesgos.
- Gestión de toma de decisiones

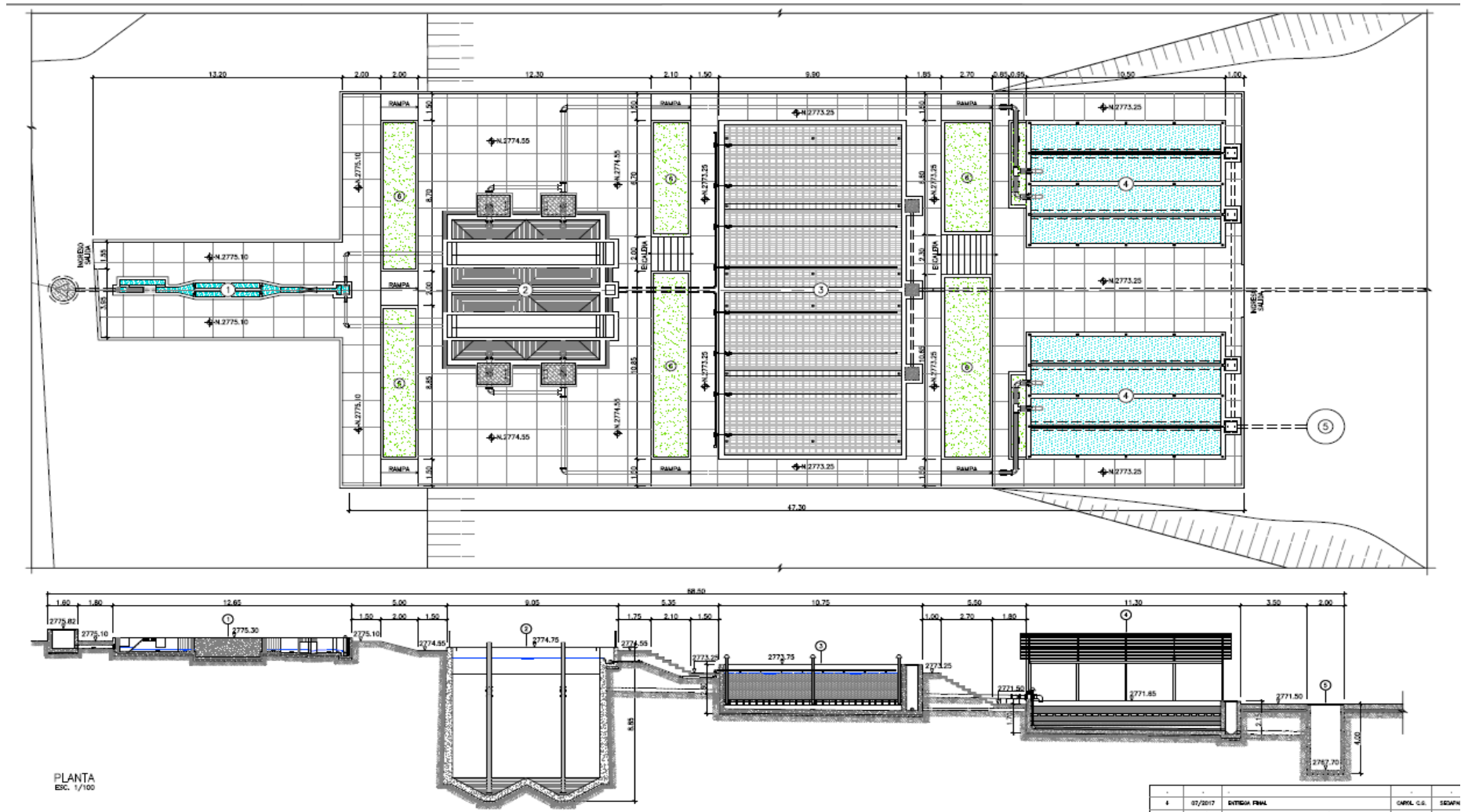
### **Proyectos No Definidos Al 100%**

Un grupo del 70% de encuestados, estuvieron de acuerdo en aseverar que el segundo problema no eficiente, son los proyectos no definidos en su totalidad, esto hace referencia, a la carencia de datos en un expediente técnico de un proyecto, es decir la falta de planos, tanto especialidades como de detalles, omisiones y/o errores de diseño que comúnmente son detectadas en la fase de construcción, generando un alto índice en costos, debido a que en el proceso de ejecución se tendrá que realizar, muchas consultas por RFI'S, lo que generará tiempos muertos en la construcción.

Es así como hemos encontrado que, para nuestra PTAR, el desarrollo del proceso ha sido bajo un enfoque de diseño en 2D, lo cual resulta ser un proceso ineficiente para la detección de interferencias e incompatibilidades como vemos en la Figura N°31 la estructura de la planta de la PTAR Chuquibamba en Arequipa -2020.

Figura 31

Plano de procesamiento PTAR desarrollado en 2D



Nota. El plano muestra el plano de planta de la PTAR y a través de ello su alcance en 2D. Fuente: Expediente técnico PTAR Chuquibamba-SEDAPAR.

Asimismo, la planta de tratamiento de aguas residuales fue medrado con el programa de Excel y los planos en 2D, un proceso deficiente ya que no cuentan con una visión en 3D, excluyendo así las posibles interferencias que pudiera haber en muchas de las intersecciones entre las partes de la PTAR, lo cual originan una probabilidad de recuento que finalmente lleve a generar sobre costos del proyecto.

Tabla 3

Sustento de Medrado

SUSTENTO DE METRADO						
5 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)						
5.1 CÁMARA DE REJAS						
5.1.1 TRABAJOS PRELIMINARES						
5.1.1.1 Limpieza y desbroce de terreno <b>m2</b> <b>4.25</b>						
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal	
		4.25	1		4.25	
5.1.1.2 Trazo y replanteo inicial del proyecto <b>m2</b> <b>4.25</b>						
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal	
		4.25	1		4.25	
5.1.2 MOVIMIENTO DE TIERRAS						
5.1.2.1 Excavación en TN c/maquinaria <b>m3</b> <b>3.40</b>						
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal	
		4.25	1	0.8	3.4	
5.1.2.2 Refine y nivelación en Terreno Normal <b>m2</b> <b>4.25</b>						
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal	
		4.25	1		4.25	
5.1.2.3 Relleno compactado con material propio <b>m3</b> <b>0.04</b>						
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal	
		4.25	1	0.01	0.0425	
5.1.2.4 Eliminación del material excedente con equipos <b>m3</b> <b>3.40</b>						
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal	
		4.25	1	0.8	3.4	

Nota. La Tabla se ha extraído del medrado de una parte del Expediente Técnico PTAR Chuquibamba – 2020.

## INFORMACIÓN NO CENTRALIZADA DEL PROYECTO

En tal caso, el 65% de encuestados, concluyo que el tercer problema no eficiente en la construcción es la información no centralizada del proyecto, esto hace referencia a la falta de gestión de los documentos y carencia de la coordinación del modelo entre los involucrados

(cliente, proyectista, especialistas, contratistas y sub contratistas), sobre los objetivos de ejecución y el análisis de trabajo colaborativo en las distintas fases del proyecto.

Al evaluar la información según el método tradicional de la planta de tratamiento, vemos que no presenta una única nube para todos los interesados, lo cual ayudaría a evitar la duplicidad de información, es así que no existe actividades de unificación, coordinación y compatibilización de los principales planes de trabajo.

### **INSUFICIENTE COLABORACIÓN ENTRE PROYECTISTAS**

El cuarto problema encontrado para un total de 65% de encuestados, es la insuficiente colaboración entre proyectistas, que resalta en ser un problema de comunicación y de flujo de información dentro del proyecto; la falta de coordinación anticipada juega un rol muy importante en la existencia de los problemas técnicos, de fabricación o de construcción.

El proyecto carece de un plan para el desarrollo de reuniones, es decir no tiene un lugar donde pueden concentrarse los principales Stakeholders de la construcción, no han planificado un ambiente con herramientas tecnológicas, que les permita tomar decisiones, resolver problemas y plantear alternativas de mejora continua.

### **INTERFERENCIAS/ INCOMPATIBILIDADES**

El 60% de encuestados, concluyo que el quinto problema deficiente encontrado son las interferencias e incompatibilidades que se detectan en plena ejecución, debido a la no compatibilización en el inicio de proyecto, esto se ve reflejado en sus altos costos de retrasos en la ejecución por la espera de las respuestas bajo consultas RFI'S, o lo que sería peor, nuevos replanteos de trabajo, lo que genera costos de retrabajo para la zona con interferencia. Khanzode (2020), en uno de sus artículos redacta que, en obra, existen enfrentamientos entre las distintas especialidades que pueden generar re trabajo y retraso, generando pérdidas en términos de costos.

El presente proyecto no presenta ninguna planificación de que sucedería si se encontrarán incompatibilidades, no existe un esquema de una visión anticipada de los reportes con codificación que otorgue facilidad para su discusión y decisión final que requieran coordinación mediante sesiones ICE donde se puedan levantar más del 70% de los problemas en un solo día.

En el proyecto se ha detectado la ausencia de un plano de coordinación que integre la ubicación de todas las especialidades, sin embargo, para los contratistas y ejecutores de trabajo en campo, sería un indicador negativo, porque se estarían generando retrabajos a otros contratistas que puedan impactar en costos o plazos adicionales.

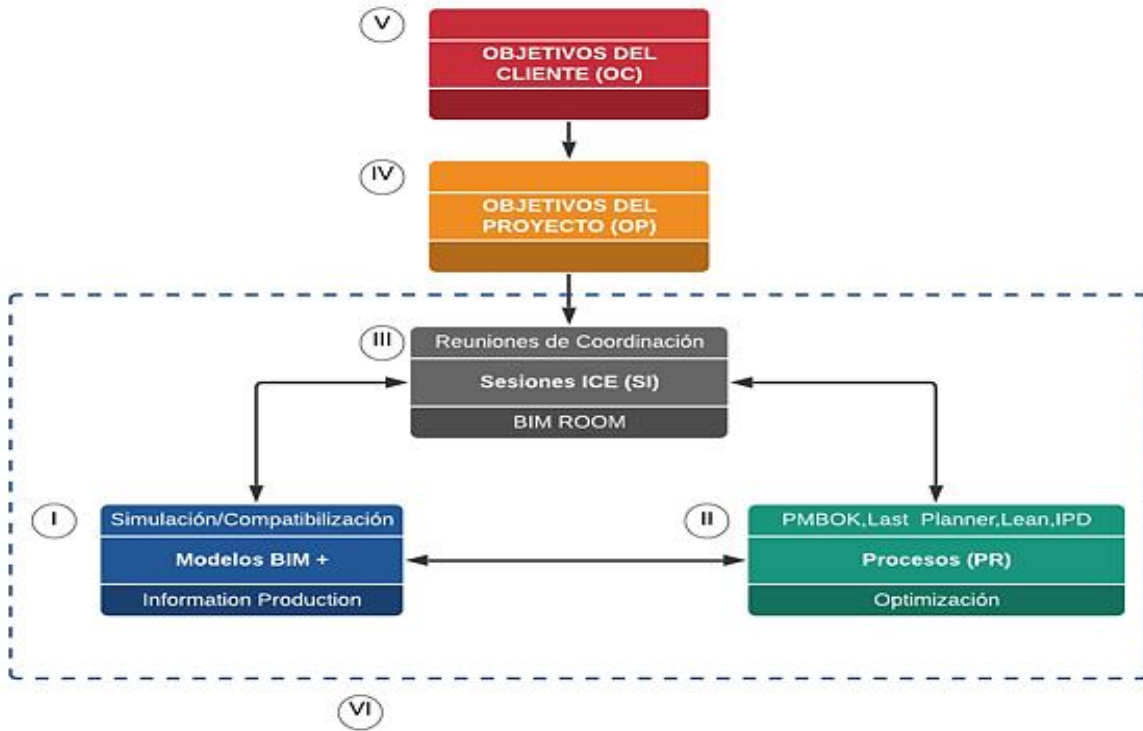
### ***2.5.2 DESARROLLO DE FASE 2: CREAR PLAN DE EJECUCIÓN VDC & BIM***

La estrategia y los modelos BIM serán usados para dar soporte, mejorar y optimizar en un entorno colaborativo con sesiones ICE que propicie la participación temprana de los principales "Stakeholders" del proyecto y la toma acertada de decisiones para cumplir de la manera más eficiente y eficaz. El presente flujo grama elaborado por (Sacyr, 2020) muestra como los objetivos del cliente pasa a ser los objetivos del proyecto.

La estrategia está articulada principalmente por los engranajes que se visualizan en la Figura N°32.

Figura 32

Coordinación entre el cliente, Last Planner, modeladores BIM en sesiones ICE.



Nota. Sacyr, 2020

A continuación, se presenta la estrategia VDC& BIM, en la Tabla N°4, mediante la aplicación de la PTAR- Arequipa 2020, con el fin de dar a conocer en un cuadro resumen, algunos conceptos y procesos que serán parte del PLAN DE EJECUCIÓN VDC& BIM, en el que se engloba el desarrollo de 5 gestiones:

- ✓ GESTIÓN DEL ALCANCE
- ✓ GESTIÓN DEL RIESGO
- ✓ GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN
- ✓ GESTIÓN DEL COSTO – BIM 5D

### *Estrategia VDC&BIM*

Tabla 4

*Estrategias del VDC y BIM en el proyecto*

VDC&BIM	DESCRIPCIÓN	ESTRATEGIA	RESPONSABLE	PROCESO	ENTREGABLE
Coordinación 3D	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso en el que se utiliza el software de detección de choques durante la comparación de modelos 3D.</li> <li>• El objetivo de la detección de conflictos es eliminar las principales interferencias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El coordinador BIM de ingeniería será el encargado de la coordinación 3D.</li> <li>• Para ello se genera un proceso iterativo en el que los modelos BIM son chequeados y confrontados con el resto de las disciplinas.</li> </ul>	Coordinador de ingeniería BIM	Riesgo, integración, costo, cronograma.	Modelo 3D



<p>Generación del modelo récord</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es la culminación de todo el modelado BIM a lo largo del proyecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El equipo actualizará de forma paralela la ejecución de los trabajos a fin de tener una base de datos fiable de la ejecución del proyecto.</li> <li>• Se solicitará a los principales subcontratos y proveedores del proyecto contar con un coordinador BIM para la actualización permanente.</li> </ul>	<p>BIM manager</p>	<p>Integración, alcance, adquisiciones</p>	<p>Modelo 3D</p>
<p>Diseño de sistemas de construcción</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un proceso en el que se utilizan modelos BIM y software de modelación de sistemas en 3D para diseñar y analizar el proceso constructivo de un sistema de construcción complejo (por ejemplo, encofrado, instalación de ventanera y fachadas, instalación de sistemas mecánicos, eléctricos e hidráulicos, zonas donde haya congestión del refuerzo estructural, etc.) para aumentar la confiabilidad de la planificación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desde etapas muy temprana del proyecto, la metodología dará soporte a sus procesos de planificación mediante los modelos BIM.</li> </ul>	<p>Coordinador de Ingeniería BIM</p>	<p>Riesgos, Cronograma, Costo</p>	<p>Modelo 3D</p>
<p>Gestión y seguimiento del espacio</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un proceso en el que BIM se utiliza para distribuir, administrar y rastrear eficazmente los espacios apropiados dentro de una instalación.</li> <li>• Por ejemplo, permite que el equipo de gestión de instalaciones analice el uso existente del espacio y aplique de manera efectiva la gestión de planificación hacia cualquier cambio aplicable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La metodología se encargará de elaborar todos los modelos BIM de acuerdo a los requerimientos de información de tal forma que pueda ser linkeado a los sistemas empresariales del cliente.</li> </ul>	<p>BIM Manager</p>	<p>Riesgos, Cronograma, Costos</p>	<p>Base de datos, Data, Modelos 3D</p>

Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

Para efecto de desarrollo, explicaremos en términos conceptuales, lo que cada gestión consiste, partiendo de los conceptos base de ambas metodologías en los que incluyen los pilares y sobre la data base de las investigaciones que han sido aplicadas bajo este plan en múltiples proyectos con inclusión BIM, VDC y ambos.

### **GESTIÓN DEL ALCANCE CON VDC & BIM**

Para Sacyr (2020), implementar VDC/BIM en el proceso facilitará la identificación del alcance del proyecto a ejecutar. Cómo BIM soportará y potenciará la gestión del alcance de la etapa de evaluación de proyectos para la fase de construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Como se puede ver, en este proceso se facilita y se potencia el desarrollo y control del cronograma generando simulaciones del proceso constructivo tratando de eliminar cualquier restricción.

#### ***I. Modelos BIM***

Los modelos BIM serán la principal fuente de información del proyecto sobre el que soportará el proceso de organización en todas las fases los cuales residirán en una carpeta, creando un recurso de conocimiento compartido con contribuciones de información no solo de la firma de ingeniería, cliente o contratista principal; también con los subcontratistas, proveedores y profesionales que participen en el proyecto.

#### ***II. Sesiones ICE***

Mediante sesiones ICE (reuniones de coordinación) se pretende integrar desde etapas muy tempranas del proyecto en etapa de construcción a los principales Stakeholders en un ambiente con herramientas tecnológicas necesarias, que les permita colaborar, tomar decisiones, resolver problemas y plantear alternativas de mejora continua de tal manera que “se reduzcan los tiempos de latencia” (tiempo de respuesta de consultas).

### **III. Objetivos del proceso de ejecución**

En base a los ítems I y II se busca alienar los objetivos de todos los interesados juntamente con los objetivos del proyecto de ejecución: Tiempo, calidad y costo.

### **IV. Controles de calidad BIM**

Se va a generar gran cantidad de información en el proyecto alrededor de los modelos BIM por lo que el ejecutor implementará controles de calidad sobre estos para garantizar su consistencia y confiabilidad.

### **V. Métricas de desempeño**

Es fundamental definir desde el inicio métricas que midan el desempeño de la estrategia BIM implementada y sobre los cuales plantear opciones de mejora continua.

### **Personas claves del proyecto**

Las personas clave para la implementación de VDC/BIM en la etapa de construcción son los descritos en la tabla N°5.

Tabla 5

Personas clave de contrato.

Item	Rol	Organización	Contacto
01	Gerente de Proyecto	Empresa ejecutora	TBD
02	Gerente de construcción e interfaces	Empresa ejecutora	TBD
03	Gerente de control de proyectos	Empresa ejecutora	TBD
04	Gerente de seguridad y salud ocupacional	Empresa ejecutora	TBD
05	BIM Manager	Empresa ejecutora	TBD
06	Coordinador BIM	Empresa ejecutora	TBD
07	Especialista BIM	Empresa ejecutora	TBD
08	BIM Manager	Empresa supervisora	TBD
09	Jefe de Supervisión	Empresa Supervisora	TBD
11	Director de Proyecto	Institución Pública	TBD
12	Responsable BIM	Proveedores	TBD
13	Representante	Institución Publica	TBD

14	Responsable BIM	Empresa ejecutora	TBD
15	Responsable BIM	Empresa ejecutora	TBD

Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

### **Prioridades, objetivos y usos VDC&BIM**

El objetivo de usar VDC&BIM con los criterios de éxito establecidos para el proyecto dando soporte, mejorando y optimizando de manera continua los procesos de gestión de la integración, alcance, cronograma, costo, calidad, comunicaciones, riesgos, procura, gestión de los interesados y puesta en marcha mediante la metodología VDC&BIM para agregar valor a los objetivos del proyecto de construcción. En tal sentido las prioridades se definirían de la siguiente manera:

- ✓ Apoyar los procesos de construcción para reducir el riesgo y mejorar la eficiencia.
- ✓ Proporcionar registros digitales precisos a medida.

### **Metodología VDC&BIM**

Se presenta las prioridades VDC&BIM de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la Tabla N°6.

Tabla 6

Tareas específicas VDC&BIM.

Ítem	Tarea	Descripción
01	Centralizar la producción de la información del proyecto en un solo repositorio digital	Concentrar la producción de la información del proyecto alrededor de los modelos BIM para evitar errores, retrabajos y variaciones.
02	Proporcionar soporte en la toma de decisiones	Generar información y la visualización de las distintas problemáticas para facilitar la toma de decisiones acertada en la fase de construcción.
03	Proporcionar los modelos para demostrar el cumplimiento.	Mediante la entrega de los modelos, planos en cada hito del proyecto.

04	Reducir el riesgo y mejorar la eficiencia en los procesos de construcción.	Mediante la coordinación 3D entre los stakeholders del proyecto.
05	Facilitar la interpretación y comunicación del proceso constructivo	Generar y entregar información de calidad que facilite la interpretación de las soluciones previstas en el proceso constructivo y su comunicación a los usuarios finales (Gestores, Proveedores, Propietarios, subcontratos, técnicos)
06	Integrar a toda la cadena de suministro en el cumplimiento de los objetivos del proyecto.	Incorporar a los principales subcontratistas en el trabajo colaborativo con BIM
07	Garantizar la coordinación y compatibilización entre disciplinas del proyecto	Todas las disciplinas se compatibilizan y coordinan entre si antes de emitir planos de construcción.
08	Mejorar la monitorización del avance del proceso constructivo	Seguimiento del avance de obra y de las diferentes disciplinas durante el proceso constructivo
09	Controlar el presupuesto durante el proceso constructivo	Contar con mediciones fiables del alcance del proyecto
10	Mejorar el control integrado de cambios del proyecto	Mejorar la evaluación y el análisis del impacto en el costo y cronograma de los cambios que se presenten en el proyecto
11	Definir procesos constructivos fiables minimizando las desviaciones	Aumentar la fiabilidad de los programas de obra, asegurando la coordinación entre fases y equipos
12	Mejorar la gestión de cambios durante el proceso constructivo	Evaluar los cambios sobre información fiable y de calidad y registrar la toma de decisiones
13	Mejorar la planificación del proyecto	Mejorar la confiabilidad de los procesos de planificación, planes maestros, planes semanales y diarios que se generen en el proyecto mediante la integración de Last Planner y BIM.
14	Mejorar la planificación del sitio.	Mejorar la distribución de los espacios y la interacción entre las instalaciones permanentes y temporales en el sitio durante las fases del proceso de construcción.
15	Optimización de los métodos constructivos	Mejorar el diseño de los procedimientos constructivos para incrementar la confiabilidad de la planificación.
16	Mejorar los procesos de fabricación del proyecto	Para facilitar la fabricación de materiales, paquetes de trabajo o ensamblajes.
17	Mejorar la confiabilidad de la determinación de las cantidades del proyecto	Para poder determinar presupuestos/costos de actividades más confiables.

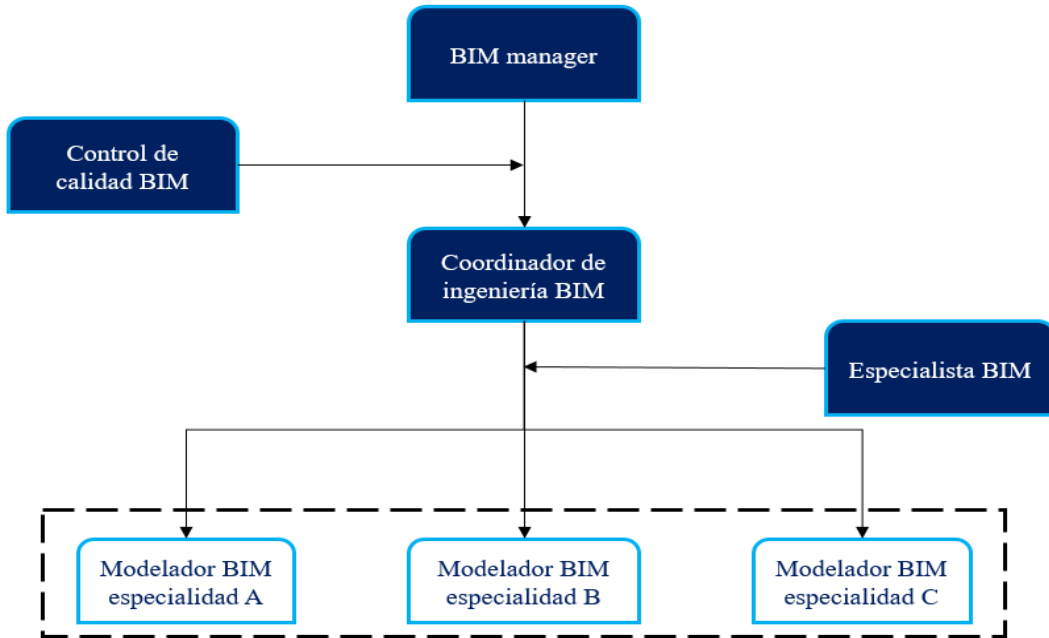
Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

### Organización del equipo BIM

El equipo BIM del proyecto estará organizado conforme lo muestra la Figura N°33.

Figura 33

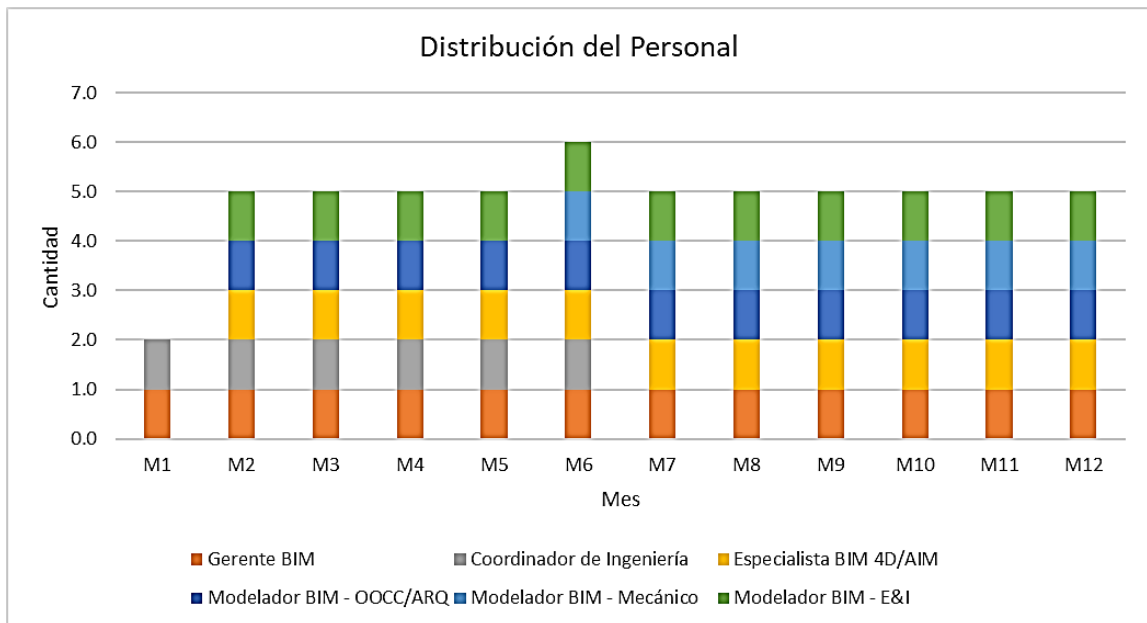
Organigrama BIM.



Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

Figura 34

Estimado de distribución del personal.



Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

Se considera que durante toda la fase del proyecto el gerente BIM estará presente de inicio a fin mientras que el coordinador de ingeniería se estima su presencia hasta el 50% del avance del proyecto, así mismo, Los especialistas BIM 4D estarían presentes en casi toda la etapa del proyecto considerando la reducción del personal, también pasaría por lo mismo el modelador de arquitectura, instalaciones y estructuras. El cuadro anterior es una estimación sobre la presencia del personal BIM durante la etapa del proyecto.

### **BIM mánager**

Será aquel que liderará la correcta implementación y uso de la metodología BIM en el proyecto. Elabora el plan de ejecución BIM. Trabaja en estrecha colaboración con el gerente de proyecto y el personal clave. También gestionará los recursos necesarios para cumplir con estos entregables.

#### Responsabilidades:

- ✓ Administra los procesos BIM.
- ✓ Emite instrucciones necesarias sobre cuestiones relacionadas a BIM.
- ✓ Coordina con el gerente de proyecto y el cliente.
- ✓ Controla la implementación BIM para garantizar la coherencia y el cumplimiento del proyecto de construcción.
- ✓ Realiza las auditorías de calidad BIM.
- ✓ Monitorea la comunicación e intercambio de información para asegurarse de que se esté dando según lo establecido.
- ✓ Organiza y asiste a las reuniones de coordinación del proyecto.
- ✓ Es el principal enlace entre el equipo de proyecto, el cliente y supervisores.
- ✓ Garantizan la creación de plantillas de proyecto adecuadas cuando sea necesario.
- ✓ Realizar el control de costos del proyecto en base a modelos BIM.

### **Coordinador BIM**

El coordinador de ingeniería BIM es el agente responsable de coordinar e integrar todas las disciplinas del proyecto con la finalidad de que se cumplan los requerimientos.

Responsabilidades:

- ✓ Integra y compatibiliza las especialidades del proyecto.
- ✓ Coordina las acciones para resolver los conflictos identificados.
- ✓ Presidir las reuniones de coordinación BIM con los interesados internos y externos.
- ✓ Aplicar los métodos y procedimientos estándares BIM.
- ✓ Ayuda a mantener el plan de ejecución BIM.
- ✓ Coordina la producción de información.

### **Especialista BIM 4D**

Se encarga de elaborar y actualizar el modelo de información de activos para el “Facility Managment” del cliente.

Agrega fases a los recursos y crea un archivo de fases que tenga como base el cronograma del equipo de gestión del proyecto.

Responsabilidades:

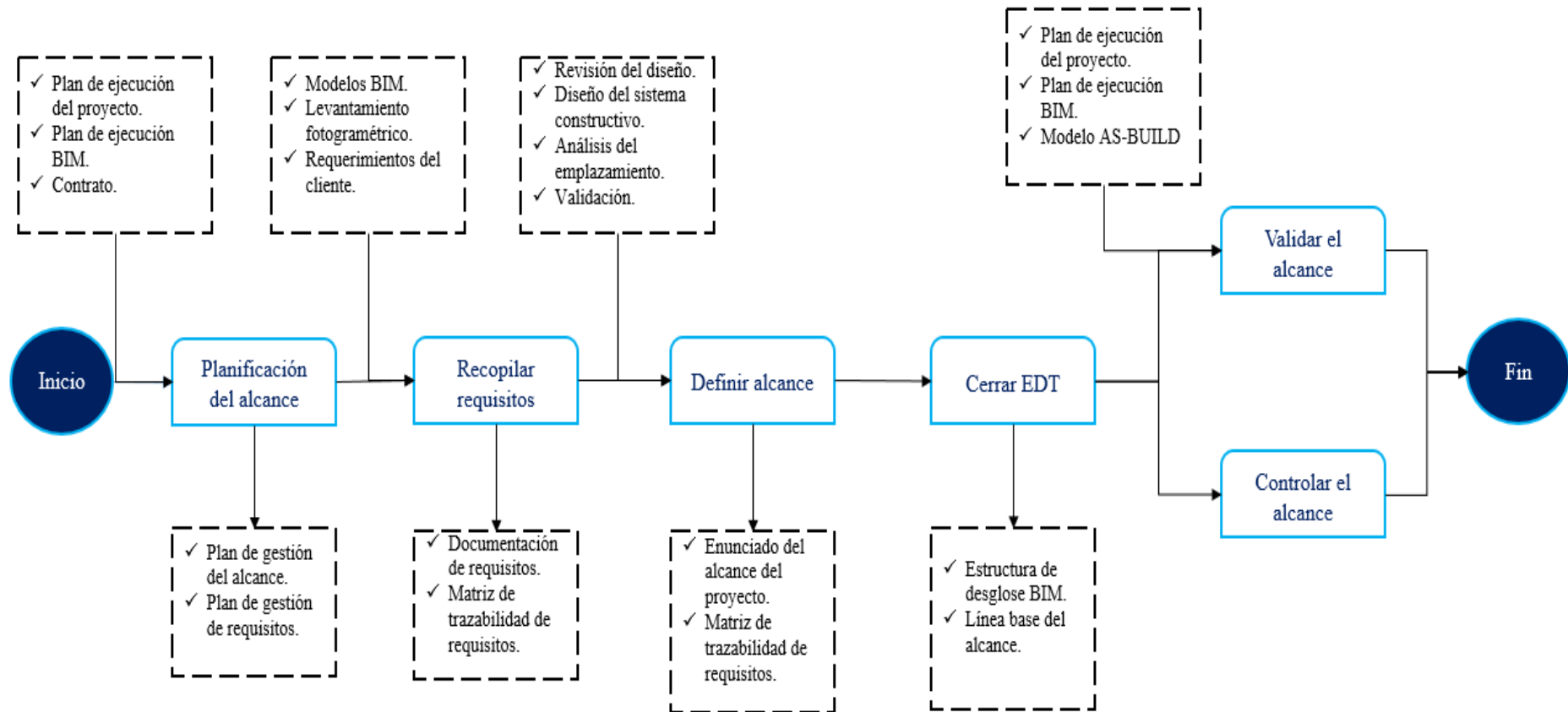
- ✓ Da soporte al BIM manager.
- ✓ Mantiene el plan de ejecución BIM del proyecto.
- ✓ Realiza simulaciones de los procesos constructivos, da soporte a la elaboración del cronograma semanal diario.
- ✓ Lleva a cabo controles de calidad antes de compartir los modelos con otras disciplinas.
- ✓ Mantener y verificar la integridad del trabajo.
- ✓ Mantener y verificar la gestión de datos.



## **Modelador BIM**

- ✓ Crea, actualiza o modifica los modelos BIM, dibujos, shop drawings, planos as – built, tablas y documentos asociados.
- ✓ Proporciona información fundamental para todas las disciplinas involucradas utilizando herramientas BIM.
- ✓ Detecta interferencias 3D, añadir elementos de construcción para los objetos de la biblioteca.
- ✓ Ejecuta los usos BIM establecidos en el proyecto.
- ✓ Debe seguir en su trabajo los protocolos y estándares establecidos.
- ✓ Coordina constantemente y con cuidado su trabajo con las partes externas tales como arquitectos, ingenieros, asesores, proveedores. (ver figura N° 43)
- ✓ Posee técnicas y habilidades capaces para arreglar, organizar y combinar la información.
- ✓ Administra un modelo de disciplina específico y se asegura de que los modelos de disciplina se encuentren actualizados.

Figura 35: Flujo grama gestión del alcance con BIM.



Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

## GESTIÓN DE RIESGOS CON BIM

La implementación de los usos BIM en este proceso es muy importante ya que continuamente se estará trabajando con el modelo, lo que permitirá reconocer posibles riesgos con anterioridad pudiendo así planificar la respuesta con mayor tiempo y a un menor costo que si fuera resuelto en obra. Por ejemplo, el uso “coordinación 3D” que permite detectar las posibles interferencias entre las distintas instalaciones de manera anticipada. Esto se logrará gracias a un trabajo colaborativo donde las distintas disciplinas realizan su trabajo, pero a su vez pueden observar, mediante intercambio de archivos, los proyectos de las otras especialidades. (ver figura N°36)

De esta forma, al trabajar con la misma información (modelo) podremos establecer desde la planificación por donde pasará cada una de las instalaciones. Es muy importante destacar esto ya que por lo general no suele suceder en los procesos tradicionales y es un gran beneficio para el proyecto, ya que no solo anticipa posibles riesgos, sino también que permite ahorrar dinero, tiempo en obra y cumplir con las expectativas. (ver figura N°37)

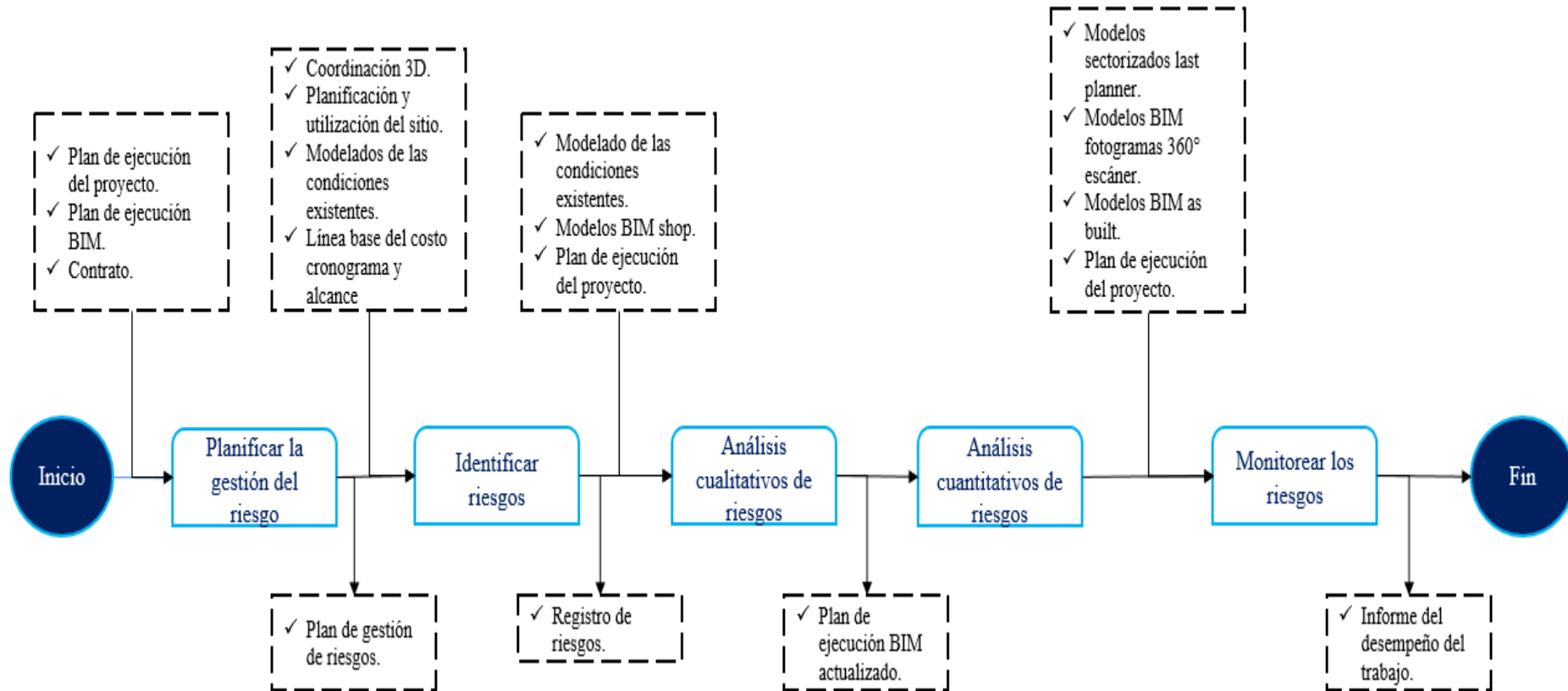
Figura 36

Detección de posibles interferencias.



Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

Figura 37: Flujo grama gestión de riesgos con BIM.

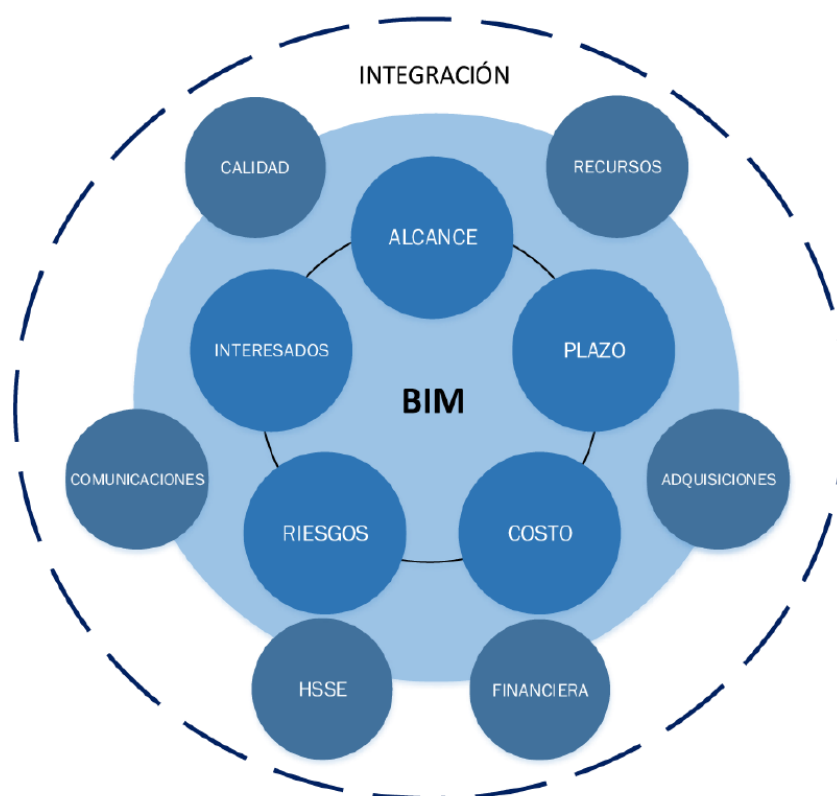


Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

## GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN CON VDC & BIM

Para Sacyr (2020) BIM es el encargado de facilitar los procesos y actividades de unificación, coordinación y compatibilización de los principales planes de trabajo, grupos de proceso y áreas de conocimiento mediante la utilización de la información. Una única nube para todos los interesados con el fin de evitar la duplicidad de información y retrabajos.

Figura 38: Gestión de la integración BIM.



Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

### Gestión de las comunicaciones e interesados con BIM

La gestión de las comunicaciones para la empresa o consorcio es un elemento estratégico para agregar valor al cliente y asegurar un clima social y organizacional favorable para la ejecución de las actividades de construcción. En tal sentido debido a la gran cantidad de participantes y la necesidad de comunicar la información de manera oportuna y precisa a la empresa o consorcio se potenciará con BIM los procesos de gestión de la comunicación y de los interesados. (ver figura N°39)

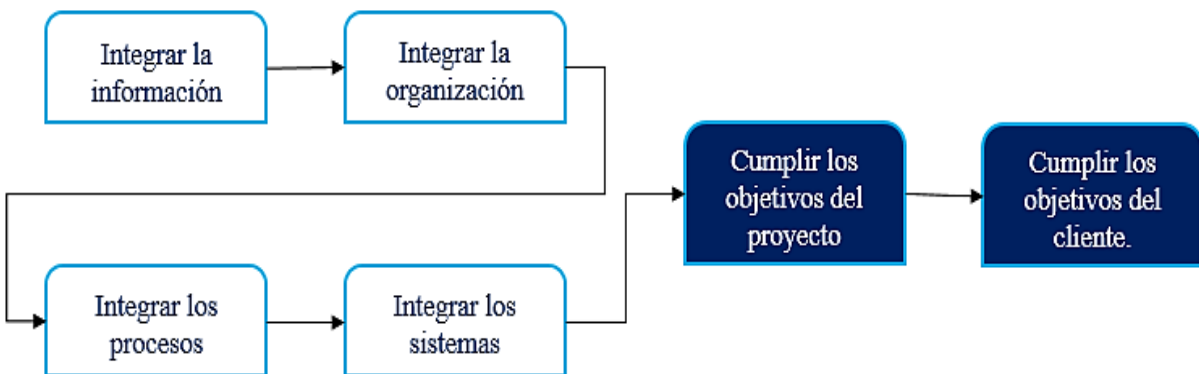
Figura 39: Figura referencial.



Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

La siguiente figura de integración permitirá integrar la información, la organización, los procesos, los sistemas para cumplir con los objetivos.

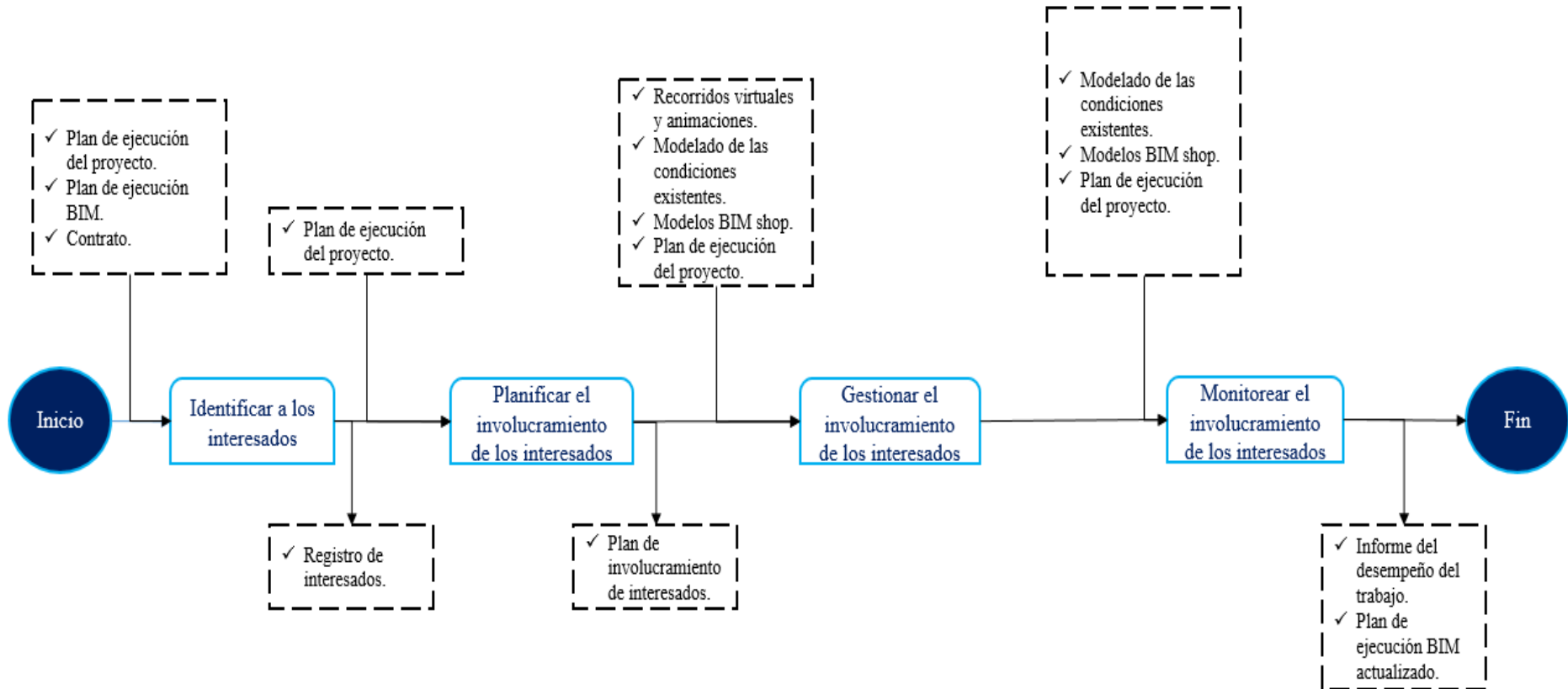
Figura 40: Integración de la información



Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

Para ello la gestión de los interesados seguirá el siguiente flujo grama establecido en la Figura N°41.

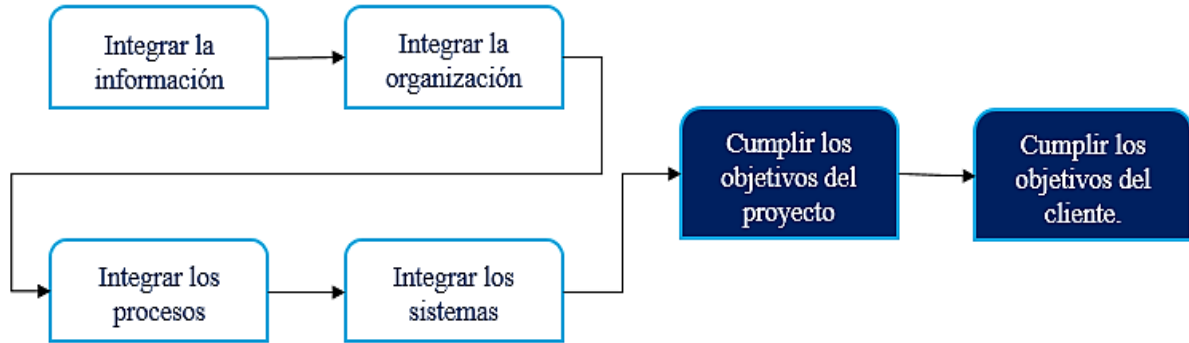
Figura 41: Flujo grama gestión de los interesados con BIM



Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

La siguiente figura de integración permitirá integrar la información, la organización, los procesos, los sistemas para cumplir con los objetivos, como se muestra en la Figura N°42.

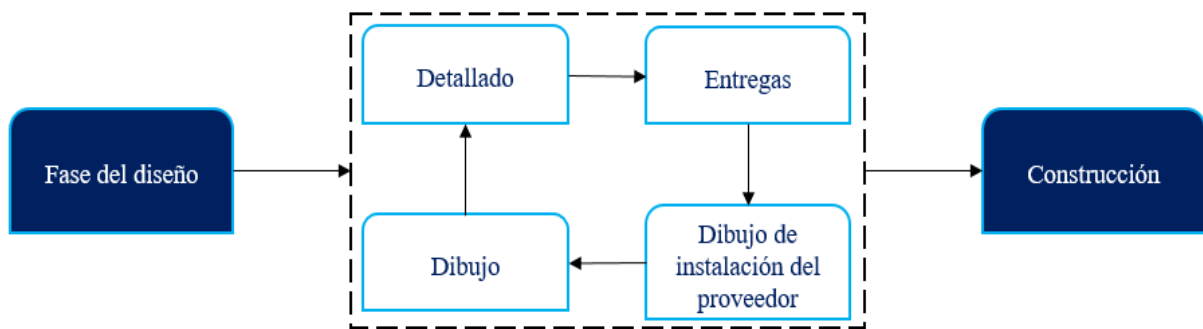
Figura 42: Integración de la información



Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

Al integrar BIM en la gestión de adquisiciones resulta fundamental para asegurar la implementación de BIM en toda la cadena de suministro. Esto debido a que la ingeniería que se reciba del paquete de diseño deberá ser desarrollada y detallada, para facilitar la ejecución de los trabajos, ver figura X para los principales Stakeholders del proyecto (subcontratistas, proveedores, etc.). (ver figura N°43)

Figura 43: Flujo grama - Gestión de procura.



Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

Para ello, los subcontratistas deberán tener mínimamente las capacidades para:

- ✓ Desarrollar sus planos a detalle, dibujos directamente sobre los modelos BIM que la empresa o el consorcio les facilitará.
- ✓ Compatibilizar sus planos con las demás especialidades.
- ✓ Trabajar en un entorno de datos común.



De esta forma se tendrá actualizado y centralizado la información del proyecto.

Para lograr un flujo continuo y confiable de la información. La empresa o consorcio introducirá en la gestión de la procura de los subcontratos y proveedores unos TDR (términos de referencia por sus siglas) en las RFQ (solicitud de cotización por sus siglas) con requerimientos mínimos sobre BIM el cual se le denominará (TDR-BIM) el cual exigirá a los sub contratistas/proveedores principales o críticos que trabajen dentro del marco de la metodología BIM bajo ciertas reglas primordiales que permitan un intercambio de información eficiente entre los Stakeholders.

(Sacyr, 2020) define al TDR – BIM mínimamente en los siguientes aspectos mostrados en la figura N° 44.

*Figura 44: Contenido mínimo de los TDR-BIM*

1. Introducción
2. Propósito del documento
3. Alcance
4. Objetivos y usos BIM
  - a. Usos BIM del cliente
  - b. Usos BIM del contratista
  - c. Usos BIM del subcontratista / proveedor
5. Roles, Personal y Competencias BIM
6. Estrategia de gestión de los modelos BIM
7. Protocolos de Intercambio de información
8. Protocolos de Seguridad de la información
9. Estrategia de creación de modelo As-Built
10. Asset Information Model
11. Infraestructura tecnológica
  - a. Software
  - b. hardware
12. Common Data Environment (CDE)
13. Entregables
14. Controles de calidad BIM
15. MIDP-Master Information Delivery Plan
16. Model Element Table
17. Capacitación del personal

Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

Uno de los requerimientos fundamentales de este TDR solicita al contrato contar con un coordinador/modelador BIM durante las ejecuciones de sus actividades para que puedan

generar y trabajar toda la información del proyecto bajo la metodología VDC/BIM y con los modelos BIM que la empresa o consorcio les facilitará.

### **Procedimiento de reuniones ICE**

Las reuniones ICE para la etapa constructiva de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, tienen los siguientes propósitos: Recopilar información, dar información, toma de decisiones, identificación de problemas, resolución de problemas, coordinación y planificación entre los principales Stakeholders.

A continuación, se presenta en la figura N° 45, una muestra de cómo serán las reuniones cuidadosamente diseñadas y preparadas.

Figura 45: Propósito de reuniones BIM.



Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

### **Tipos de reuniones ICE**

Se presentan los tipos de reuniones que se manejarán, los cuales deberán ser con anticipación para evitar originar cuellos de botella.

- ✓ Reunión de traspaso de modelos BIM y responsabilidades.
- ✓ Reunión BIM de presentación.

- ✓ Reuniones de coordinación interna.
- ✓ Reuniones de coordinaciones al cliente.
- ✓ Reuniones de coordinación con subcontratistas.
- ✓ Reuniones de actualizaciones.
- ✓ Reuniones de transferencias.

### **Métricas de desempeño de las reuniones**

Al final de cada reunión se evaluará si la agenda acordada fue completamente abordada con responsabilidades asignadas, en el siguiente cuadro se presenta las métricas de desempeño de las reuniones

*Tabla 7*

*Métricas en base de Descripción y Valor*

<b>Descripción</b>	<b>Métrica</b>	<b>Valor Meta</b>
Reuniones	% de agenda cumplida	100%
Seguimiento de los acuerdos de reunión	% De compromisos cumplidos	100%

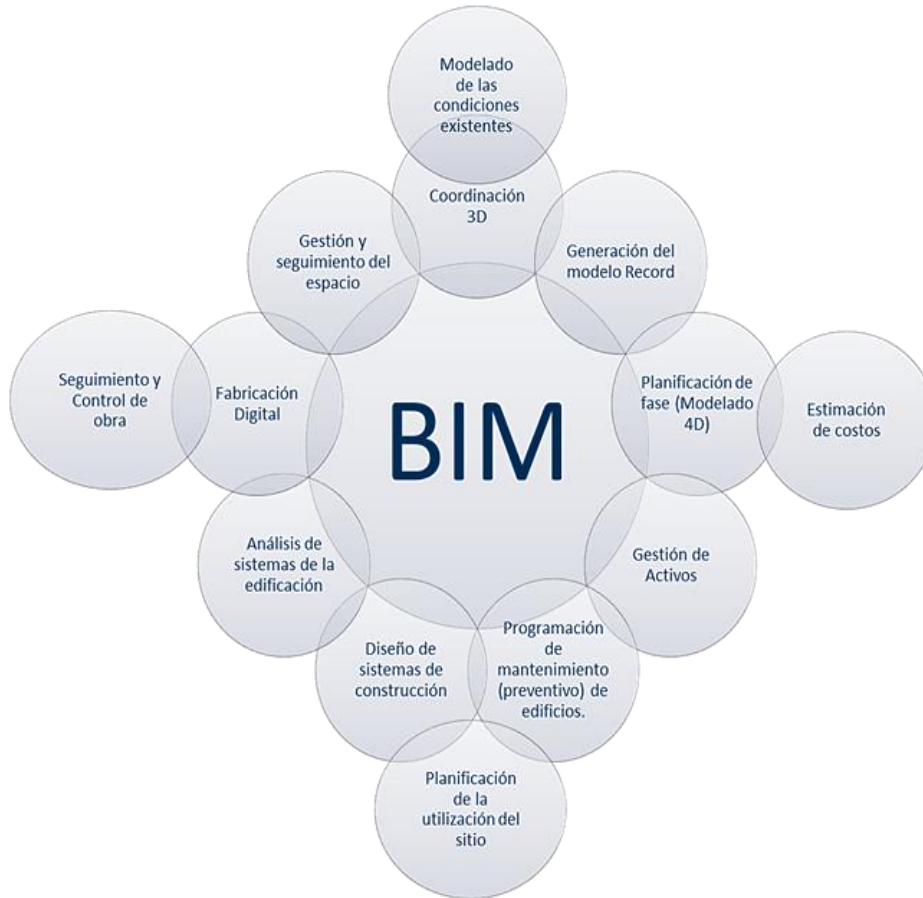
Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

### **Información centralizada**

Como describe la metodología VDC & BIM, el diseño de la construcción será centralizada y asociada de una u otra manera a los modelos BIM. A partir de ese repositorio de información única para cada miembro del equipo de proyecto, extraerá información que necesite. Como por ejemplo (planos, cantidades, imágenes, etc.), de esta forma se evitará la información duplicada y errada, disminuyendo riesgos y aumentando la confiabilidad de la información.

Figura 46

Centralización del trabajo bajo la metodología BIM



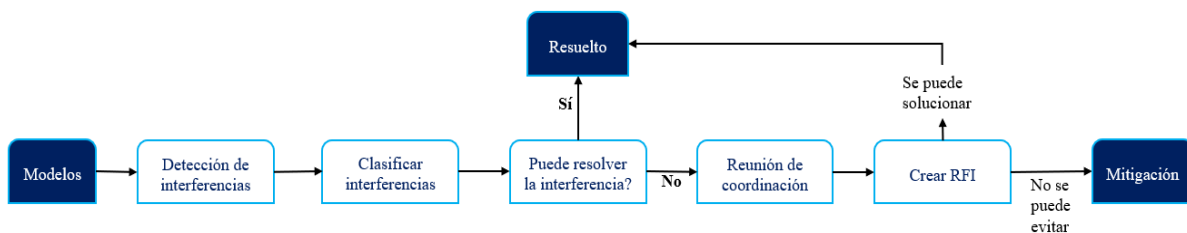
Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

### Coordinación BIM 3D

Se ejecutará un flujo de coordinación interna, de manera que, internamente se haya realizado un doble chequeo de coordinación antes de la entrega de modelos.

Figura 47

Flujograma de coordinación 3D y detección de interferencias



Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

## GESTIÓN DEL COSTO CON VDC & BIM – 5D

En la figura se muestra como BIM soportará la gestión del costo de la planta de tratamiento de aguas residuales, mediante la extracción confiable de las cantidades y vinculación hacia el programa de presupuestos y control de costos.

### *Estimación de costos BIM 5D*

Se dará soporte a la gestión de costos mediante:

- Extracción de cantidades.
- Control de costos.

Tabla 8 Uso BIM con software

USO BIM	SOFTWARE
Extracción de cantidades	Revit 3D, Presto o software de presupuestos con funcionalidades similares
Control de costos	Revit 3D, Presto o software de presupuestos con funcionalidades similares

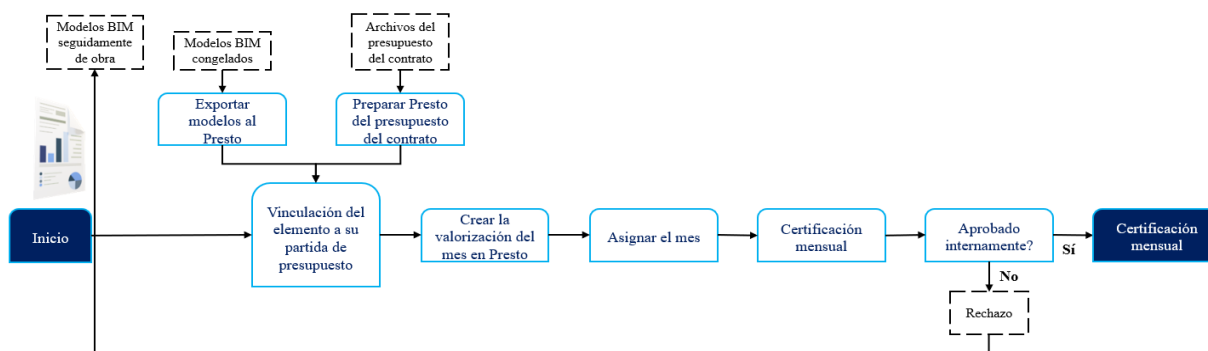
Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

La extracción de cantidades será extraída de manera manual desde los modelos hacia el software de presupuestos con funcionalidades similares al presto.

El control de costos del proyecto resulta ser fundamental, que para ello se usará el software presto o similar que mantenga un vínculo bidireccional con el software Revit. Esto significa que un cambio en los modelos BIM actualizará de manera automática el presupuesto evitando así errores y duplicidad de información.

Figura 48

Flujograma de gestión BIM 5D



Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

**Calidad BIM**

Con el fin de garantizar la calidad y la integridad de los modelos BIM en concordancia con el plan de gestión, se desarrollarán distintos tipos de auditoría internas sobre los modelos BIM que se aplicarán ante, durante y después de los principales hitos, como se muestra en la Figura N° 49.

Figura 49

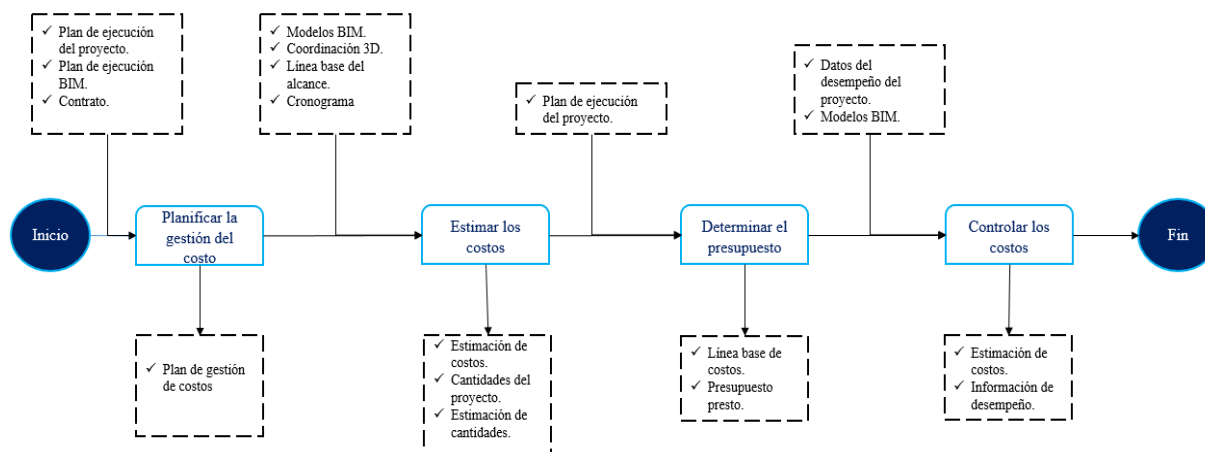
Estrategia de control de calidad



Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

Figura 50

Flujo grama gestión del costo BIM.



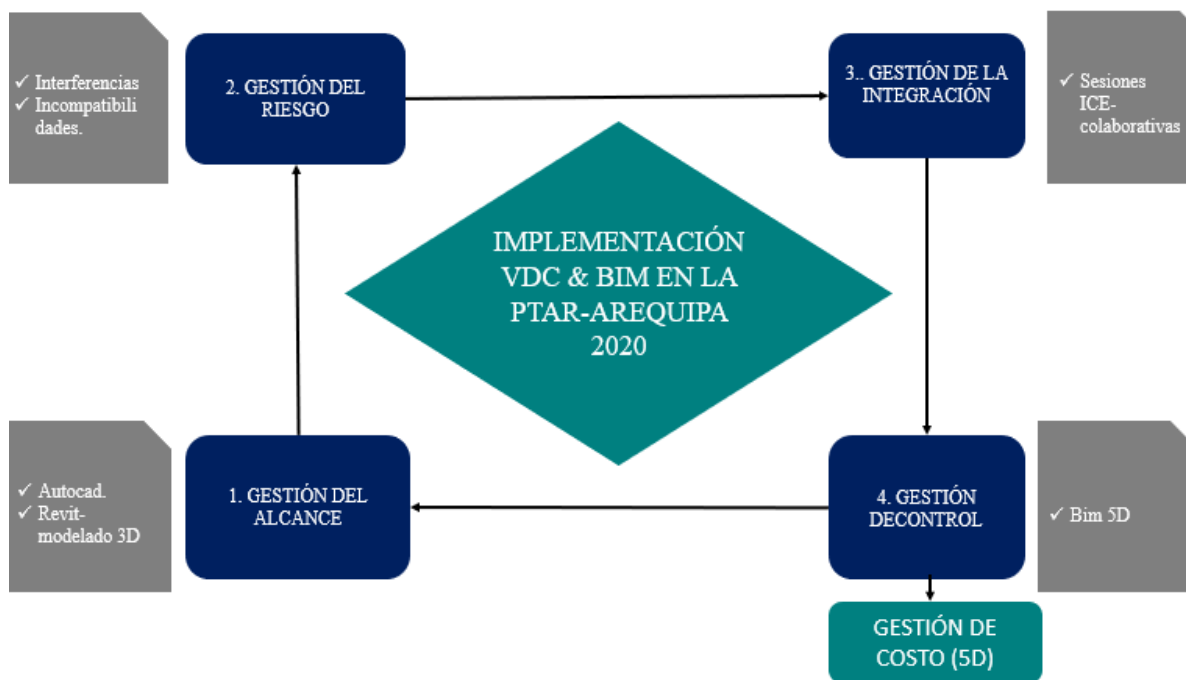
Nota. Data informativa extraída del Plan de Ejecución BIM de Sacyr (2020).

**2.5.3 DESARROLLO DE LA FASE 3: Implementar el plan de Ejecución VDC & BIM**

Para el desarrollo de la siguiente fase de trabajo, enfocamos la implementación VDC & BIM para la PTAR de Arequipa-2020, en cuatro procesos de un desarrollo periódico en función de la propuesta de mejora con el PLAN DE EJECUCIÓN VDC & BIM, con el que se pretende demostrar la optimización de costos del proyecto como se ve en la Figura N°51.

Figura 51

Implementación VDC & BIM en la PTAR – Arequipa 2020



Nota. La figura muestra los pasos para lograr la implementación VDC & BIM Fuente: Elaboración Propia

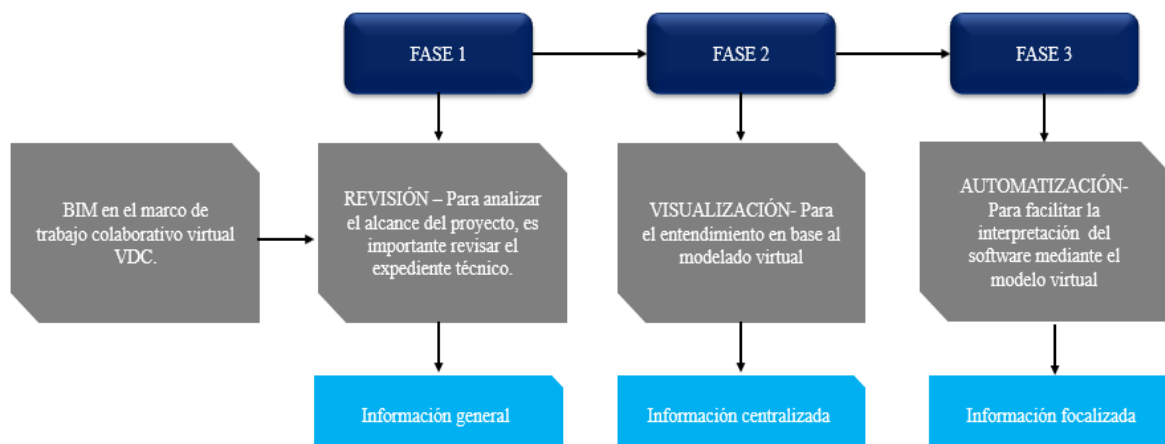
**PROCESO 1: Gestión del Alcance- PTAR Arequipa-2020.**

En este proceso, se evalúa la data base del expediente técnico de una PTAR de Chuquibamba en Arequipa- 2020, partimos de la revisión de planos en AutoCAD, para empezar con el levantamiento del modelado 3d en el software REVIT, para este proceso, se debe tener en cuenta el origen de las coordenadas de inicio como Origen Vs Origen, asimismo, dar inicio a la planificación en base al modelado 3D de la PTAR, nos servirá para identificar anticipadamente a través de la simulación del proyecto, los alcances, el nivel de desarrollo y detalle que exige la PTAR en estudio.

Al aplicar BIM en el marco del VDC, que es el trabajo colaborativo virtual, hacemos uso de las 3 fases esenciales para la primera etapa de un proyecto, dentro de las cuales se nombran a continuación en la figura N°52.

Figura 52

Fases de proceso de Información

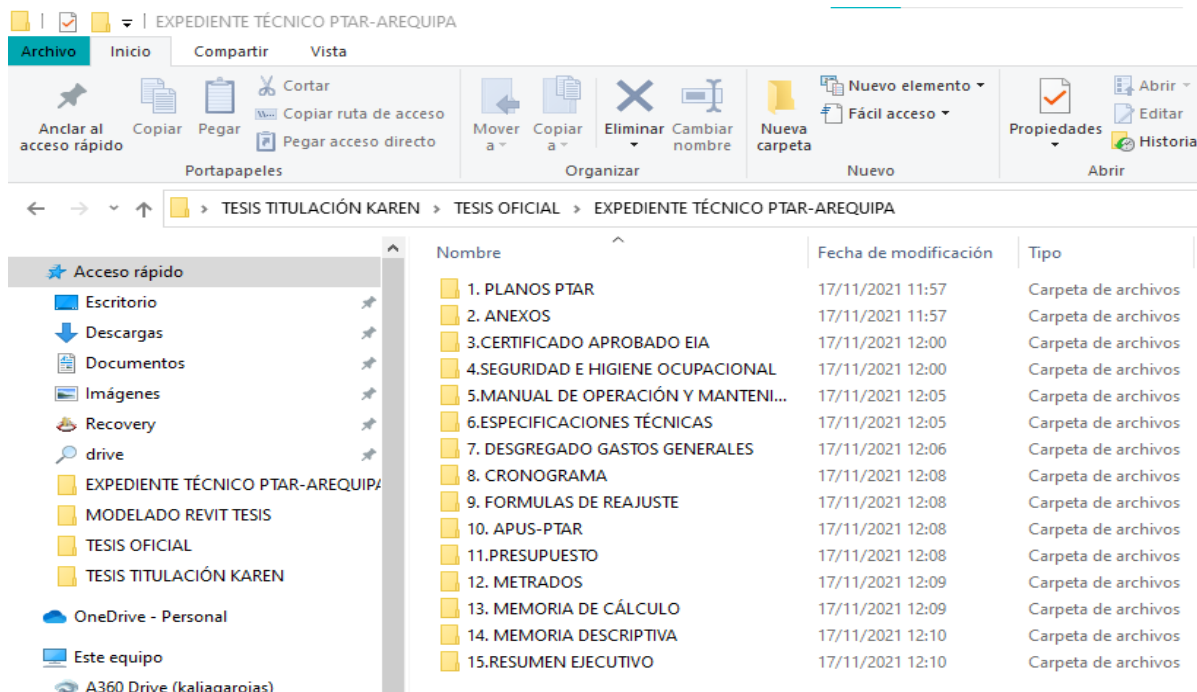


Nota. La figura muestra las fases para el procesamiento de información. Fuente: Elaboración Propia

En la fase 1, de la etapa de revisión, analizamos el expediente técnico de la PTAR-AREQUIPA-2020, como se ve en la figura 53, mostramos los documentos pertenecientes a dicho expediente, los cuales se dividen en 15 carpetas, que nos permitirán determinar el alcance del proyecto.

Figura 53

Documentos relacionados con la Investigación



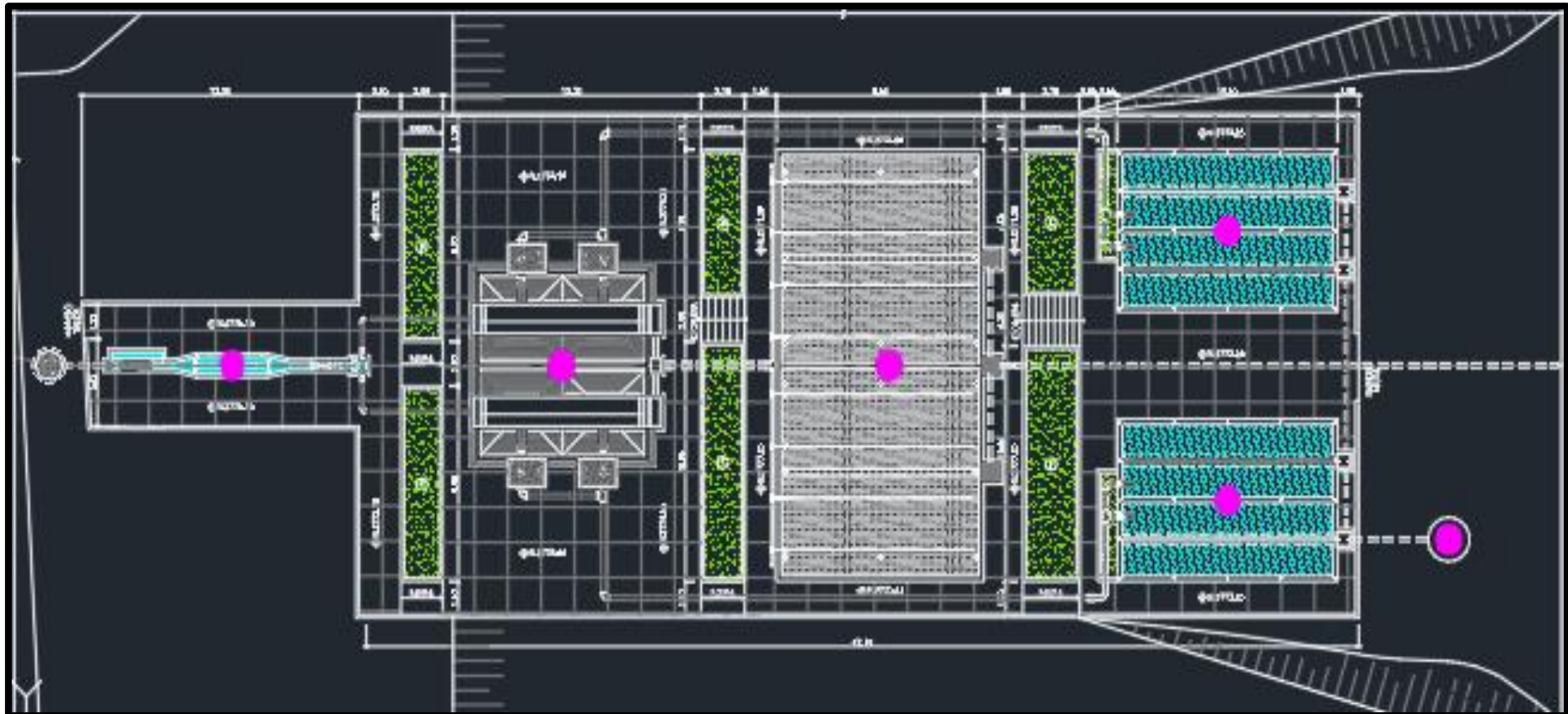
Nota. La figura muestra la DATA con la carpeta de archivos del expediente PTAR. Fuente: Expediente técnico PTAR Chuquibamba-SEDAPAR.



Continuamos con la fase 2, donde se muestra, el plano de planta base de Arquitectura en AUTOCAD 2D, en ello podemos visualizar el esquema compuesto de la PTAR-AREQUIPA-2020, mediante la figura N°54.

Figura 54

Plano 2D - de Planta PTAR-Arequipa.

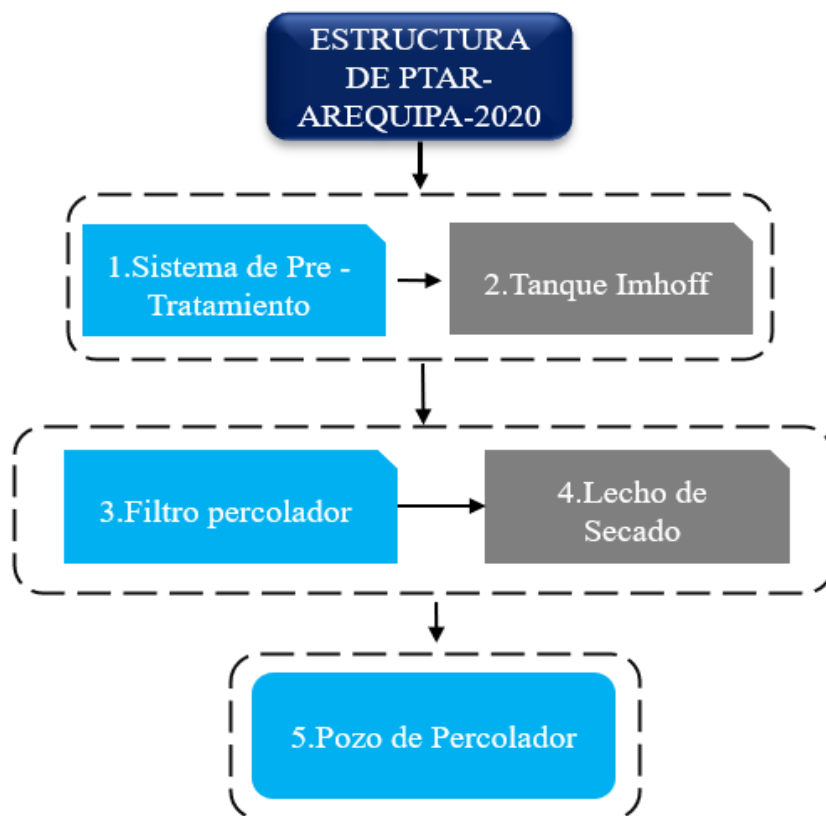


Nota. La figura muestra los planos en 2D de la PTAR. Fuente: Expediente técnico PTAR Chuquibamba-SEDAPAR.

En la figura N°55, se visualiza los componentes de la PTAR, en un esquema para poder entender de una forma más clara y práctica a la hora de ejecutar el proyecto en mención.

Figura 55

Estructura del PTAR – Arequipa



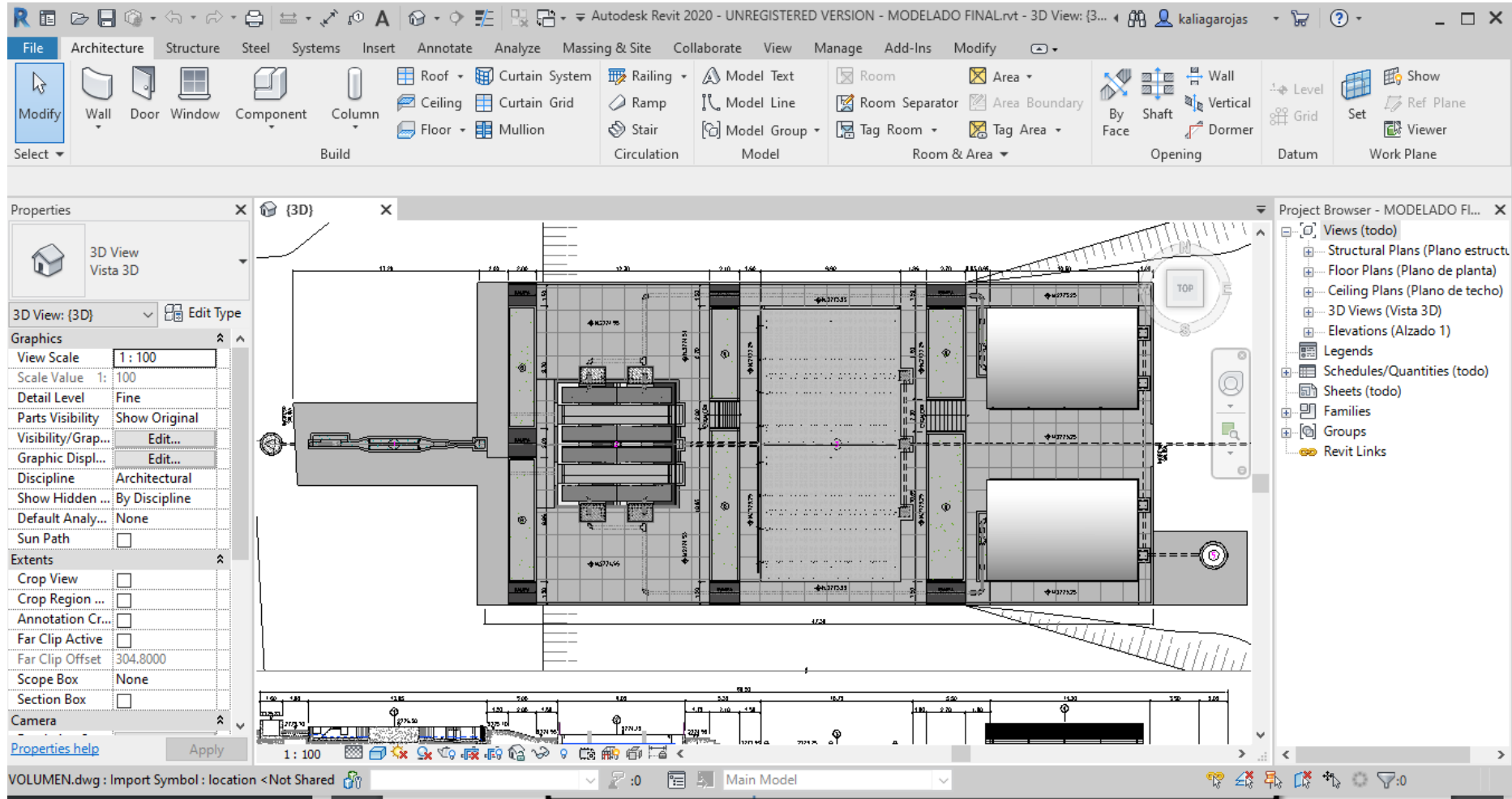
Nota. La figura muestra la estructura de la PTAR Chuquibamba. Fuente: Elaboración Propia

Conociendo los alcances del proyecto y utilizando el esquema base de AutoCAD 2D, procedemos a modelar la PTAR de Chuquibamaba en Arequipa-2020, como se puede ver a continuación, en la Figura N°56 se observa el plano de planta 3D en Revit, cumpliendo con la estructura de la PTAR.

Continuando con las fases, se procede a realizar el levantamiento del modelo Revit, en un entorno 3d, que sería la simulación anticipada de la ejecución de la PTAR, este paso es importante para reconocer al proyecto como un modelo global del producto final de entrega al cliente.

Figura 56

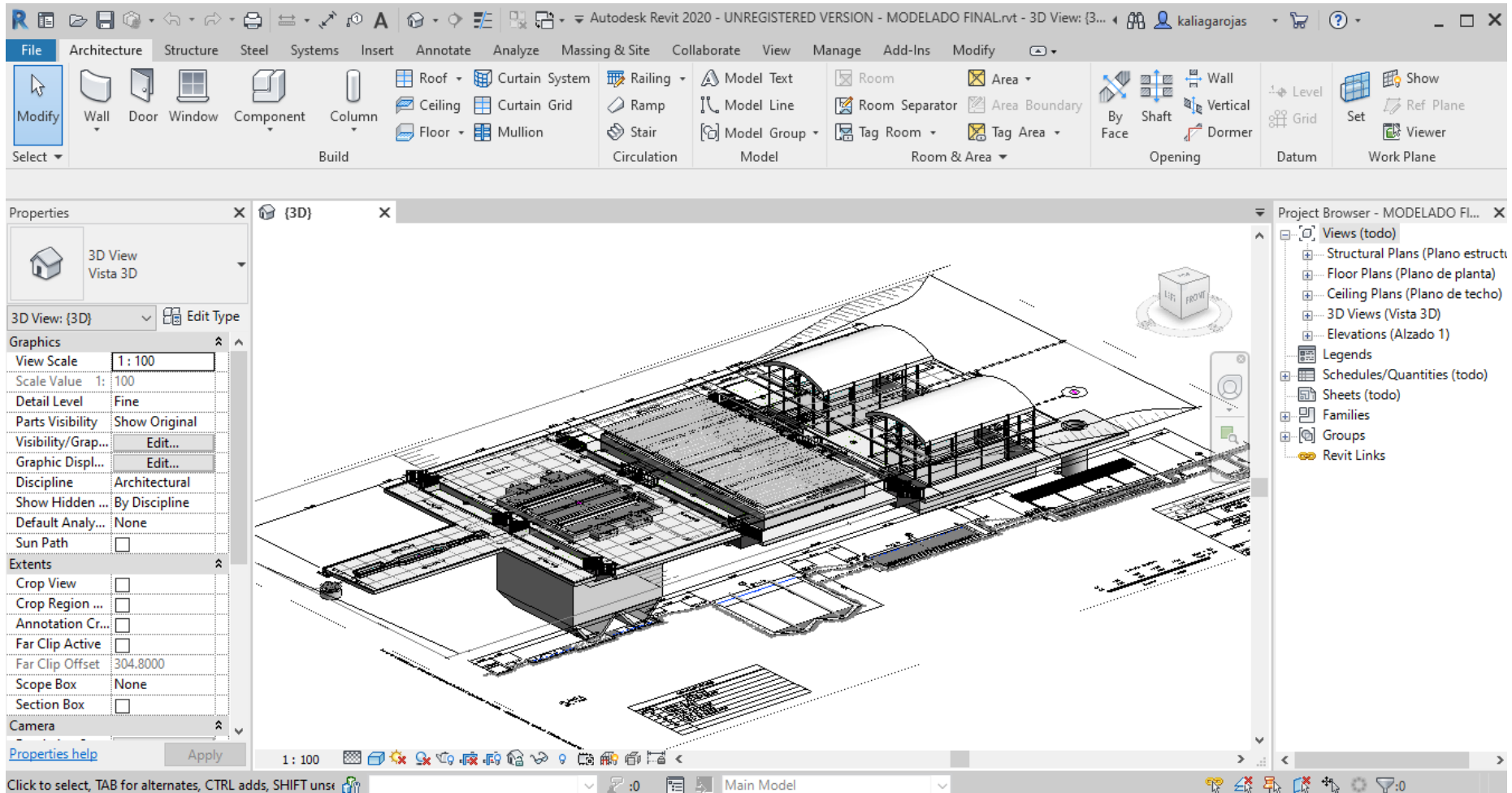
Levantamiento de Modelado en REVIT



Nota. La figura muestra el plano de planta de la PTAR en Revit. Fuente: Elaboración Propia

Figura 57

Levantamiento de Modelado en REVIT



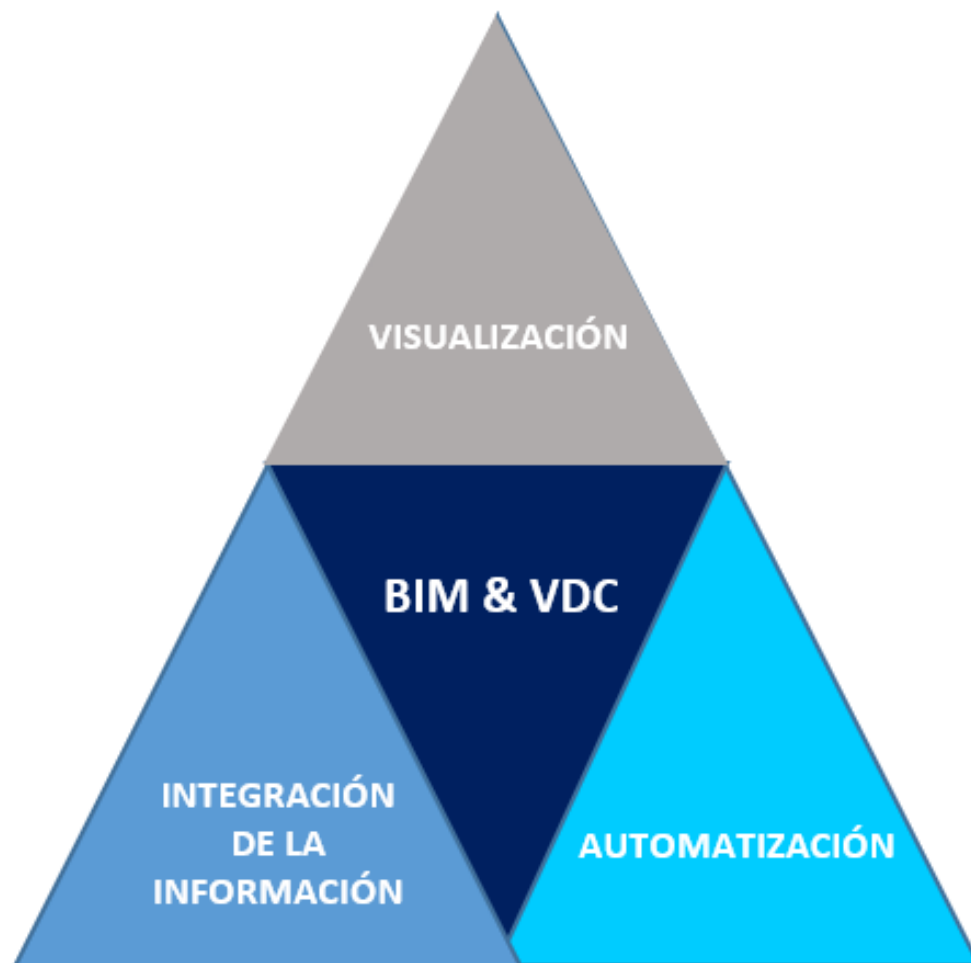
Nota. La figura muestra el modelado 3D en revit. Fuente: Elaboración Propia

**PROCESO 2: Gestión del Riesgo - PTAR Arequipa-2020.**

Construir virtualmente el proyecto permite también conocer con mayor grado de detalle el proyecto de lo que se lograría revisando los planos CAD y como tal permite identificar las deficiencias en los planos de manera que las consultas puedan ser tramitadas anticipadamente y se tengan respuestas al tiempo apropiado para que no impacten en la ejecución de la obra. Por ello, mostramos en la figura N°58, la interrelación de 3 conceptos, que se enlazan en favor de cumplir y anticipar los riesgos del proyecto.

Figura 58

Gestión del Riesgo



Nota. La figura muestra la gestión del riesgo para la implementación VDC & BIM Fuente: Elaboración Propia

Siguiendo el esquema planteado, continuamos con la visualización de las especialidades a través de los modelados en 3D con el programa Revit; La intención es trabajar en base a la típica compatibilización de planos que se da en los métodos tradicionales de construcción, para ello se requiere un conocimiento previo de las diferentes especialidades que tiene el proyecto, y también se utiliza varios días dentro del cronograma de planificación para detectar las posibles interferencias e incompatibilidades del proyecto a ejecutar, pero lamentablemente, a pesar de muchos esfuerzos, la compatibilización en 2D, no ha dado resultados favorables, pues en múltiples situaciones, se ha evidenciado que tiene deficiencias por dos razones: la primera, porque los cortes no siempre se hacen en la misma posición; y la segunda, porque no se reflejan todas las incompatibilidades en vistas 2D.

Ante este mismo concepto y utilizando el paso previo al modelado BIM, realizamos la evaluación y análisis de especialidades a través del modelado de Revit estructuras y Revit Arquitectura, en conjunto con Revit Mep, para obtener los resultados anticipados de las interferencias encontradas, cabe resaltar que el programa Revit, ayuda con la automatización cuando el programa donde se realiza el modelado, te va lanzando alertas de las interferencias que presenta el modelado, para que en pleno levantamiento le puedas dar una solución mas practica y con ello se evitará muchas consultas en pleno proceso de ejecución y se logrará planos compatibilizados correctamente para la ejecución.

### ***PASO 3: Gestión de la Integración para la PTAR-Arequipa***

Para la Integración de la información en la etapa de evaluación de proyectos, se realizó la compatibilización de los modelados según partidas, lo cual permite tener mayor grado de confianza al ejecutar la Obra, puesto que los cambios serán menores y por tanto los adicionales y ampliaciones de plazo serán minimizados. Por otro lado, durante la construcción, el alcance se extiende a la reducción de retrabajos al detectar los requerimientos de las instalaciones y de



la arquitectura en la etapa de casco por medio de prever ductos, pases, aterramientos de las estructuras de manera que queden definidas sus dimensiones y ubicación.

Para este paso, con el fin de gestionar la información del modelo VDC & BIM, se utilizará el modelo base del modelado 3D de la PTAR, para comunicar los alcances, los objetivos meta y sobre todo compartir el análisis de información obtenida con los Stakeholders del proyecto, quienes se pueden ver en la figura N° 59.

Figura 59

Gestión de Integración



Nota. La figura muestra los Stakeholders del proyecto PTAR. Fuente: Elaboración Propia.

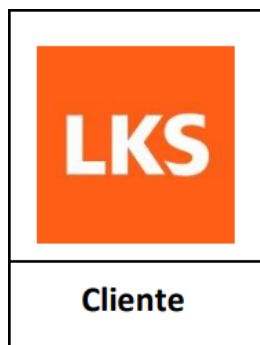
Nuestro equipo de Stakeholders, lo simulamos a través de la siguiente composición:

- Como nuestro cliente tenemos a LKS, que es la corporación autónoma e independiente, que forma parte de la división de consultoría e ingeniería de Mondragón.

- Nuestro proyectista encargado del proyecto, se posiciona con un rol muy importante respecto a las consultas del diseño base, y las respuestas a las futuras consultas del modelado integrado en la gestión VDC & BIM.

Figura 60

Cliente



Nota. La figura muestra al cliente de la PTAR. Fuente: Expediente técnico PTAR Chuquibamba-SEDAPAR

Como empresa constructora tenemos a SEDAPAR, quienes dentro de su expediente técnico han trabajado la planificación en la etapa de evaluación de proyectos de la PTAR, con un enfoque de construcción tradicional 2D.

Figura 61

Cliente



Nota. La figura muestra a la constructora de la PTAR. Fuente: Expediente técnico PTAR Chuquibamba-SEDAPAR.

- Para efectos de la presente investigación hemos agregado al Modelador BIM, y al Coordinador Bim, que son entes externos, cuyo fin es traspasar la forma de trabajo dual a un trabajo tridimensional, con los modelados en Revit.

- Los especialistas de las diferentes partidas de eléctricas y sanitarias, han sido trabajados por personal de la casa constructora, quienes trabajan con el alcance del proyecto, a través de los planos.

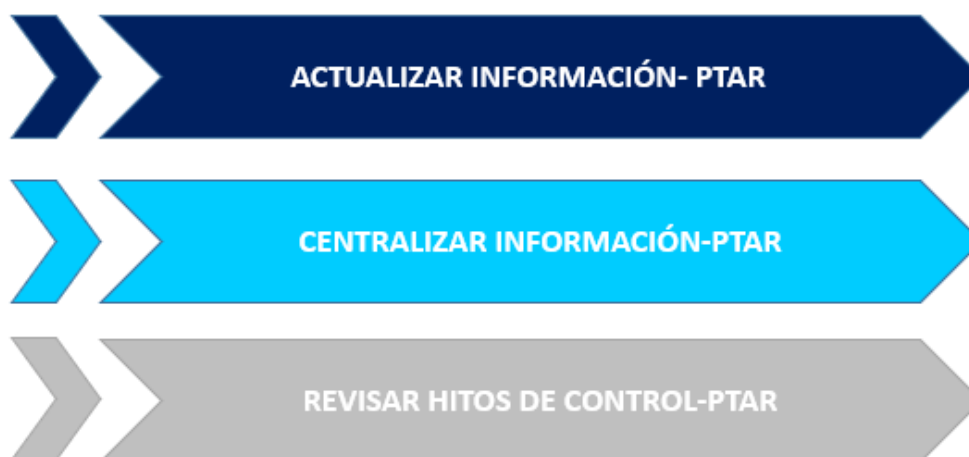
- Los proveedores, juegan un rol muy importante y decisivo en la evaluación anticipada de la ejecución del proyecto, por que garantizará el stock de los materiales y equipos en favor de la PTAR.



Finalmente, con la integración de todos los participantes del proyecto, y la interoperabilidad de los conceptos, se intentará traspasar desde un enfoque específico dado por cada participante del Stakeholders a través de reuniones icc-colaborativas, semanales durante la evaluación de proyectos, para, realizar las actividades de acuerdo al esquema de la figura N°

Figura 62

Actualización de Información PTAR



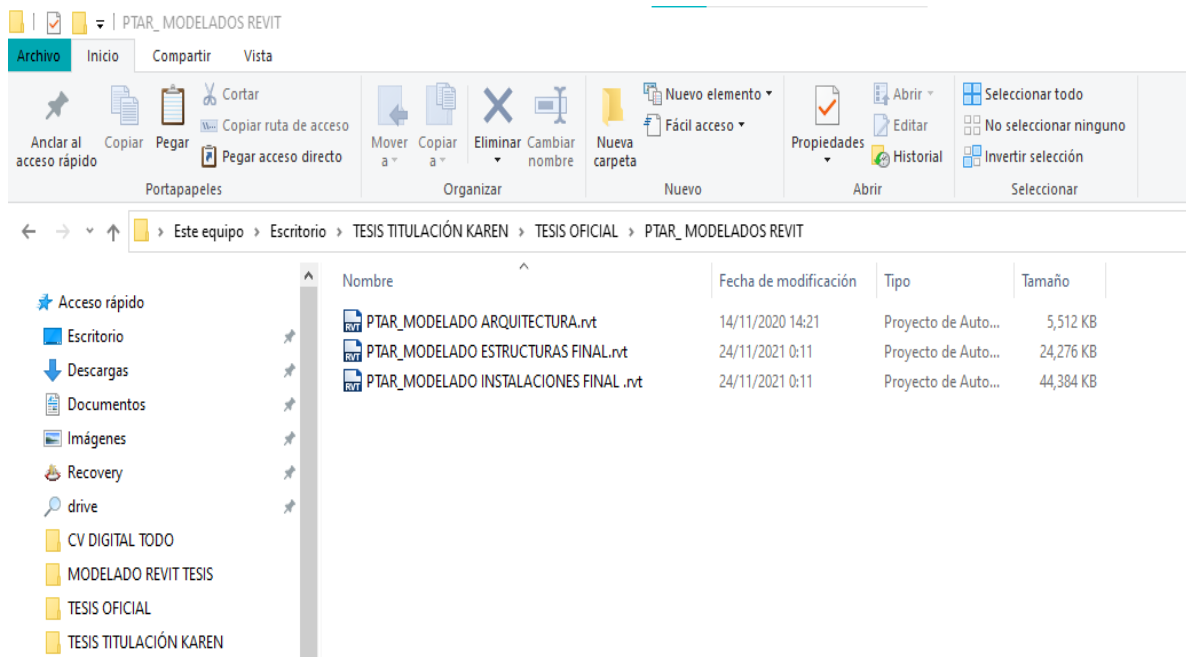
Nota. La figura muestra los pasos para la correcta integración VDC & BIM. Fuente: Elaboración Propia

En la actualización de la información PTAR, nos centraremos en tener una data clara de las interferencias que se encuentren en el modelo de la PTAR, asimismo se pretende visualizar en una sola carpeta, todos los modelados, con los planos actualizados luego del análisis de interferencias.

Para centralizar la información, lo haremos con la carpeta de documentos actualizados como se ve en la Figura N°63, fomentando la comunicación entre los participantes (Stakeholders) de la PTAR de Chuquibamba, de esta forma nos aseguraremos de una forma estratégica, garantizar un clima social y organizacional anticipado para la evaluación del proyecto, garantizando que los involucrados, adquieran el conocimiento de los cambios, futuras modificaciones, de las respuestas en los RFI'S y sobre todo potenciará los alcances establecidos en la etapa previa a la construcción.

Figura 63

Comunicación entre los participantes (Stakeholders)



Nota. La figura muestra la nube de modelado 3D para el proyecto PTAR. Fuente: Elaboración Propia

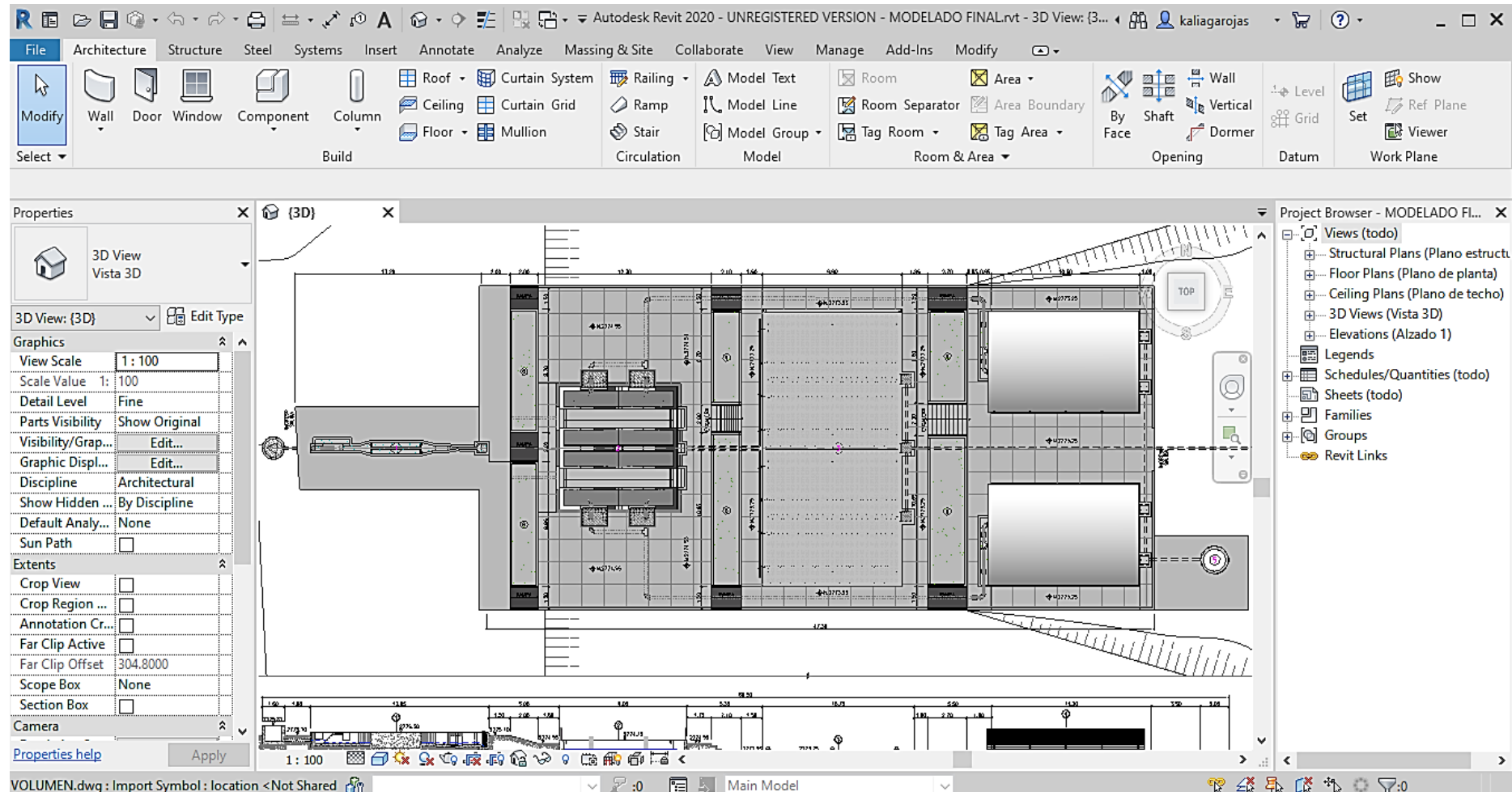
Para la revisión de hitos de control, nos apoyaremos en reuniones ice- colaborativas semanales, en donde el equipo desarrollará secuencialmente proveer la información adecuada para que el proyecto pueda ejecutarse sin retrasos por falta de data informativa en el expediente, o por interferencias no detectadas, para ello nos apoyaremos en las simulaciones de los procesos constructivos para la PTAR, minimizando las posibles futuras restricciones en la producción del proyecto.

#### **PASO 4: Gestión del Costo- PTAR Arequipa-2020**

Para la gestión de Costos, nos enfocaremos en revisar los costos respecto a los modelados según la estructura de la PTAR- Chuquibamba en Arequipa-2020, como se visualiza en el modelo global, 3D Revit de la figura N°64.

Figura 64

Levantamiento en Revit



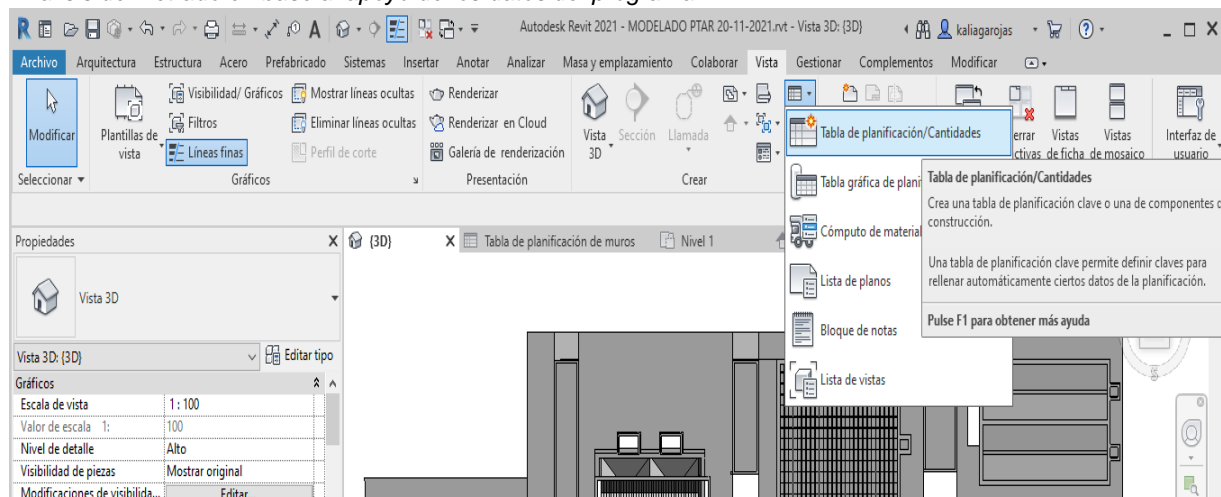
Nota. La figura muestra el plano de planta en Revit del proyecto PTAR. Fuente: Elaboración Propia

Analizaremos los metrados de cada partida a través del modelado Revit, cada modelo trabaja con familias, estas familias se fusionan y forman en conjunto al modelado de la PTAR, lo cual nos permite que el programa nos facilite los metrados previo levantamiento 3D, según partidas de trabajo.

Para lograr ver los metrados en el software Revit, utilizamos la ficha vista, que se ubica en la parte superior de los comandos del programa, luego se procedió a llevar el indicador mouse a la parte superior izquierda, y hacer clic en la opción de Tabla de planificación / cantidades, ello se muestra en la Figura N°65.

Figura 65

#### Análisis de medrado en base al apoyo de los datos del programa



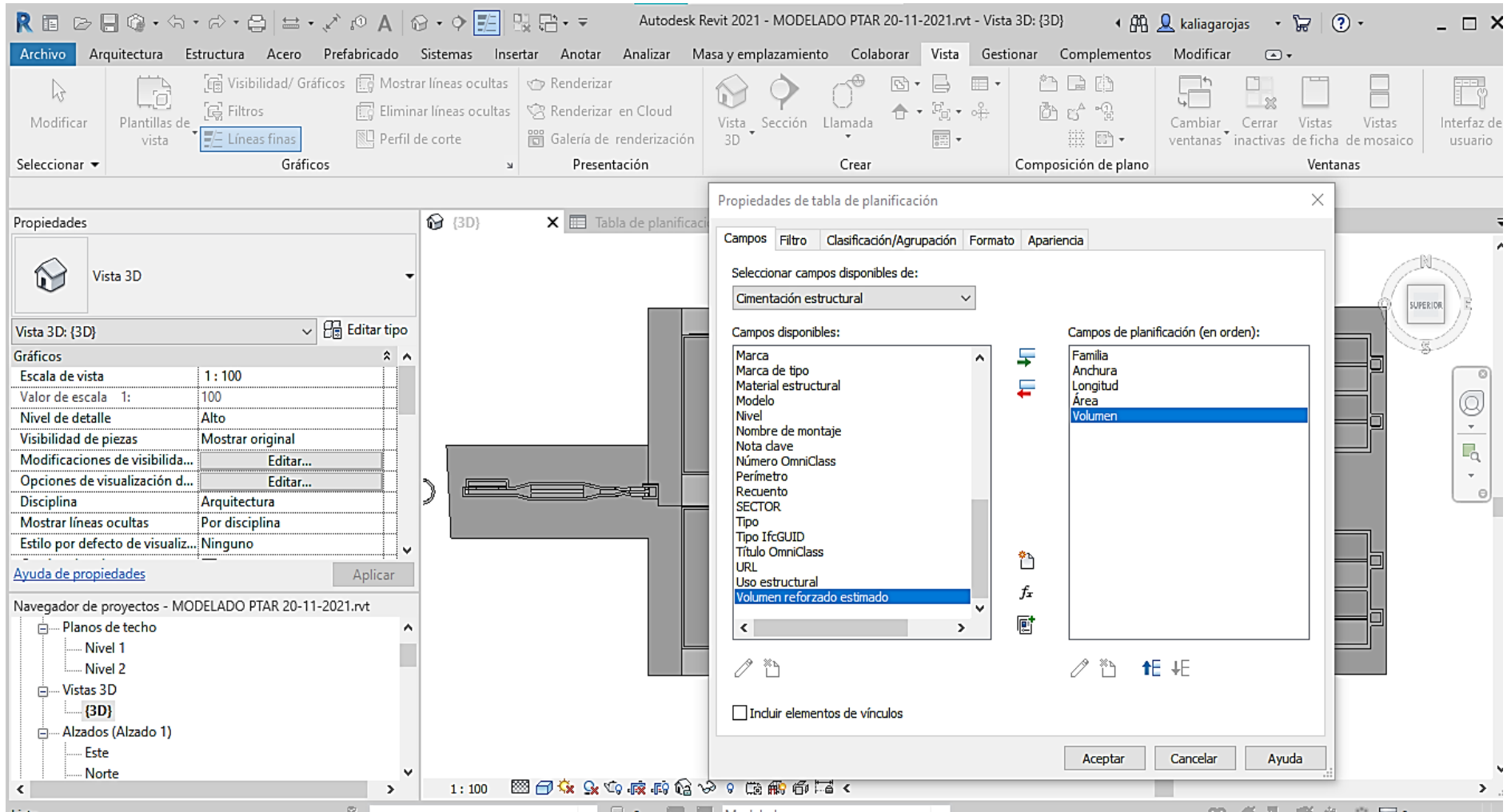
Nota. La figura muestra los pasos para obtener los metrados en Revit. Fuente: Elaboración Propia

Luego te saldrá un cuadro de propiedades, como se visualiza en la figura N°66 en el cual se elegirán algunos campos disponibles, para el campo de planificación, que aparece en la parte izquierda, es importante mantener una planilla de cómputo métrico para enlazar los elementos y estos se actualicen automáticamente ante alguna actualización.

Finalmente, a través de estos pasos, se obtendrá los metrados más confiables, en una planificación previa a la construcción, logrando el control de costos en favor del proyecto PTAR en Arequipa-2020.

Figura 66

Control de costos en base al metrado obtenido en Revit favor del proyecto PTAR



Nota. La figura muestra los pasos para lograr ver los metrados en Revit Fuente: Elaboración Propia

## **2.6. Aspectos Éticos:**

La presente tesis de investigación, sobre la implementación de VDC & BIM, ha respetado las investigaciones realizadas por otros tesisistas, se respetan las citas de acuerdo a la normativa APA y no se ha considerado plagio en la investigación, tampoco se ha alterado los estudios base de la data informativa, solo se ha respaldado las investigaciones con mejores propuestas en base a un enfoque del tema planteado; esta tesis tiene como objetivo mejorar la gestión del desarrollo en la etapa de evaluación de los proyectos públicos y privados, mediante resultados coherentes, optimizando los costos para su etapa de construcción, logrando disminuir los problemas actuales y futuros del AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción), Además se solucionará la deficiencia en los servicios de tratamiento de aguas residuales, impulsando la construcción de más PTAR´S en el Perú y en el mundo, generando un mayor uso y re- uso de recursos hídricos.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1 RESPUESTA AL OBJETIVO 1:

Tabla 9

Procesos No Eficientes del Método Tradicional en la PTAR Arequipa -2020.

PROCESOS NO EFICIENTES DEL MÉTODO TRADICIONAL EN LA PTAR CHUQUIBAMBA-AREQUIPA 2020		
DEFICIENCIAS	DESCRIPCIÓN	IMPACTO EN EL PROYECTO
AUSENCIA DE GESTIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN	El expediente técnico del proyecto, carece de una gestión para la ejecución, lo cual aumenta la probabilidad de resultados negativos por la falta de control de costos, control de riesgos y la falta de toma de decisiones.	. Falta de control de costos. . Falta de gestión de calidad. . falta de gestión de riesgos.
DESARROLLO EN 2D	El proyecto actualmente se encuentra desarrollado bajo el modelo de diseño en 2D. Un proceso ineficiente para la detección de interferencias e incompatibilidades.	. Proceso más lento para detección de interferencias. . Falta de visión 3d del proyecto para un mejor alcance.
METRADOS 2D	El expediente muestra los metrados desarrollados a través del programa Excel, bajo un entorno de trabajo tradicional lo que aumenta la probabilidad de recuento, que finalmente origina sobrecostos.	. Proceso más lento para cuantificar materiales. . Falta de exactitud en los metrados.
CRONOGRAMA SIN ACCESO AL MODELO 3D	El presente cronograma también es desarrollado bajo el modelo 2D, un proceso ineficiente ya que omite procesos como una planificación de gestión al cronograma.	. Planificación incierta. . Falta de exactitud en fechas de entrega.
FALTA DE PLANIFICACIÓN PARA LA RESOLUCIÓN DE INCOMPATIBILIDADES	El presente proyecto no estima un análisis de interferencias y un plan de respuesta ante ellas.	. Falta de procesos de identificación de interferencias. . Falta de control de respuestas.
FALTA DE INTEGRACIÓN DOCUMENTARIA	El proyecto no presenta una única nube para todos los interesados con el fin de evitar la duplicidad de información, es así que no existe actividades de unificación, coordinación de los alcances.	. Falta de integración. . Riesgo a trabajar con data no actualizada.

Nota. La figura muestra los procesos no eficientes en el proyecto PTAR. Fuente: Elaboración Propia



### 3.2 RESPUESTA AL OBJETIVO 2

#### Resumen del Plan de Ejecución VDC& BIM para la PTAR-Arequipa 2020

Tabla 10

VDC&BIM	DESCRIPCIÓN	ESTRATEGIA	RESPONSABLE	PROCESO	ENTREGABLE
GESTIÓN DEL ALCANCE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proceso en el que se hizo la revisión del expediente del proyecto PTAR, para tener los modelados 3D Revit.</li> <li>Se conoció los alcances a través de modelados previos a la construcción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para ello se analizó los planos dentro del expediente técnico de la PTAR, con el fin de obtener un modelado previo a la construcción con el programa Revit.</li> <li>El modelador BIM de ingeniería es el encargado de realizar el modelado 3D.</li> </ul>	Modelador BIM	Revisión, visualización, alcance	Modelo 3D
GESTIÓN DEL RIESGO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proceso en el que se utilizó el software para anticiparnos en la detección de interferencias durante la comparación de modelos 3D.</li> <li>El objetivo de la detección de conflictos fue eliminar las principales interferencias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para ello se generó un proceso iterativo en el que los modelos BIM son chequeados y confrontados con el resto de las disciplinas.</li> <li>El modelador BIM, realizó la detección de interferencias para comunicárselas al coordinador BIM, y este pueda presentar soluciones colaborativas.</li> </ul>	Coordinador BIM	Integración, interferencias, soluciones anticipadas	Modelo 3D
GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proceso en el que se utilizó un modelo 3D, para comunicar a los Stakeholders, el análisis de la información en un entorno virtual previo a la construcción.</li> <li>Se considero reuniones ICE durante la etapa de evaluación de proyectos, para informar secuencialmente de las actualizaciones respecto a las interferencias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De esta forma se logró comunicar sobre la actualización, respuestas a las consultas y las soluciones de las consultas a través de reuniones ice colaborativas para mantener informados a los Stakeholders.</li> <li>El coordinador BIM, fue el responsable de analizar la información y derivarla entre los participantes, fomentando la comunicación y garantizando un clima social y organizacional en una etapa previa a la construcción.</li> </ul>	Coordinador BIM, Stakeholders	Integración, reuniones ICE	Modelo 3D, Data base actualizada
GESTIÓN DEL COSTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Un proceso en el que se utilizaron modelos BIM y software de modelación de sistemas en 3D para ver los metrados más exactos según familias o bloques creados para las distintas partidas de trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El coordinador BIM, fue el encargado de mostrar los costos en base a las familias y bloques creados a través de los modelados BIM, de las partidas.</li> </ul>	Coordinador de Ingeniería BIM	Costos BIM	Modelo 3D

Resumen del Plan de Ejecución VDC& BIM para la PTAR-Arequipa 2020

Nota. La figura muestra los pasos para lograr la implementación VDC & BIM Fuente: Elaboración Propia

### 3.3 RESPUESTA AL OBJETIVO 3

Implementando Plan de Ejecución VDC & BIM en la PTAR-Arequipa-2020

#### 3.3.1 Gestión del Alcance en la Ptar-Arequipa-2020:

Se muestra los planos 2D del expediente técnico de la PTAR Chuquibamba en Arequipa-2020, compuesto por el sistema de pretratamiento, el tanque Imhoff, el filtro percolador, el lecho de secado y el pozo de percolador, como se visualiza en la Figura N°67.

Figura 67

Planos 2D del expediente técnico de la PTAR



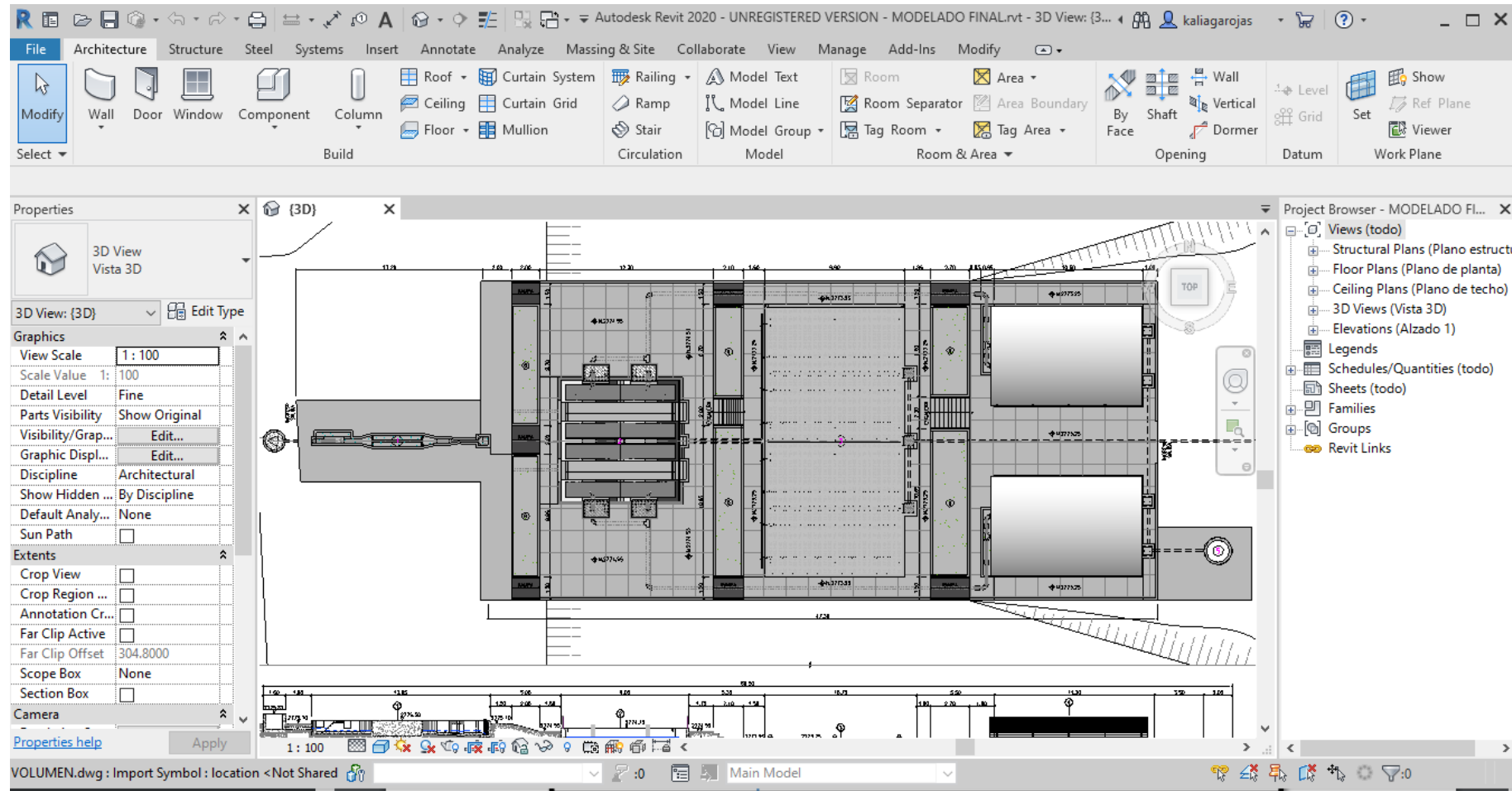
Nota. La figura muestra los planos de planta de la PTAR. Fuente: Expediente técnico PTAR Chuquibamba-SEDAPAR

Para la aplicación de la gestión VDC& BIM, se realizó los modelados 3D, en Revit 2021, como se muestra a continuación.

### Plano de Planta Revit

Figura 68

Planos 2D del expediente técnico de la PTAR



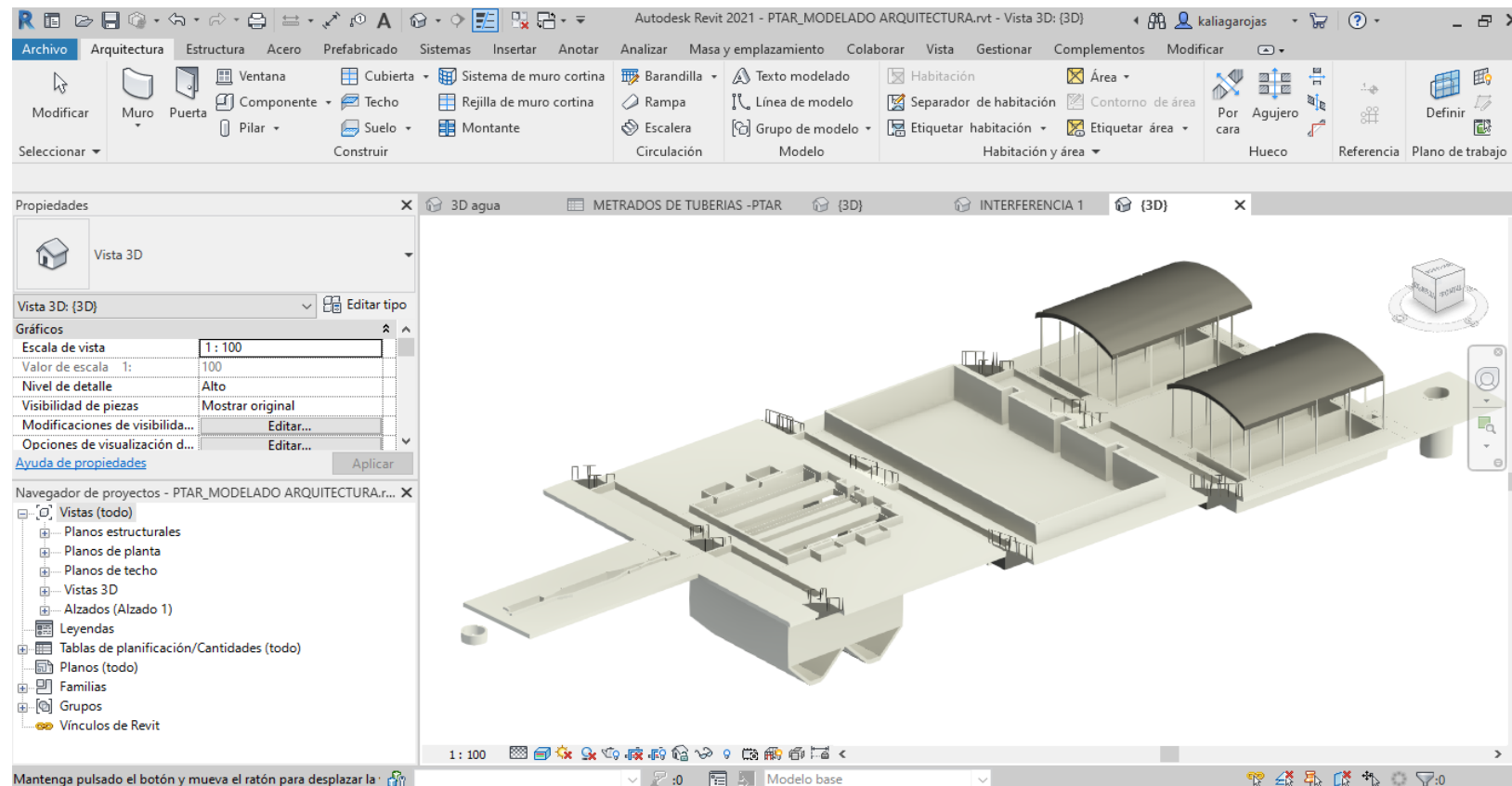
Nota. La figura muestra el plano de planta Revit 3D para la implementación VDC & BIM Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.2 Gestión del Riesgo en la Ptar-Arequipa-2020:

#### Plano de Modelado 3D Revit- Arquitectura

Figura 69

Modelado 3D, Revit- Arquitectura

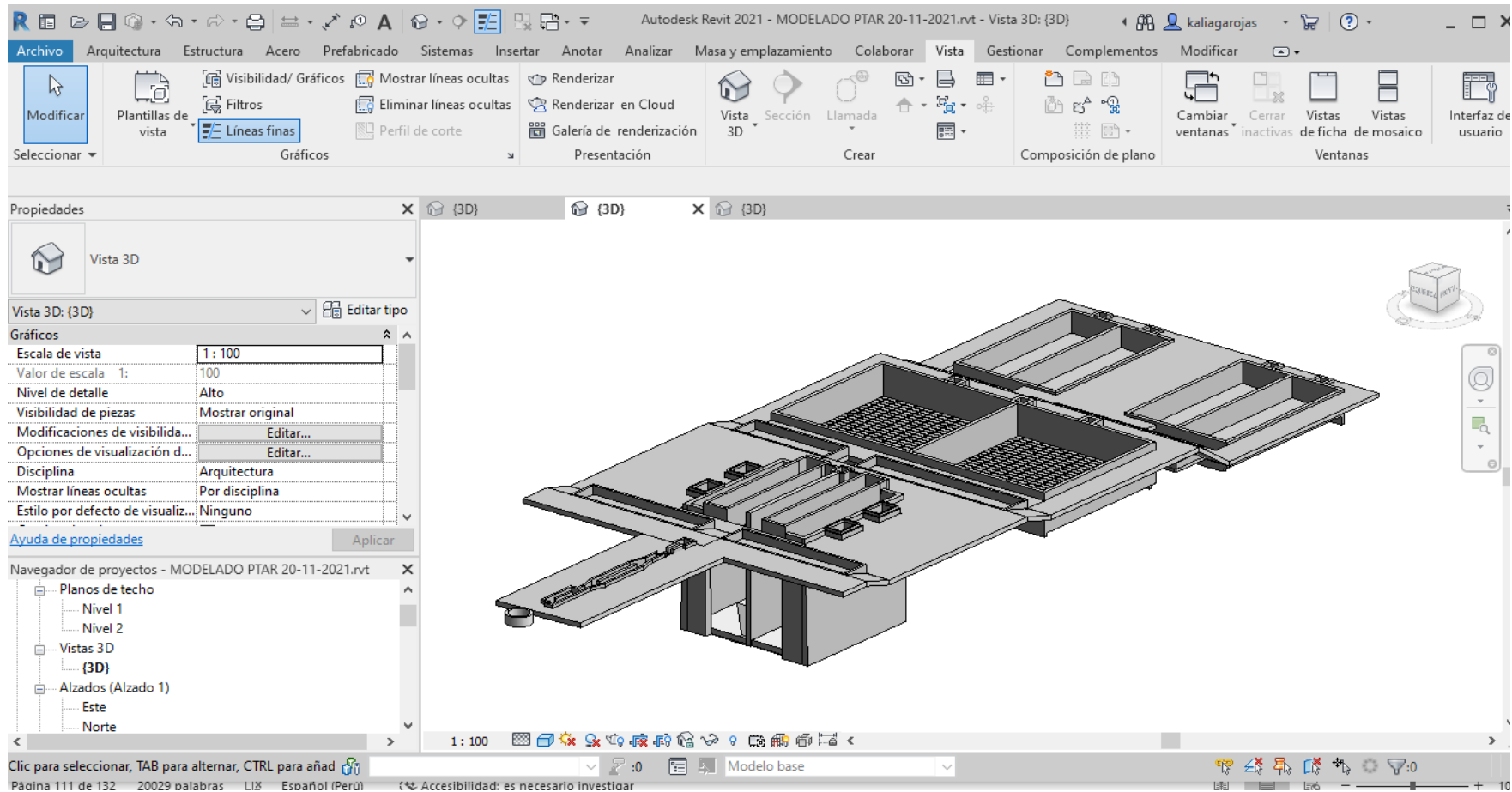


Nota. La figura muestra el plano de modelado Revit 3D para la implementación VDC & BIM Fuente: Elaboración Propia.

### Plano De Modelado 3D Revit – Estructura

Figura 70

Modelado 3D, Revit- Estructura

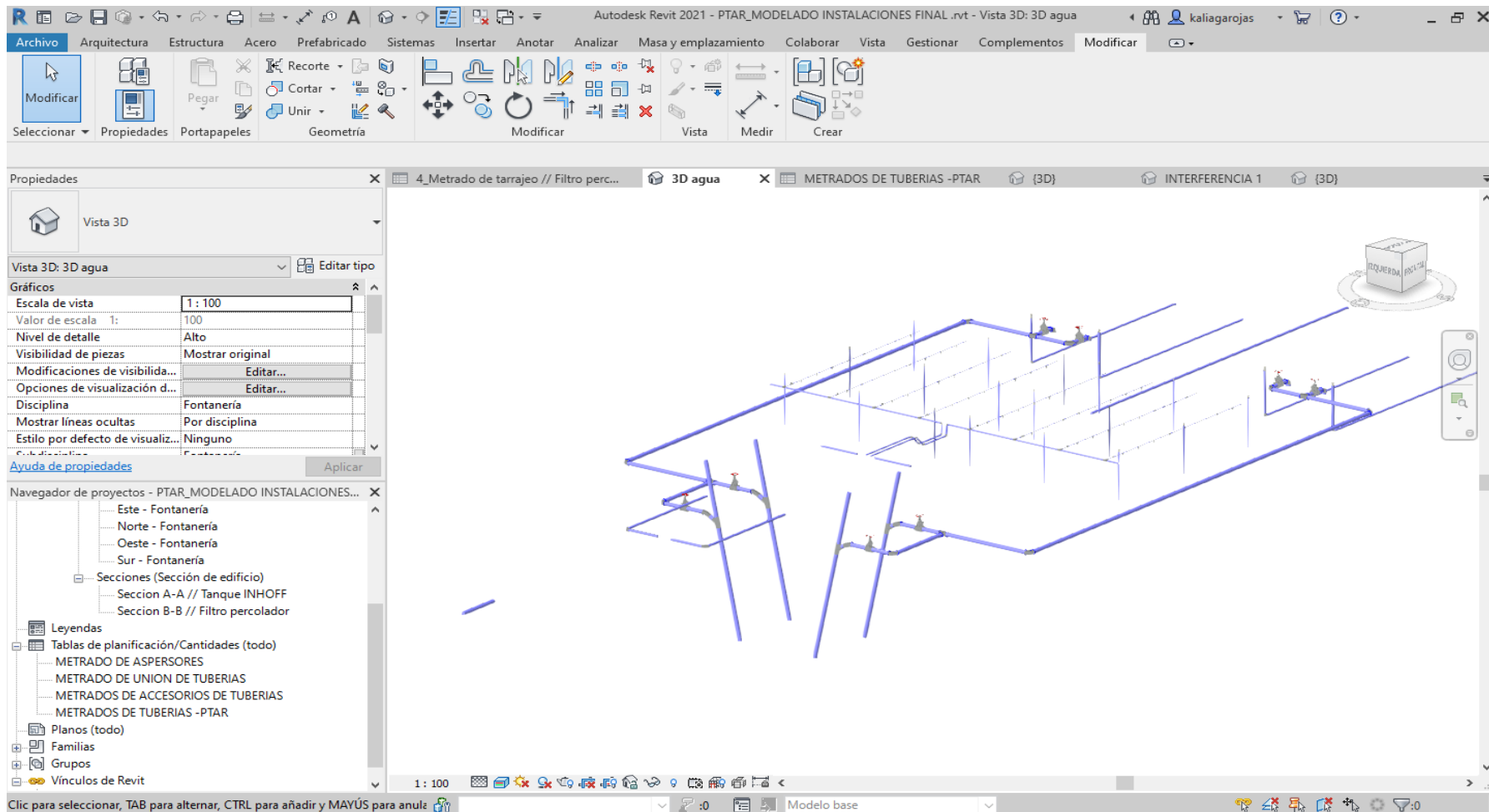


Nota. La figura muestra el plano de modelado Revit 3D en Estructuras para la implementación VDC & BIM Fuente: Elaboración Propia.

## Plano De Modelado 3D Revit – Instalaciones

Figura 71

Modelado 3D, Revit- Instalaciones



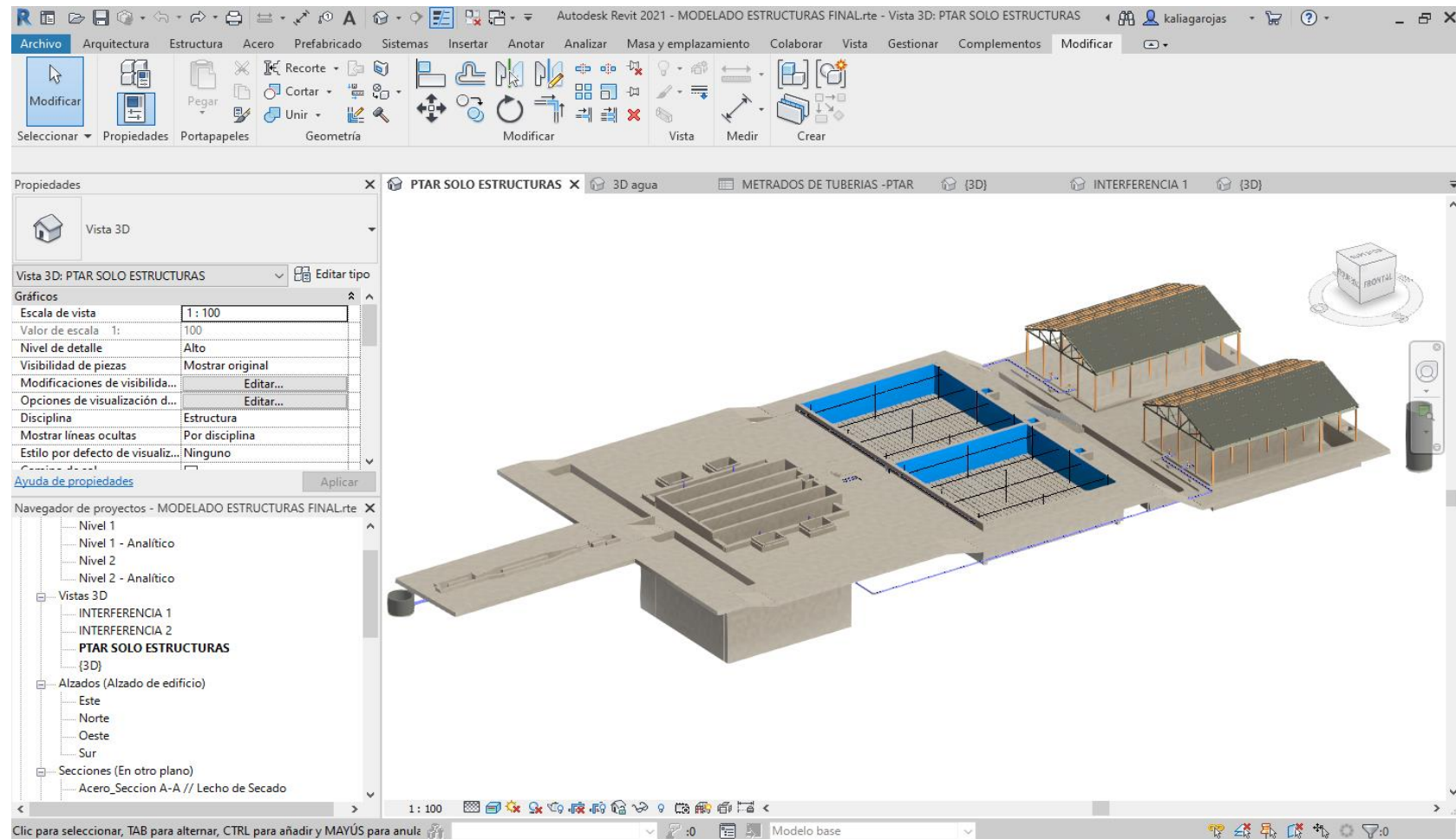
Nota. La figura muestra el plano de modelado Revit 3D en Especialidades para la implementación VDC & BIM Fuente: Elaboración Propia.



## Plano De Modelado 3D Revit – Compatibilizado entre Partidas

Figura 72

Modelado 3D, Revit- Compatibilización



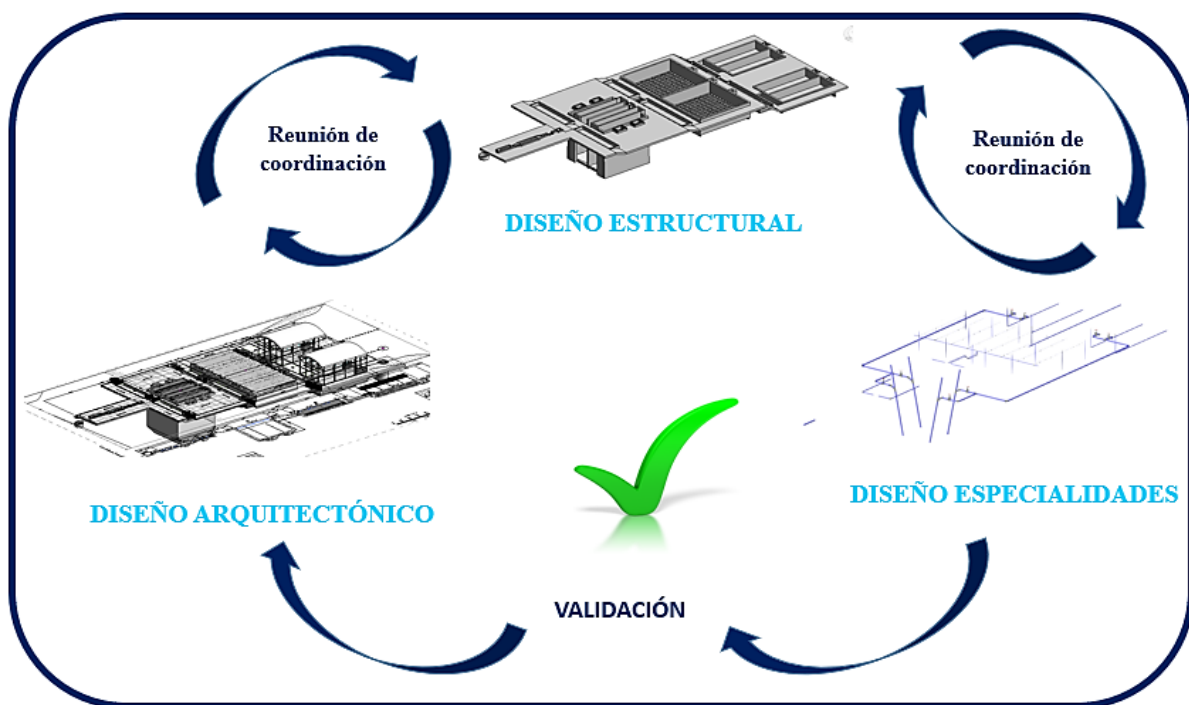
Nota. La figura muestra el plano de modelado Revit 3D compatibilizado para la implementación VDC & BIM Fuente: Elaboración Propia.

### 3.2.3 GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN EN LA PTAR-AREQUIPA-2020:

En la figura N°73, se muestra el desarrollo de la gestión en base a la interpretación e integración de modelados de arquitectura, estructura y de especialidades que se pretende comunicaron a los Stakeholders en las simulaciones de las reuniones Ice propuestas en la etapa de planificación previa a la construcción para la PTAR- Chuquibamba en Arequipa 2020.

Figura 73

Gestión en base a la interpretación



Nota. La figura muestra la interpretación de los modelados BIM Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, a través de la Tabla N°11, mostramos la interfase de intercambio entre los involucrados para simular la gestión de la integración y obtener soluciones de los involucrados ante las interferencias encontradas en la etapa de evaluación de proyectos de la PTAR- Chuquibamba en Arequipa-2020.



Tabla 11

Interfase de Intercambio de Data Informativa por Interferencias en PTAR-Chuquibamba

<b>INTERFASE DE INTERCAMBIO DE DATA INFORMATIVA POR INTERFERENCIAS EN PTAR-CHUQUIBAMBA</b>			
<b>INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN</b>	<b>REMITENTE</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>SOFTWARE DE MODELADO</b>
Modelo 3D- Arquitectura	Arquitecto	PROYECTISTA	AUTODESK REVIT
Modelo 3D- Estructuras	Ing. Estructural	PROYECTISTA	AUTODESK REVIT
Modelo 3D- Instalaciones	Ing. Especialidades	PROYECTISTA	AUTODESK REVIT
Modelo 3D- Proyecto integrado	Modelador BIM	PROYECTISTA	AUTODESK REVIT
Reporte de Observaciones	Coordinador BIM	CLIENTE	AUTODESK REVIT MICROSOFT EXCEL
Reporte de Interferencias	Coordinador BIM	CLIENTE	MICROSOFT EXCEL

Nota. La figura muestra el interfase de Data Informativa en la PTAR. Fuente: Elaboración Propia.

Este tipo de interfaz de data informativa se encuentra almacenada en una nube con acceso hacia todos los involucrados del proyecto PTAR, de esta manera se pretende simular una comunicación, en la que, desde el Gerente, pasando por el cliente y llegando hasta el proveedor pueda tener información actualizada sobre los cambios y alcances del proyecto PTAR- AREQUIPA-2020.

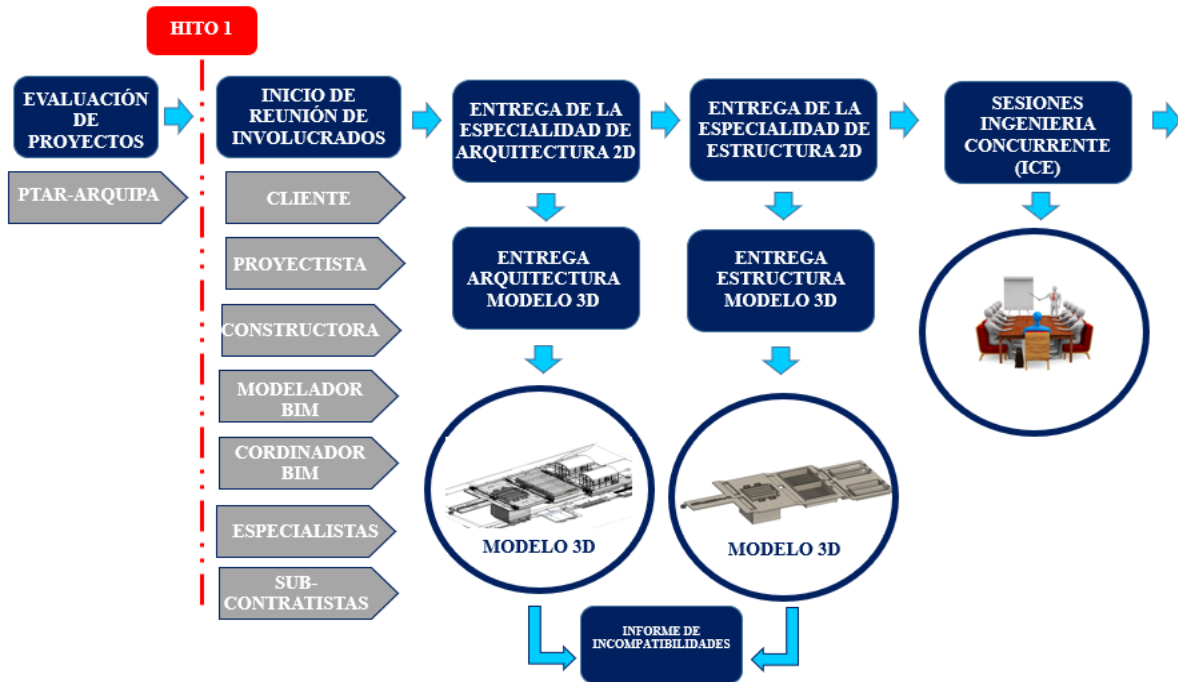
En la etapa de evaluación de proyectos, se propone la siguiente secuencia, iniciando con el 1er hito de trabajo, para proyectar las reuniones de ingeniería concurrente, previo a la ejecución de trabajos contemplados para la PTAR-Arequipa 2020.

Consecutivamente, se muestra los Hitos N°2 Y N°3, donde se muestra la simulación de lo que sería el desarrollo de la reunión a través de 5 sesiones ics con un entorno colaborativo

de 10 personas para entregar un producto ya compatibilizado y sin interferencias para la ejecución correcta, como vemos en la Figura N°74.

Figura 74

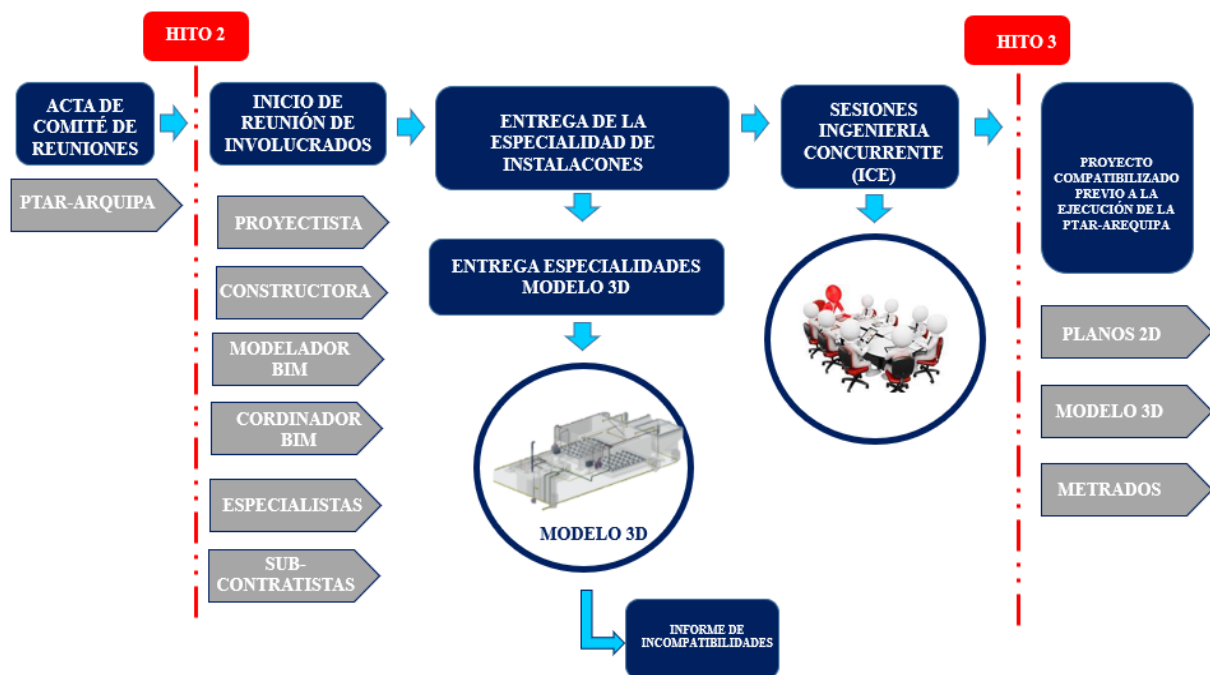
Hito n°1 Para Reuniones Ice



Nota. La figura muestra un flujograma del Hito 1, para las reuniones Ice. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 75

Hito N°2 e Hito N°3 Para reuniones ICE

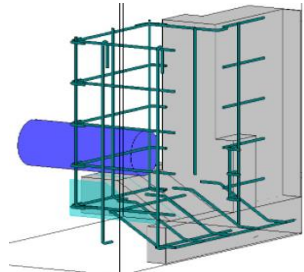
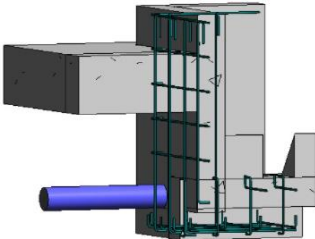
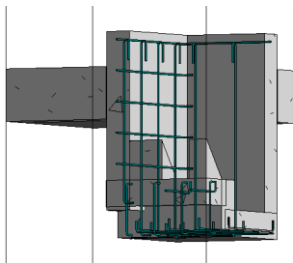


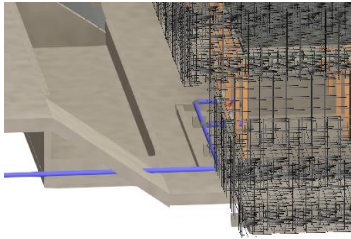
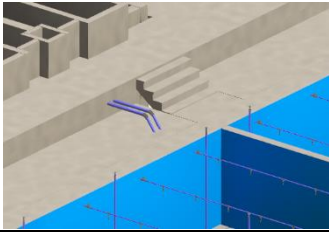
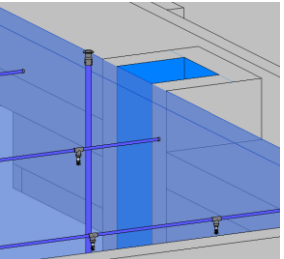
Nota. La figura muestra un flujograma del Hito 2 y 3, para las reuniones Ice. Fuente: Elaboración Propia.

A través de la Tabla N°12, mostramos las interferencias encontradas en el proyecto PTAR- Chuquibamba en Arequipa, esto se ha logrado a través de la integración de los modelos de arquitectura, estructura e instalaciones, asimismo identificamos el impacto anticipado que se tendrá con cada una de las interferencias en el proyecto, esto último es importante, porque nos ha servido para plantear soluciones anticipadas a la ejecución que se han resuelto a través de las simulaciones de las reuniones ICE, en coordinación con los Stakeholders del proyecto.

Tabla 12

Interferencias encontradas en PTAR Arequipa 2020

INTERFERENCIAS ENCONTRADAS EN LA PTAR-AREQUIPA 2020				
TIPO DE INTERFE	DESCRIPCIÓN	MODELO BIM	IMPACTO	SOLUCIÓN PROPUESTA
INTERFERENCIAS ENTRE ESPECIALIDADES	Interferencia entre ingreso de Tubería de 8" con la malla de acero para la cámara de rejillas del sistema de pretratamiento.		MODERADO	Desplazar la varilla de $\phi$ 3/8" y considerar ingreso de tubería, añadir refuerzos laterales para no debilitar la zona.
INTERFERENCIAS ENTRE ESPECIALIDADES	Interferencia entre ingreso de Tubería 6" con la malla de acero para el lecho de secado de la PTAR.		MODERADO	Desplazar la varilla de $\phi$ 3/8" y considerar ingreso de tubería, añadir refuerzos laterales para no debilitar la zona del lecho de secado de la PTAR.
INTERFERENCIAS ENTRE ESPECIALIDADES	En el plano planta se visualiza que el acero horizontal esta al mismo nivel del encofrado sin embargo en el plano corte el acero horizontal esta por atrás del acero vertical y no como indica el plano de planta, estas incompatibilidades se ven en todos los planos de estructuras que lleva acero.		MODERADO	Para efecto de un mejor amarre en encuentro de aceros, se ha respetado la distribución del plano de corte de acero para la sección.

<p>INTERFERENCIAS ENTRE ESPECIALIDADES</p>	<p>Interferencia por cruce de tubería en medio de la rampa de bajada para uso peatonal.</p>		<p>GRAVE</p>	<p>Considerar bajar la cota de la tubería de agua, para evitar cruce con rampa de acceso.</p>
<p>INTERFERENCIAS ENTRE ESPECIALIDADES</p>	<p>En el modelado de arquitectura se visualiza encima de la losa, el cruce de tuberías que se dirigen hacia el filtro percolador.</p>		<p>GRAVE</p>	<p>Reubicar red de tubería de agua, trasladando la cota de salida N.P.T 2771.4 debajo de la losa.</p>
<p>INTERFERENCIAS ENTRE ESPECIALIDADES</p>	<p>Interferencia encontrada en el cruce de tubería de los aspersores con la caja bloque del buzón repartidor.</p>		<p>GRAVE</p>	<p>Reubicar la salida de red de aspersores 15 cm al margen derecho para que no se cruce con la caja del buzón repartidor.</p>

Nota. La Tabla muestra las Interferencias e Incompatibilidades del proyecto. Fuente: Elaboración Propia.

### 3.2.3 GESTIÓN DEL COSTO – BIM 5D:

Tabla 13

Porcentaje de Implementación

<b>PORCENTAJE DE IMPLEMENTACIÓN VDC &amp; BIM</b>					
<b>FASE</b>	<b>COMPONENTES VDC &amp; BIM</b>	<b>SITUACIÓN</b>	<b>HERRAMIENTA /TABLA</b>	<b>% IMPLEM.</b>	<b>% IMPLEM.</b>
Gestión del Alcance	Revisión de la PTAR	Se reviso los alcances del proyecto-PTAR	Autocad-2D, Revit-3D	80%	90%
	Visualización de la PTAR	Se hizo los modelados 3D - PTAR	Revit- 3D	100%	
Gestión del Riesgo	Interpretación de la PTAR	Se reviso las interferencias de los modelos	Revit- 3D	100%	100%
Gestión de la Integración	Visualización de la Organización	Se hicieron sesiones ICE, con los Stakeholders	Nivel de compromiso	70%	70%
Gestión del Costo	Visualización de metrados con modelados Revit de la PTAR.	Se logro analizar los metrados del modelado-PTAR.	Revit-3D	80%	80%
<b>PROMEDIO</b>					<b>85%</b>

Nota. La Tabla muestra el % de Implementación VDC & BIM logrado en las reuniones Ice. Fuente: Elaboración Propia.

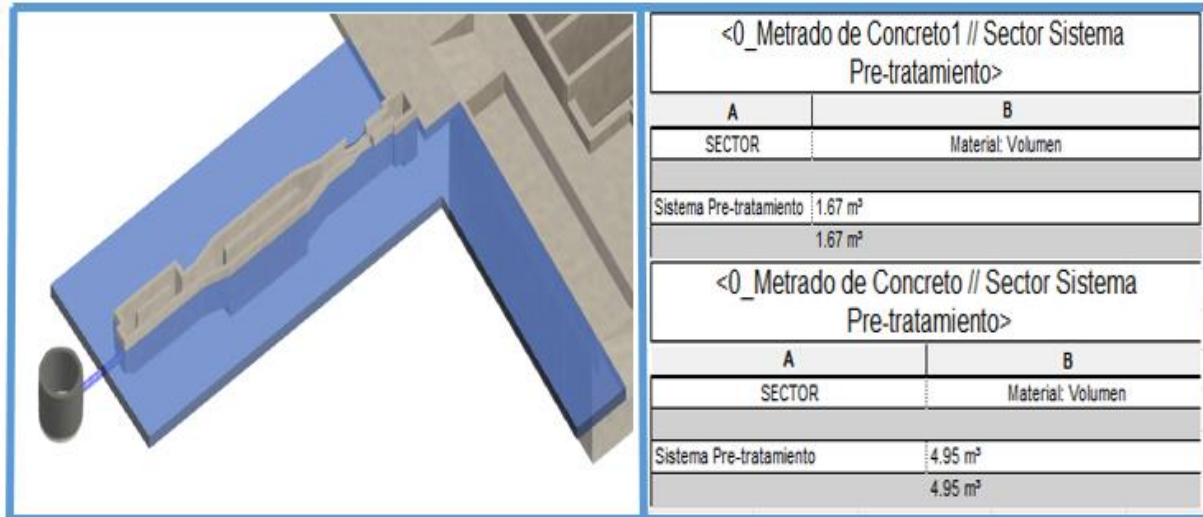
El nivel de madures de VDC, en los costos del proyecto PTAR-Arequipa, se visualizan en la siguiente tabla, donde podemos apreciar las 4 gestiones implementadas en favor de anticipar la construcción de la PTAR- Arequipa 2020, en un entorno virtual, cuyo avance se ve reflejado en un grado de implementación del 90% para la gestión del alcance, un 100% para la gestión del riesgo, un 70% la gestión de la integración y finalmente un 80% la gestión del costo , permitiendo en global aplicar un 85% de la metodología en la PTAR de Chuquibamba en Arequipa- 2020.

A continuación, se muestra los metrados determinados por el programa Revit, a través de modelados 3D de la PTAR Chuquibamba en Arequipa -2020.

## Sistema de Pre-Tratamiento // Metrado de Concreto

Figura 76

Metrado de Concreto

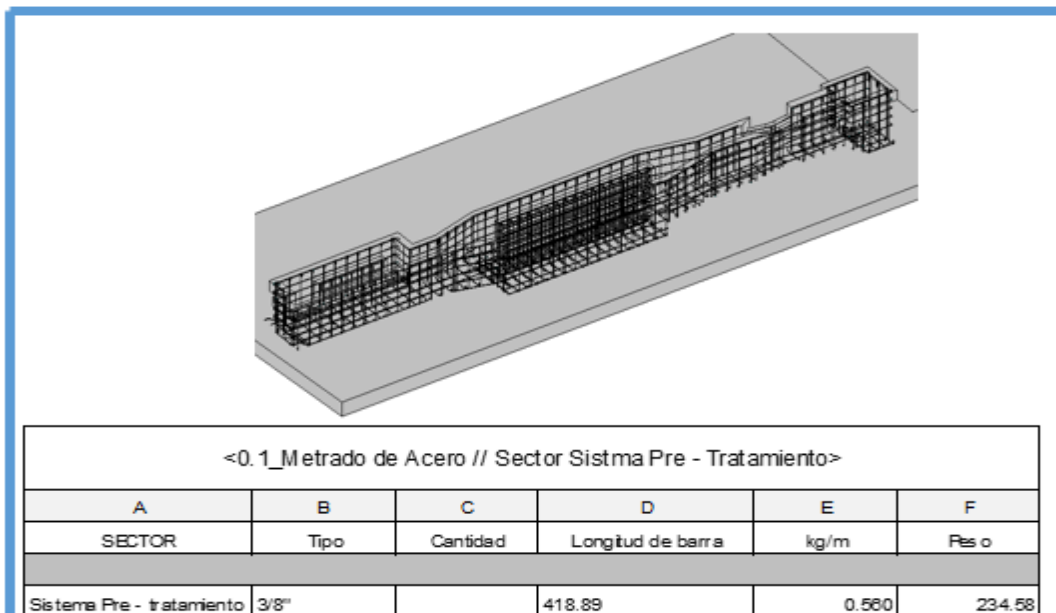


Nota. La figura muestra el Modelado y metrado de concreto del Sistema de Pre Tratamiento. Fuente: Elaboración Propia

## Sistema de Pre-Tratamiento // Metrado de Acero

Figura 77

Metrado de Acero



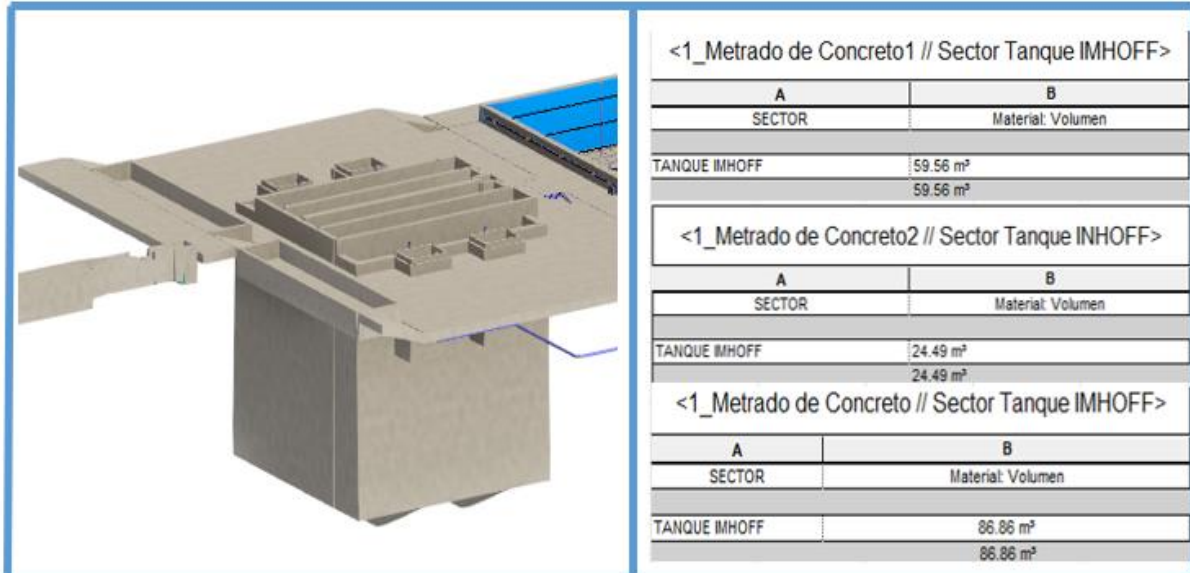
Nota. La figura muestra el Modelado y metrado de acero del Sistema de Pre Tratamiento. Fuente: Elaboración Propia



## Tanque IMHOFF // Metrado de Concreto

Figura 78

Metrado de Concreto IMHOFF

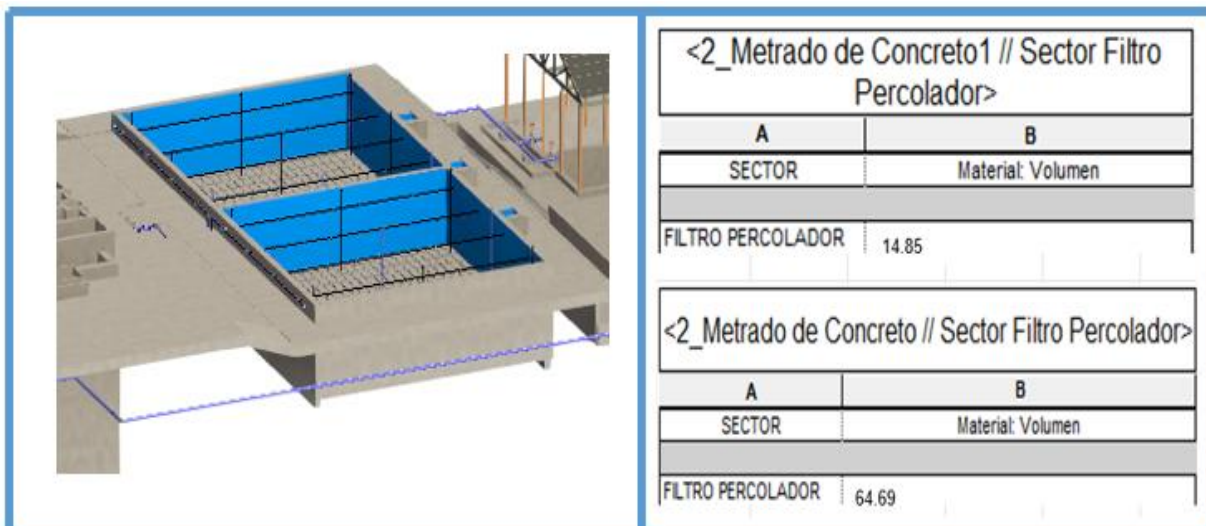


Nota. La figura muestra el Modelado y metrado de concreto del Tanque IMHOFF. Fuente: Elaboración Propia

## Filtro Percolador // Metrado de Concreto

Figura 79

Metrado de Concreto, Filtro Percolador



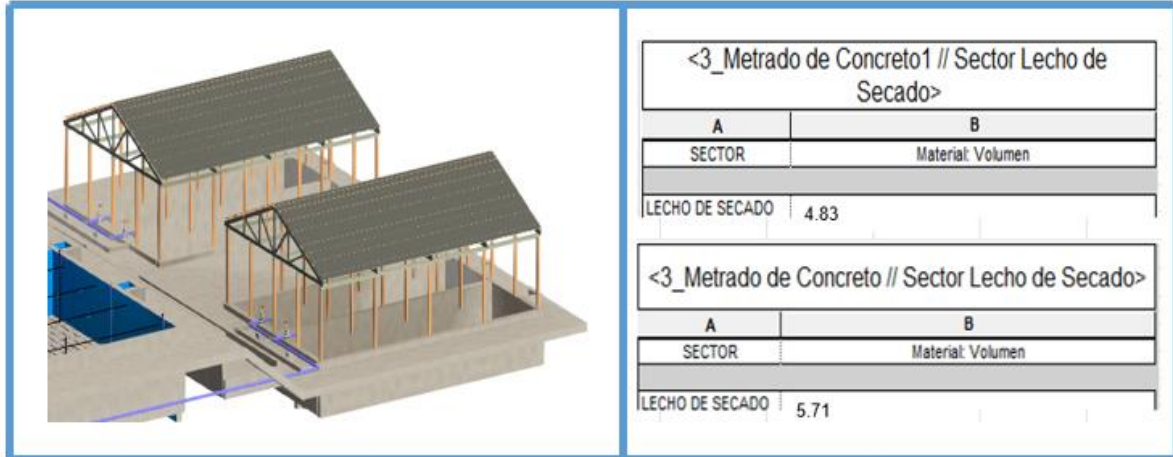
Nota. La figura muestra el Modelado y metrado de concreto del Filtro Percolador. Fuente: Elaboración Propia



## Lecho de Secado // Metrado de Concreto

Figura 80

Metrado de Concreto – Lechado de Secado

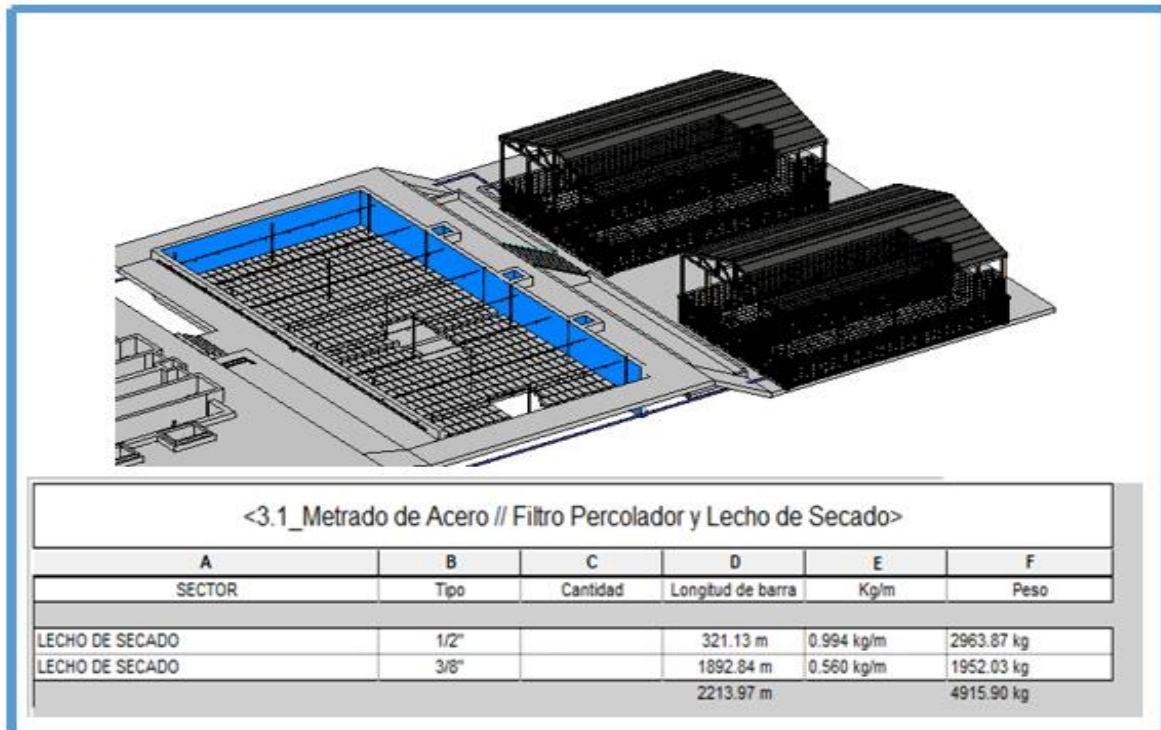


Nota. La figura muestra el Modelado y metrado de concreto del Lecho de Secado. Fuente: Elaboración Propia

## Filtro de Secado y Lecho de Secado // Metrado de Acero

Figura 81

Metrado de Acero – Filtro de Secado y Lechado de Secado



Nota. La figura muestra el Modelado y metrado de acero del Lecho de Secado. Fuente: Elaboración Propia

### 3.4 RESPUESTA AL OBJETIVO 4:

Beneficios obtenidos con el Plan de Ejecución VDC & BIM.

#### 3.4.1 Análisis de Metrados Concreto:

##### Sistema de pre tratamiento

Después de haber realizado el metrado con el software Revit se procedió a hacer un análisis comparativo mediante el programa Excel, como se puede apreciar en el gráfico de columnas, se obtuvo una optimización de más del 30% en cubos de concreto, lo que reflejaría claramente un ahorro de costos.

Tabla 14

Metrado de concreto

<0_Metrado de Concreto1 // Sector Sistema Pre-tratamiento>	
A	B
SECTOR	Material: Volumen
Sistema Pre-tratamiento	1.67 m <sup>3</sup>
	1.67 m <sup>3</sup>
<0_Metrado de Concreto // Sector Sistema Pre-tratamiento>	
A	B
SECTOR	Material: Volumen
Sistema Pre-tratamiento	4.95 m <sup>3</sup>
	4.95 m <sup>3</sup>

Nota. La Tabla muestra el metrado de Concreto del Sector Pre-Tratamiento PTAR, Extraída del Modelado Revit.

Tabla 15

Metrado de concreto Total

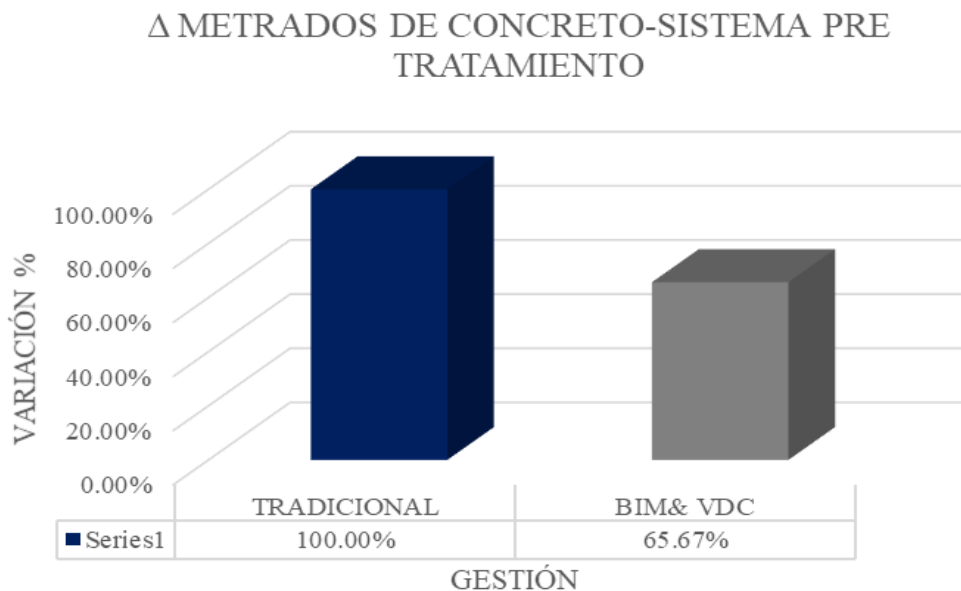
METRADO DE CONCRETO ( $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ ) -SISTEMA DE PRE TRATAMIENTO PTAR				
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	TRADICIONAL	METRADO BIM& VDC
1	CAMARA DE REJAS	M3	2.00	1.67
2	DESARENADOR	M3	3.84	
3	PARSHALL BUZÓN	M3	3.62	4.95
4	REPARTIDOR	M3	0.62	
<b>METRADO TOTAL</b>			<b>10.08</b>	<b>6.62</b>
			100.00%	65.67%
<b>OPTIMIZACIÓN LOGRADA</b>			<b>34.33%</b>	

Nota. La Tabla muestra el comparativo para el metrado de Concreto del Sistema de Pre-Tratamiento PTAR

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 82

Metrado de Concreto, comparación en la Gestión



Nota. La figura muestra la variación de metrados de concreto con gestión tradicional vs gestión VDC & BIM

Fuente: Elaboración Propia.

## Tanque Imhoff

Realizamos un análisis con las presentes tablas pudiendo notar que hay una diferencia de concreto en la sección Imhoff. Se puede concluir que hay una diferencia de concreto de más de un 15%, que se ahorra con la implementación de la metodología VDC& BIM.

Tabla 16

Metrado de concreto – Tanque IMHOFF

<1_Metrado de Concreto1 // Sector Tanque IMHOFF>	
A	B
SECTOR	Material: Volumen
TANQUE IMHOFF	59.56 m <sup>3</sup>
	59.56 m <sup>3</sup>
<1_Metrado de Concreto2 // Sector Tanque INHOFF>	
A	B
SECTOR	Material: Volumen
TANQUE IMHOFF	24.49 m <sup>3</sup>
	24.49 m <sup>3</sup>
<1_Metrado de Concreto // Sector Tanque IMHOFF>	
A	B
SECTOR	Material: Volumen
TANQUE IMHOFF	86.86 m <sup>3</sup>
	86.86 m <sup>3</sup>

Nota. La Tabla muestra el metrado de Concreto del Sector Tanque Imhoff- PTAR, Extraída del Modelado Revit

Tabla 17

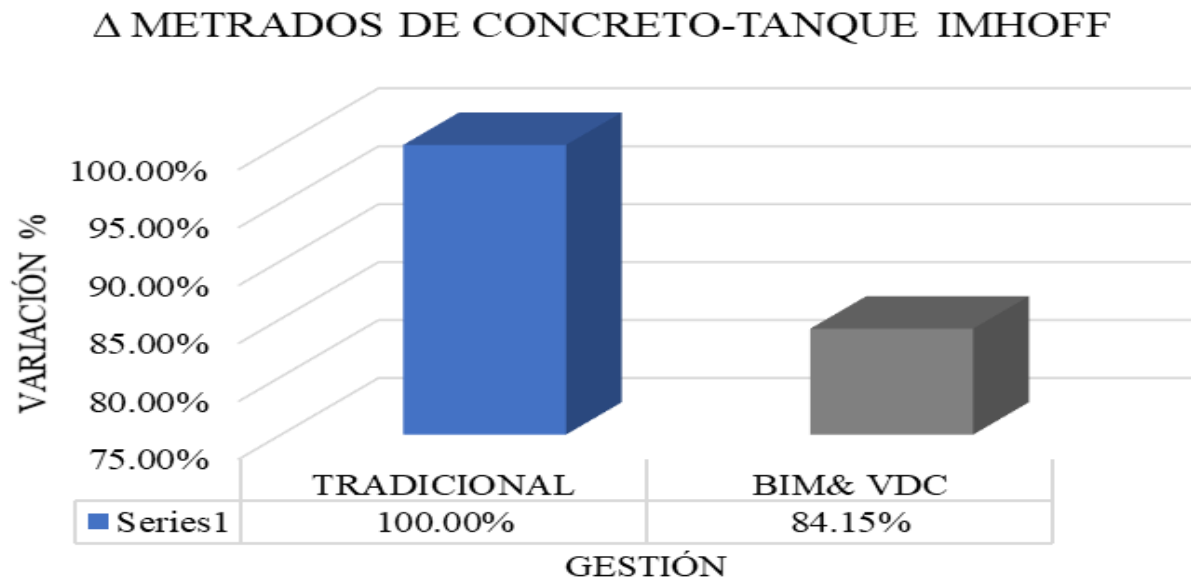
Metrado de Concreto - Tanque IMHOFF-PTAR

METRADO DE CONCRETO - TANQUE IMHOFF -PTAR				
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	
			TRADICIONAL	BIM& VDC
1	CONCRETO (f'c = 100kg/cm <sup>2</sup> )	M3	8.96	24.49
2	CONCRETO (f'c = 280kg/cm <sup>2</sup> )	M3	194.15	146.42
<b>METRADO TOTAL</b>			<b>203.11</b>	<b>170.91</b>
			100.00%	84.15%
<b>OPTIMIZACIÓN LOGRADA</b>			<b>15.85%</b>	

Nota. La Tabla muestra el comparativo para el metrado de Concreto del T. Imhoff Fuente: Elaboración Propia..

Figura 83

Metrado de Concreto, Tanque IMHOFF



Nota. La figura muestra la variación de metrados de concreto con gestión tradicional vs gestión VDC & BIM

Fuente: Elaboración Propia.

### Filtro percolador

De igual forma presentamos el análisis comparativo entre el metrado tradicional y según el modelado Revit. Se puede observar una diferencia del 29% en ahorro para el concreto.

Tabla 18

Metrado de Concreto - Filtro Percolador

<2_Metrado de Concreto1 // Sector Filtro Percolador>	
A	B
SECTOR	Material: Volumen
FILTRO PERCOLADOR	14.85

<2_Metrado de Concreto // Sector Filtro Percolador>	
A	B
SECTOR	Material: Volumen
FILTRO PERCOLADOR	64.69

Nota. La Tabla muestra el metrado de Concreto del Filtro Percolador- PTAR, Extraída del Modelado Revit

Tabla 19

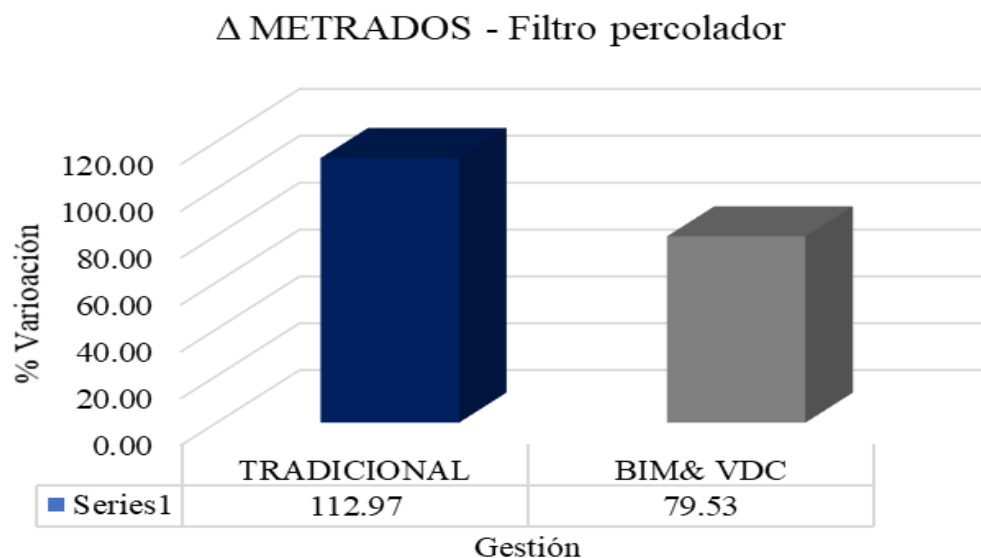
Metrado de Concreto - Filtro Percolador

METRADO DE CONCRETO - FILTRO PERCOLADOR -PTAR				
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	
			TRADICIONAL	BIM& VDC
1	CONCRETO (f'c = 100kg/cm <sup>2</sup> )	M3	19.64	14.85
2	CONCRETO (f'c = 280kg/cm <sup>2</sup> )	M3	93.33	64.69
<b>METRADO TOTAL</b>			<b>112.97</b>	<b>79.53</b>
			100.00%	70.40%
<b>OPTIMIZACIÓN LOGRADA</b>			<b>29.60%</b>	

Nota. La Tabla muestra el comparativo para el metrado de Concreto del Filtro Percolador. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 84

Metrado de Concreto



Nota. La figura muestra la variación de metrados de concreto con gestión tradicional vs gestión VDC & BIM

Fuente: Elaboración Propia.

### Lecho de Secado

También, para la sección del lecho de secado según el metrado del modelamiento se obtuvo un ahorro de costo de más del 40%, un beneficio que nos trae el software con sus metrados más exactos.

Tabla 20

Metrado de concreto Sector de Lecho de Secado

<3_Metrado de Concreto1 // Sector Lecho de Secado>	
A	B
SECTOR	Material: Volumen
LECHO DE SECADO	4.83

<3_Metrado de Concreto // Sector Lecho de Secado>	
A	B
SECTOR	Material: Volumen
LECHO DE SECADO	5.71

Nota. La Tabla muestra el metrado de Concreto del Lecho de Secado- PTAR, Extraída del Modelado Revit.

Tabla 21

Metrado de concreto Sector de Lecho de Secado

METRADO DE CONCRETO - LECHO DE SECADO				
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	
			TRADICIONA L	BIM& VDC
1	CONCRETO (f'c = 100kg/cm <sup>2</sup> )	M3	8.78	4.83
2	CONCRETO (f'c = 280kg/cm <sup>2</sup> )	M3	10.38	5.71
<b>METRADO TOTAL</b>			<b>19.16</b>	<b>10.54</b>
			1.00	0.55
<b>OPTIMIZACIÓN LOGRADA</b>			<b>45.00%</b>	

Nota. La Tabla muestra el comparativo para el metrado de Concreto del Lecho de Secado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 85

Metrado de Lecho de Secado



Nota. La figura muestra la variación de metrados de concreto con gestión tradicional vs gestión VDC & BIM

Fuente: Elaboración Propia.

## Resumen de Metrados – Concreto

Finalmente presentamos un cuadro resumen, el cual explica con un mayor alcance la optimización generada después pues de aplicar una gestión BIM 3D en el proyecto.

Tabla 22

Resumen de Concreto

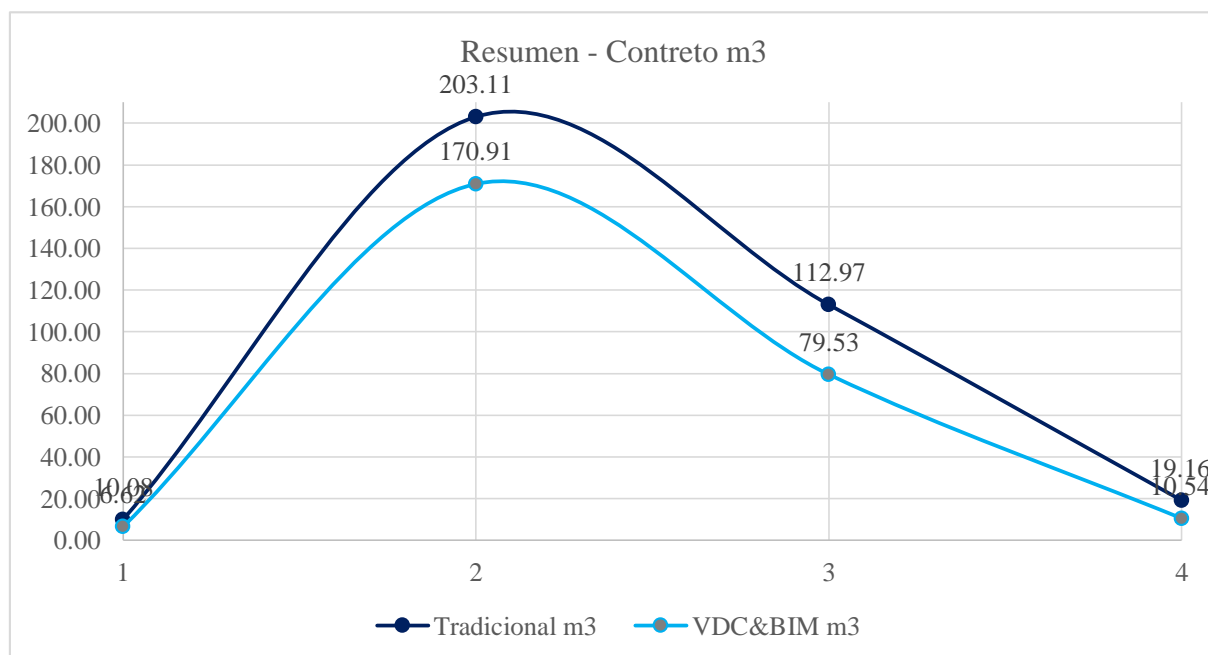
Cuadro Resumen - Concreto		
DESCRIPCIÓN	Tradicional m3	VDC&BIM m3
Sistema de pre Tratamiento	10.08	6.62
Tanque Imhoff	203.11	170.91
Filtro Percolador	112.97	79.53
Lecho de Secado	19.16	10.54

Nota. La Tabla muestra el cuadro resumen del metrado de Concreto. Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados que muestra la Figura N° 86, mediante el cuadro estadístico reflejan claramente a través de una curva de metrados que se reducen hasta un promedio del 30% ubicándose la línea celeste (BIM 3D) por debajo de la línea azul (Tradicional).

Figura 86

Cuadro Estadístico del Resumen del Concreto



Nota. La figura muestra la curva resumen de concreto en un comparativo de gestión. Fuente: Elaboración Propia



### 3.4.2 Análisis de Metrados Acero:

#### Sistema de pre – tratamiento

En seguida se presenta en un cuadro estadístico comparativo, el cual refleja claramente la diferencia de acero después de haber aplicado una gestión BIM 3D, la variación porcentual llega a ser del 13%, así más adelante, se reflejaría en costos.

Tabla 23

Metrado de Acero

<0.1_Metrado de Acero // Sector Sístma Pre - Tratamiento>					
A	B	C	D	E	F
SECTOR	Tipo	Cantidad	Longitud de barra	kg/m	Peso
Sistema Pre - tratamiento	3/8"		418.89	0.560	234.58

Nota. La Tabla muestra el metrado de Acero del Sector Pre-Tratamiento PTAR, Extraída del Modelado Revit

Tabla 24

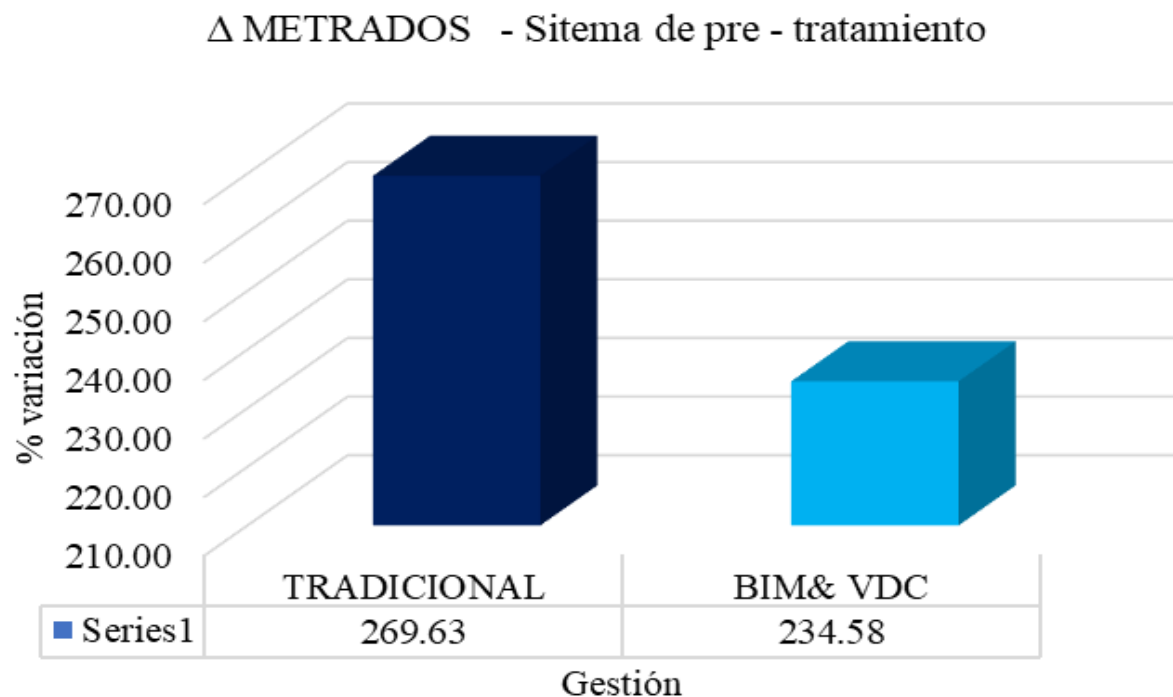
Metrado de Acero, Sistema PTAR

METRADO DE ACERO (Ø3/8") -SISTEMA DE PRE TRATAMIENTO PTAR				
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	
			TRADICIONAL	BIM& VDC
1	CAMARA DE REJAS	kg	63.75	
2	DESARENADOR	kg	149.05	234.58
3	PARSHALL	kg	35.10	
4	BUZÓN REPARTIDOR	kg	21.73	
<b>METRADO TOTAL</b>			<b>269.63</b>	<b>234.58</b>
			100.00%	87.00%
<b>OPTIMIZACIÓN LOGRADA</b>			<b>13.00%</b>	

Nota. La Tabla muestra el comparativo para el metrado de Acero del Sistema de Pre-Tratamiento PTAR Fuente: Elaboración Propia.

Figura 87

Metrados, Sistema de Pre-Tratamiento



Nota. La figura muestra la variación de metrados de Acero con gestión tradicional vs gestión VDC & BIM Fuente:

Elaboración Propia.

### Sistema de Tanque – Imhoff

El siguiente cuadro estadístico refleja una clara diferencia de una variación porcentual del 29.43%. Esta variación, se puede reflejar en la siguiente Tabla N° 25, notándose así la importancia de implementar la gestión BIM.

Tabla 25

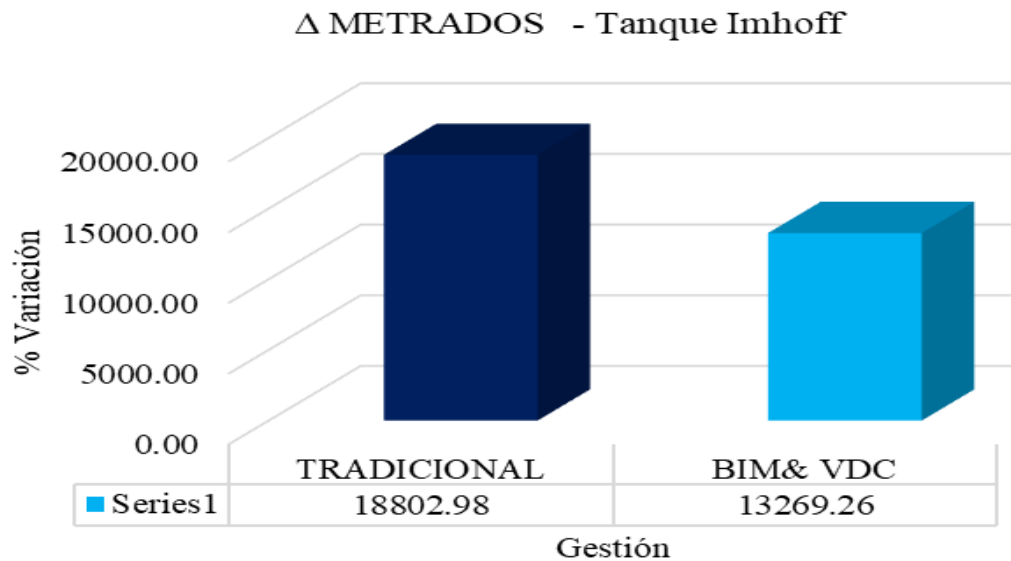
Metrado de Acero - Tanque IMHOFF

METRADO DE ACERO - TANQUE IMHOFF				
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	TRADICIONAL	METRADO BIM& VDC
1	ACERO 1/2"	KG	601.17	535.04
2	ACERO 3/8"	KG	704.71	486.25
3	ACERO 1"	KG	17497.10	12247.97
<b>METRADO TOTAL</b>			<b>18802.98</b>	<b>13269.26</b>
			100.00%	70.57%
<b>OPTIMIZACIÓN LOGRADA</b>			<b>29.43%</b>	

Nota. La Tabla muestra el comparativo para el metrado de Acero del Tanque Imhoff PTAR Fuente: Elaboración Propia.

Figura 88

Gestión de Metrado de Acero - Tanque IMHOFF



Nota. La figura muestra la variación de metrados de Acero con gestión tradicional vs gestión VDC & BIM Fuente:

Elaboración Propia.

### Filtro percolador y lecho de secado

Así, con el software Revit, realizar el cálculo de metrados para los elementos de acero resulta ser mucho más fácil que realizarlos mediante el programa Excel, ya que el Revit a través de la creación de sus propias familias en su plataforma realiza el cálculo automáticamente multiplicando por la densidad, así al hacer el comparativo resulta que se obtuvo un ahorro de más del 27%.

Tabla 26

Metrado de Acero - Filtro Percolador y Lecho de Secado

<3.1_Metrado de Acero // Filtro Percolador y Lecho de Secado>					
A	B	C	D	E	F
SECTOR	Tipo	Cantidad	Longitud de barra	Kg/m	Peso
LECHO DE SECADO	1/2"		321.13 m	0.994 kg/m	2963.87 kg
LECHO DE SECADO	3/8"		1892.84 m	0.560 kg/m	1952.03 kg
			2213.97 m		4915.90 kg

Nota. La Tabla muestra el metrado de Acero del Filtro Percolador y Lecho de Secado, Extraída del Modelado Revit.

Tabla 27

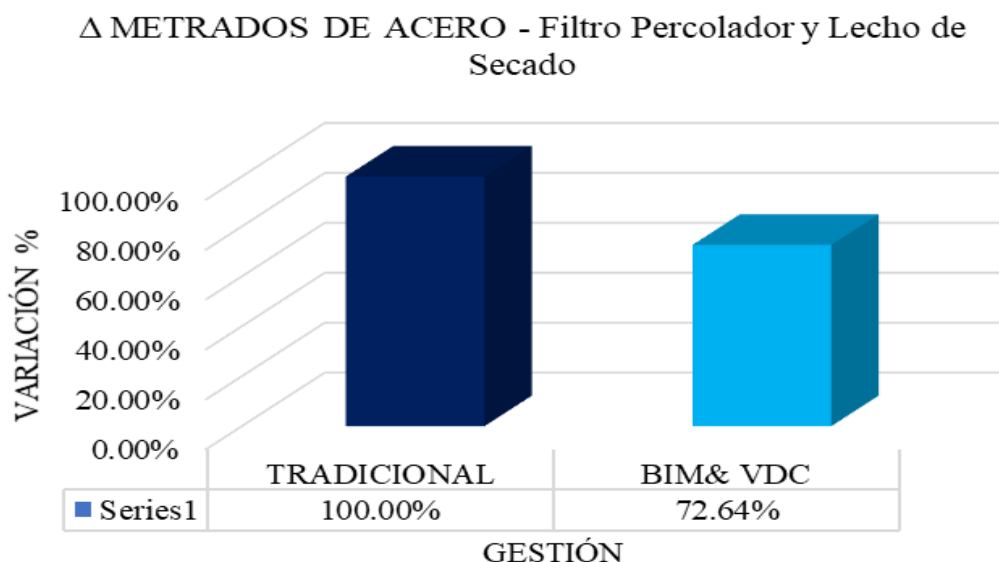
Metrado de Acero - Filtro Percolador y Lecho de Secado

METRADO DE ACERO - FILTRO PERCOLADOR Y LECHO DE SECADO				
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	
			TRADICIONAL	BIM& VDC
1	ACERO 1/2"	KG	3932.56	2963.87
2	ACERO 3/8"	KG	2834.55	1952.03
<b>METRADO TOTAL</b>			<b>6767.11</b>	<b>4915.9</b>
			100.00%	72.64%
<b>OPTIMIZACIÓN LOGRADA</b>			<b>27.36%</b>	

Nota. Elaboración Propia

Figura 89

Metrado de Acero - Filtro Percolador y Lecho de Secado



Nota. La Tabla muestra el comparativo para el metrado de Acero del Filtro Percolador y Lecho de Secado.

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente presentamos un cuadro resumen, el cual explica con un mayor alcance la optimización generada después de aplicar una gestión VDC & BIM en el proyecto.

Tabla 28

Cuadro Resumen de Acero

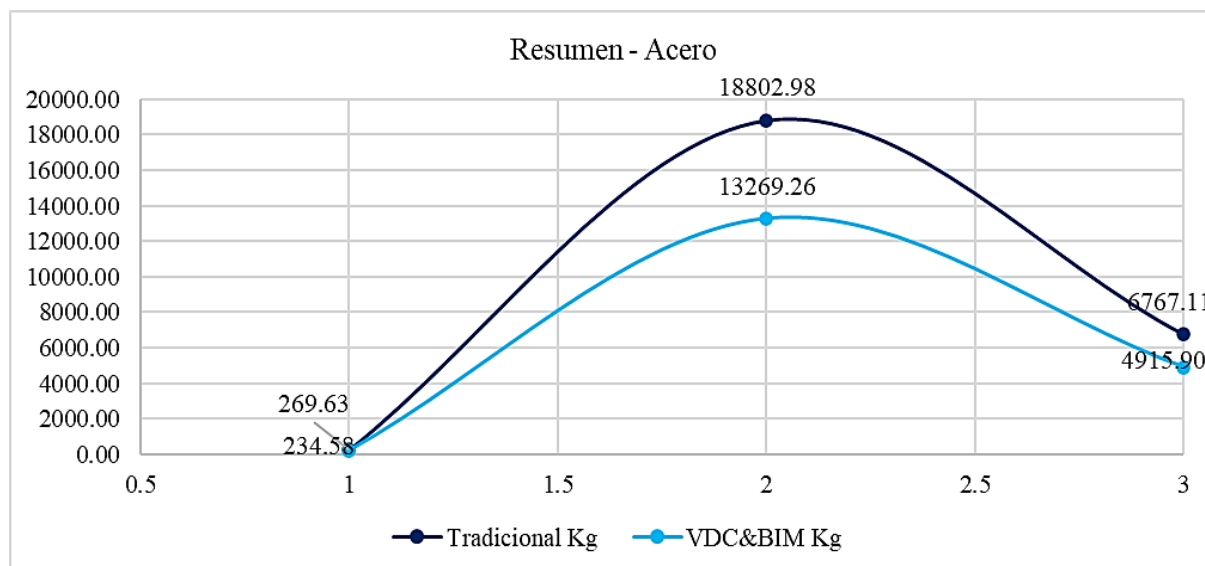
Cuadro Resumen - Acero		
	Tradicional Kg	VDC&BIM Kg
<b>Sistema de pre Tratamiento</b>	269.63	234.58
<b>Tanque Imhoff</b>	18802.98	13269.26
<b>Filtro Percolador y Lecho de Secado</b>	6767.11	4915.90

Nota. La Tabla muestra el cuadro resumen del metrado de Concreto. Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados que muestra el cuadro estadístico reflejan claramente que se reduce hasta un promedio del 30% ubicándose la línea celeste (BIM 3D) por debajo de la línea azul (Tradicional).

Figura 90

Cuadro Estadístico de Resumen de Acero



Nota. La figura muestra la curva resumen de concreto en un comparativo de gestión. Fuente: Elaboración Propia

### Análisis de costos – Concreto

Se ha elaborado el siguiente cuadro resumen para la partida de concreto, en el cual se visualizan la simulación en cantidad de metros cúbicos de concreto del método tradicional vs. el método de implementación VDC & BIM para la PTAR en Arequipa -2020.

Tabla 29

Cuadro Resumen de Concreto

CUADRO RESUMEN - CONCRETO		
	Tradicional m3	VDC&BIM m3
<b>Sistema de pre Tratamiento</b>	10.08	6.62
<b>Tanque Imhoff</b>	203.11	170.91
<b>Filtro Percolador</b>	112.97	79.53
<b>Lecho de Secado</b>	19.16	10.54
	<b>345.32</b>	<b>267.60</b>

Nota. La Tabla muestra el cuadro resumen de concreto en un comparativo de m3. Fuente: Elaboración Propia

Hemos estimado de acuerdo al expediente técnico el precio unitario del concreto inicial del proyecto registrado en el expediente y comparado con el precio actualizado de acuerdo a la variación que registra el índice de precios unificados del concreto con la fórmula de reajuste que nos arroja un incremento de 5%, ello nos permite obtener un resultado claro respecto a la optimización de costos con VDC & BIM.

Tabla 30

Cuadro Comparativo de Costos de Concreto

	COMPARATIVO DE COSTOS CONCRETO		
	PROM m3	Tradicional m3	VDC&BIM m3
<b>COSTO CONCRETO INICIAL</b>	S/ 329.01	S/ 113,613.73	S/ 88,044.02
<b>COSTO CONCRETO ACTUALIZADO</b>	S/ 345.46	S/ 119,294.42	S/ 92,446.22

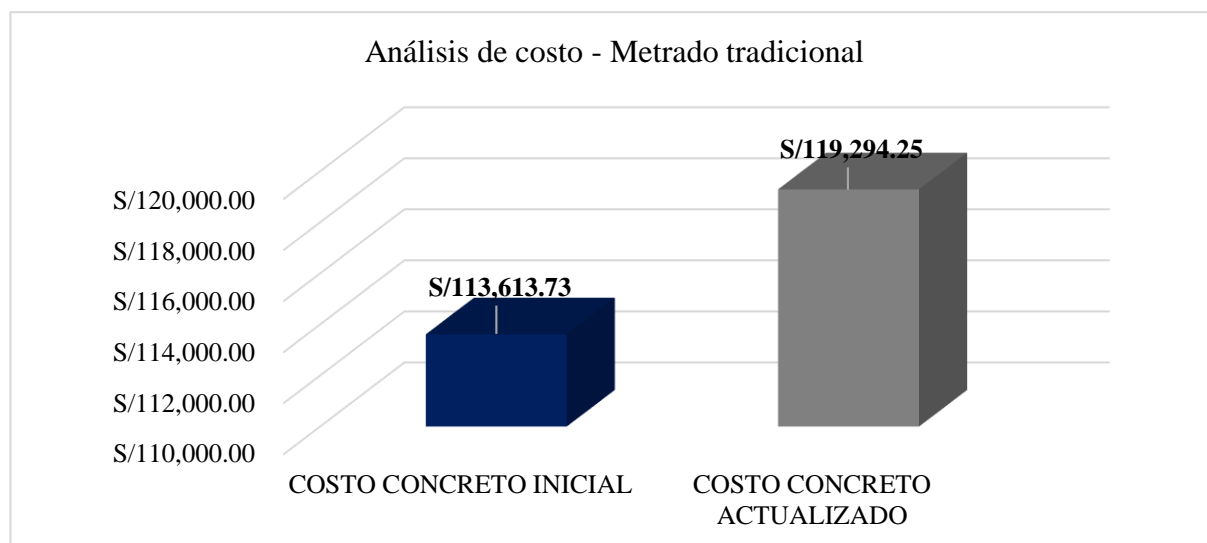
Nota. La Tabla muestra el cuadro comparativo de costos por m3. Fuente: Elaboración Propia

### Metrado tradicional

A continuación, en la siguiente figura se muestra a través de un diagrama el comparativo de costos en función a los precios del expediente vs los costos actualizados utilizando la variación porcentual según los índices de precios unificados.

Figura 91

Análisis de Costo, Metrado Tradicional



Nota. La Figura muestra el análisis comparativo de costos de concreto con método tradicional. Fuente:

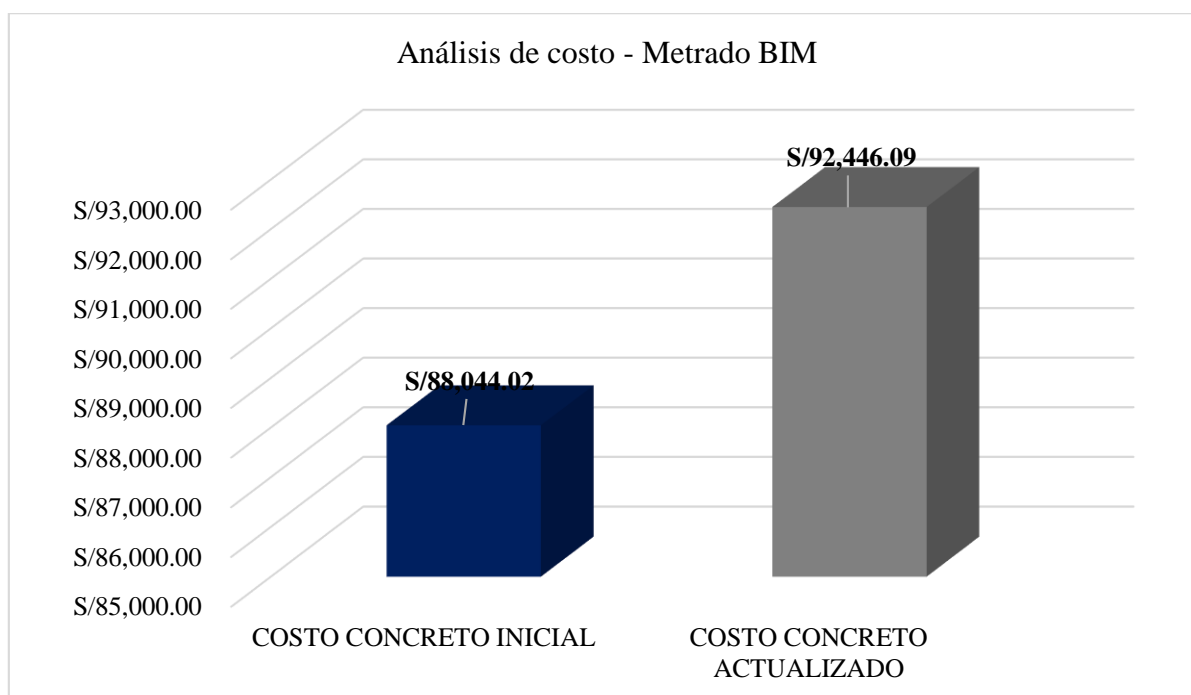
Elaboración Propia

### Metrado BIM

De igual forma, procedemos a realizar la actualización de costos con la aplicación VDC & BIM, teniendo de igual forma una variación notoria respecto a los metrados de concreto con Revit.

Figura 92

Análisis de Costo, Metrado BIM

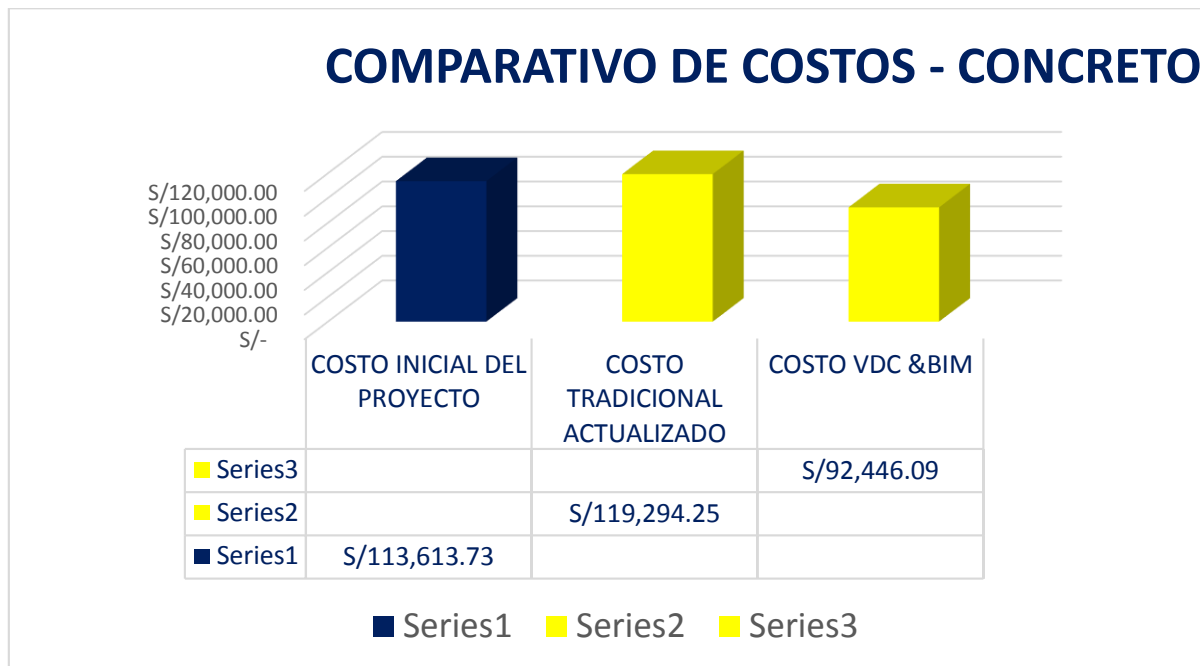


Nota. La Figura muestra el análisis comparativo de costos de concreto con Metrado BIM. Fuente: Elaboración Propia

El resultado final del comparativo de una gestión tradicional vs. una gestión VDC & BIM, es visible a través de la figura N°93, en donde se muestra la optimización del 22.50%, que se refleja en S/. 26,848.16 soles de ahorro para el proyecto PTAR-AREQUIPA.

Figura 93

Comparativo de Costos, Concreto



Nota. La Figura muestra el análisis comparativo de costos de concreto. Fuente: Elaboración Propia

### Análisis de costos – Acero

Se ha elaborado el siguiente cuadro resumen para la partida de acero, en el cual se visualizan la simulación en cantidad de metros cúbicos de concreto del método tradicional vs. el método de implementación VDC & BIM para la PTAR en Arequipa -2020.

Tabla 31

Cuadro Resumen de Acero

Cuadro Resumen - Acero		
	Tradicional Kg	VDC&BIM Kg
<b>Sistema de pre Tratamiento</b>	269.63	234.58
<b>Tanque Imhoff</b>	18802.98	13269.26
<b>Filtro Percolador y Lecho de Secado</b>	6767.11	4915.90
	<b>25839.72</b>	<b>18419.74</b>

Nota. La Tabla muestra el cuadro resumen de acero en un comparativo de Kg. Fuente: Elaboración Propia

De igual forma que en el concreto, para el acero hemos estimado de acuerdo al expediente técnico el precio unitario del acero inicial y en base a la fórmula de reajuste del



índice de precios al consumidor, hemos detectado la variación de un 37%, con ello pudimos actualizar los costos y obtener un resultado claro respecto a la optimización de costos con VDC & BIM.

Tabla 32

Cuadro Comparativo de Costos de Acero

COMPARATIVO DE COSTOS ACERO			
	P.U. de kg	Tradicional kg	VDC&BIM kg
<b>COSTO ACERO INICIAL</b>	<b>S/ 3.79</b>	<b>S/ 97,932.54</b>	<b>S/ 69,810.81</b>
<b>COSTO ACERO ACTUALIZADO 2021</b>	<b>S/ 5.19</b>	<b>S/ 134,167.58</b>	<b>S/ 95,640.81</b>

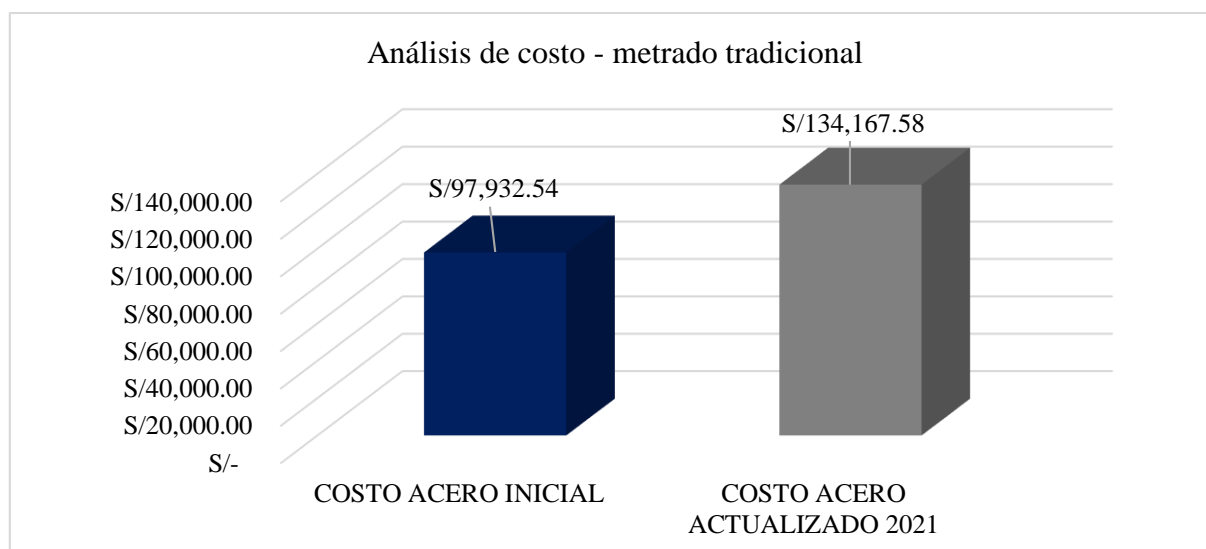
Nota. La Tabla muestra el cuadro comparativo de costos por Kg. Fuente: Elaboración Propia

### Metrado tradicional

A continuación, en la siguiente figura se muestra a través de un diagrama el comparativo de costos en función a los precios del expediente vs los costos con la variación porcentual obtenida por el Índice de Precios Unificados 2021.

Figura 94

Análisis de Costos Metrado Tradicional



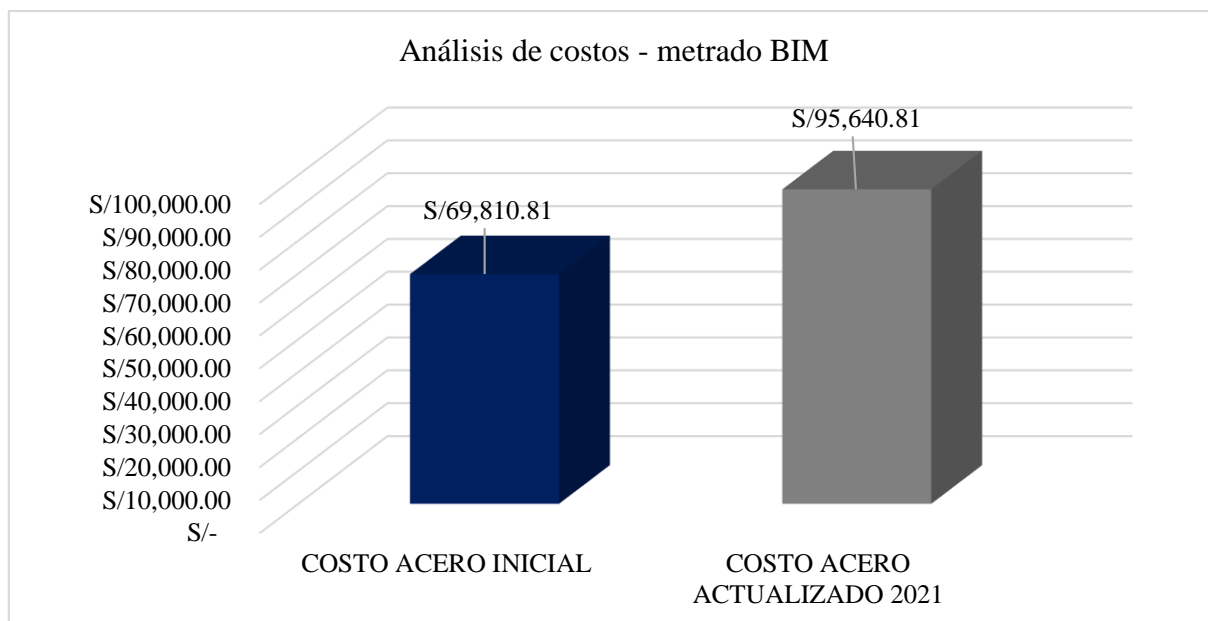
Nota. La Figura muestra el análisis comparativo de costos de Acero con método tradicional. Fuente: Elaboración Propia.

## Metrado BIM

De igual forma, procedemos a realizar la actualización de costos con la aplicación VDC & BIM, teniendo de igual forma una variación notoria respecto a los metrados de acero con Revit.

Figura 95

Análisis de Costo, Metrado BIM

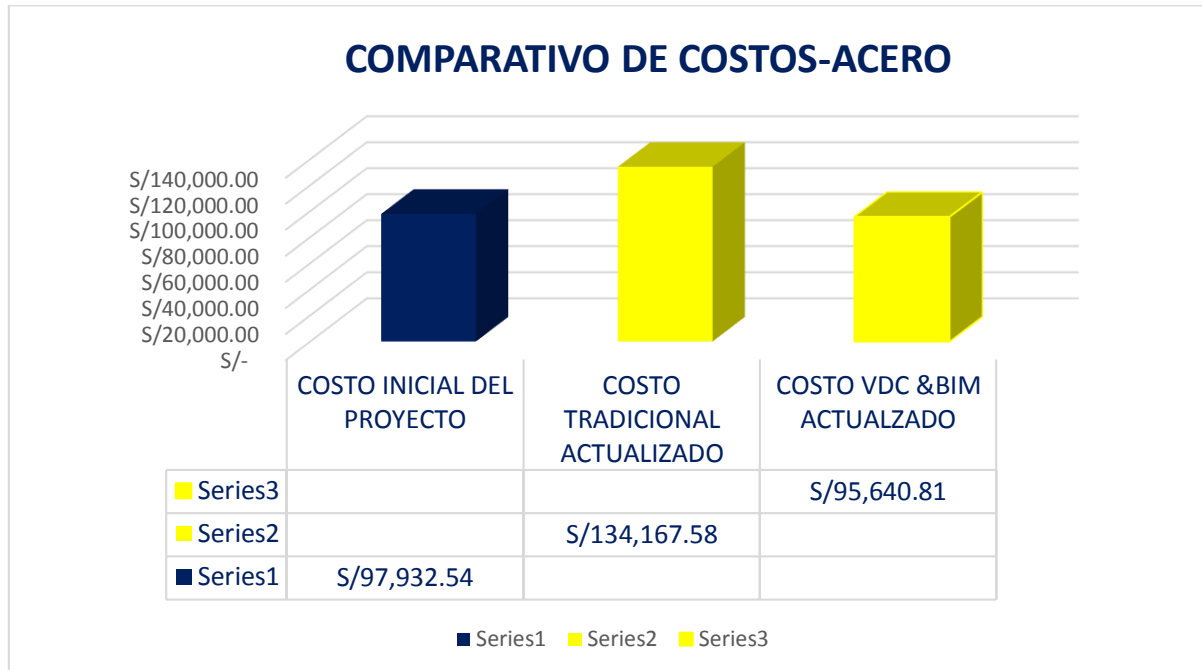


Nota. La Figura muestra el análisis comparativo de costos de Acero con Metrado BIM. Fuente: Elaboración Propia

El resultado final del comparativo de una gestión tradicional vs. una gestión VDC & BIM, es visible a través de la figura N°96, en donde se muestra la optimización del 28.72 %, que se refleja en S/. 38,526.77 soles de ahorro para el proyecto PTAR-AREQUIPA.

Figura 96

Análisis Comparativo de Costos de Acero



Nota. La Figura muestra el análisis comparativo de costos de acero. Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra el reajuste de la variación de precios que se obtuvo mediante la fórmula polinómica, donde se actualizó los índices unificados desde octubre 2017 a octubre 2021 para la PTAR, en Arequipa 2020.

Tabla 33

Cuadro Reajuste Fórmula Polinómica

<b>PRESUPUESTO PTAR OCTUBRE 2017</b>	<b>S/ 690,423.80</b>
<b>FORMULA POLINOMICA PTAR</b>	

$$K = 0.253*(Mr / Mo) + 0.436*(Dr / Do) + 0.196*(Cr / Co) + 0.115*(lr / lo)$$

SÍMBOLO	Mo	Do	Co	lo
ÍNDICE	47	30	21	39
MES ANTERIOR	580.9	467.61	431.73	442.48
MES ACTUAL	653.54	642.27	452.97	494.23
Octubre	1.1250	1.3735	1.0492	1.1170
<b>K</b>	<b>1.2176</b>			

Nota. La Tabla muestra el valor de reajuste para la variación de precios. Fuente: Elaboración Propia

Después de haber obtenido el valor de reajuste "K" aplicamos al valor inicial (S/. 690,423.80) para poder determinar el valor resultado o actualizado (S/ 840,647.99), como podemos ver en la Tabla N°34.

Tabla 34

Cuadro Valor de Reajuste a la PTAR

<b>VALORIZACION INICIAL (Vo)</b>	<b>S/ 690,423.80</b>
<b>K-1</b>	<b>0.2176</b>
<b>R = Vo(k-1)</b>	<b>S/ 150,224.19</b>
<b>VR = Vo + R</b>	<b>S/ 840,647.99</b>

Nota. La Tabla muestra el valor de reajuste para el presupuesto inicial. Fuente: Elaboración Propia

La Tabla N° 35 muestra el cuadro comparativo del presupuesto PTAR inicial frente al actualizado y al VDC&BIM con una diferencia de más de S/218,000.00 entre el actualizado y el VDC&BIM.

Tabla 35

Cuadros presupuestos PTAR

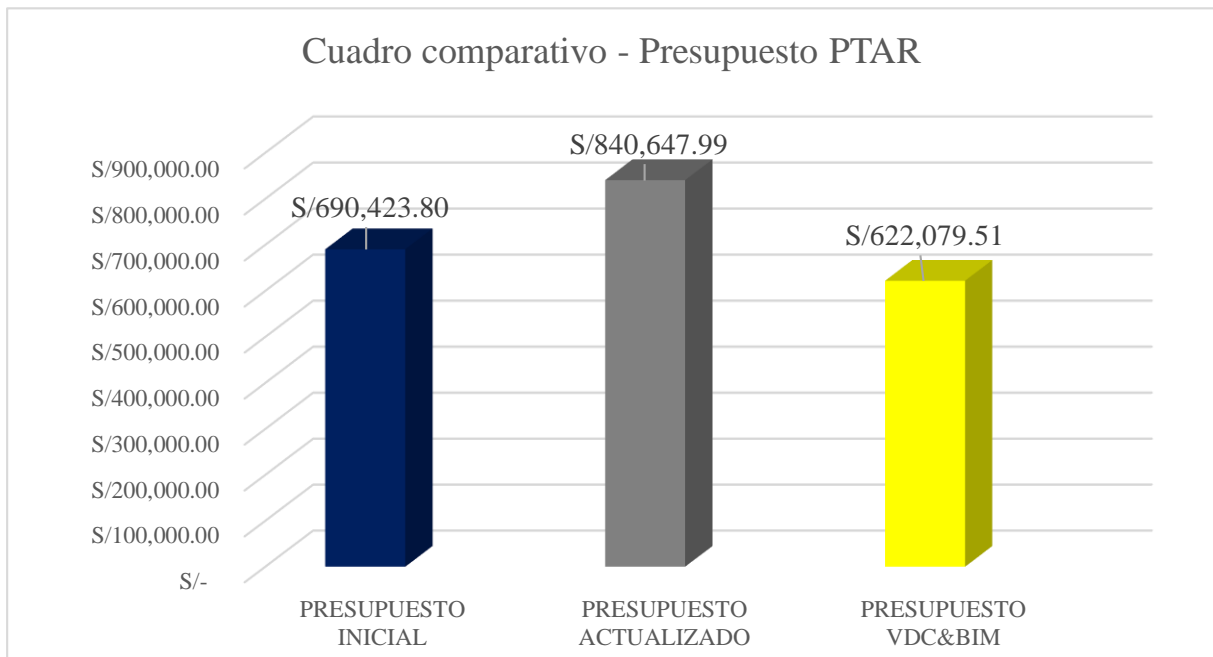
<b>CUADRO COMPARATIVO - Presupuesto PTAR</b>	
<b>PRESUPUESTO INICIAL</b>	<b>S/ 690,423.80</b>
<b>PRESUPUESTO ACTUALIZADO</b>	<b>S/ 840,647.99</b>
<b>PRESUPUESTO VDC&amp;BIM</b>	<b>S/ 622,079.51</b>

Nota. La Tabla muestra la actualización de presupuestos PTAR. Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, en la Figura N°97, podemos apreciar la clara diferencia después de aplicar la metodología VDC&BIM al proyecto. Se pudo obtener un beneficio de más del 30% como se puede apreciar en la columna amarilla que se encuentra muy por debajo de la columna gris que refleja los costos actualizados del expediente técnico.

Figura 97

Análisis Cuadro Comparativo Presupuesto PTAR



Nota. La Figura muestra el cuadro comparativo de presupuestos PTAR. Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

En base a los resultados obtenidos en la investigación se acepta la hipótesis donde se establece, que si se mejorará la gestión en la etapa de evaluación de proyectos de una planta de tratamiento de aguas residuales en Arequipa-2020, con la implementación de la metodología VDC & BIM.

Los resultados obtenidos en la investigación en cuanto al uso y aplicación de VDC & BIM, muestran que a pesar de ser costosa la implementación de ambas metodologías en una PTAR, terminan siendo de gran utilidad para la gestión adecuada en un proceso anticipado a la construcción, determinando las interferencias y omisiones para disminuir los altos costos en la construcción que se producen por falta de un análisis virtual anticipado, logrando un estimado porcentual de más del 30% de ahorro respecto al costo inicial del proyecto.

Por otro lado, los resultados obtenidos en la presenta tesis, guardan relación con autores como Cozar Cózar (2017), en su modelado y medición siguiendo los criterios de la base de costos de construcción, en el que concluye que modelar para costear, mejora la calidad del proyecto y elimina perdidas notorias de tiempo por documentación.

Los resultados encontrados sobre la implementación del plan de ejecución VDC& BIM en una PTAR, se asemejan en la misma interpretación que obtiene Julcamoro Vásquez (2019), en su estudio de Implementación BIM con Revit en la fase de diseño de expediente técnico de edificaciones, donde concluye que la implementación BIM puede ser beneficiosa para futuros expedientes técnicos y ejecuciones, ya que se reduce las incongruencias, incompatibilidades, errores y omisiones, evitando ampliaciones de plazo e incremento de los presupuestos.

Frente a las deficiencias de Obra, el desarrollo de la presente tesis valida la investigación realizada por Apaza (2015), en el cuál expresa que la metodología BIM permite recoger, procesar y dirigir la información a una base de datos 3D, por lo que a diferencia de un modelo

2D, el uso de BIM permite detectar interferencias o incompatibilidades, es una ayuda para el cálculo de metrados más exactos y permite la optimización de los altos costos de la construcción; lo demuestra nuestro comparativo de costos de la PTAR-AREQUIPA.

Para los problemas existentes de documentación en OBRA, específicamente RFI, el VDC es la metodología que permite con ayuda del BIM y un entorno colaborativo a través de reuniones ICE, manejar el control de respuesta y avance para las consultas de Obra, por tanto se corrobora lo mencionado en la investigación española realizada por Salinas & Prado (2019), en la que muestra beneficios de un entorno colaborativo BIM a través de su propuesta de aplicación de la investigación “BIM, para la gestión del diseño y construcción de proyectos peruanos”.

En cuanto a futuras líneas de investigación se recomienda aplicar herramientas VDC & BIM en todas las etapas de un proyecto, para entender mejor los beneficios de estas metodologías a través de resultados obtenidos de otros estudios.

## **4.2 Conclusiones**

Se elaboró el Plan de implementación VDC & BIM para una PTAR, ubicada en Arequipa en el que se establecieron: la gestión de alcance, la gestión del riesgo, la gestión de la integración y por último la gestión del Costo BIM-5D.

Siguiendo la línea progresiva de avance se realizó el modelamiento de la edificación en el software Autodesk Revit, versión estudiantil, para modelar el diseño en planta de la distribución arquitectónica de la PTAR-AREQUIPA 2020.

Se observó que en el expediente técnico “AMPLIACIÓN, RENOVACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA LOCALIDAD DE CHUQUIBAMBA” existe errores, omisiones de alturas para los niveles de los filtros que se pudo anticipar con el modelado en Revit, para la ejecución.

Con la implementación BIM (Building Information Modeling) en la gestión del proyecto para la PTAR AREQUIPA-2020, se accedió a obtener mejora en la gestión del proyecto a través de la optimización de costos, que se obtienen a través de un modelado y un entorno de trabajo colaborativo tecnológico y virtual en comparación de un modelo físico real a construir, esto se verifica con el ahorro de 40 días a favor del proyecto con la aplicación de VDC& BIM.

Se logró la optimización de costos en un estimado de rango del 13% al 45%, logrando en promedio un 29% de ahorro en los costos mediante la implementación de la Gestión VDC & BIM, aplicada al proyecto PTAR Chuquibamaba en Arequipa 2020.

Asimismo, con la implementación de ambas metodologías partiendo un enfoque VDC aplicado con BIM, muestra beneficios como el aumento de la visualización del proyecto PTAR, también hemos logrado detectar anticipadamente las interferencias, con la compatibilización de planos modelados 3D, se alcanzó un mejor entendimiento entre los Stakeholders, y con ello la eficiencia en las estimaciones de respuestas en las consultas por interferencias o incompatibilidad del proyecto.



## REFERENCIAS

- Jack C.P. Cheng, Qiqi Lu, M.Phil. (2015). A Review of the Efforts and Roles of the Public Sector for Bim Adoption Worldwide. 03/05/2020, de Journal of Information Technology in Construction Sitio web: [https://www.itcon.org/papers/2015\\_27.content.01088.pdf](https://www.itcon.org/papers/2015_27.content.01088.pdf)
- Hannes Lindblad<sup>1</sup> and Tina Karrbom Gustavsson. (2017). Receptiveness for change: The Case of a Public Client. 03/05/2020, de Department of Real Estate and Construction Management Sitio web: <https://pdfs.semanticscholar.org/e379/f2856423a7f0560ad5bc97d8ba880affb185.pdf>
- Raúl Ralph Eyzaguirre Vela. (2015). Potenciando La Capacidad De Análisis y Comunicación De Los Proyectos De Construcción, Mediante Herramientas Virtuales Bim 4d Durante La Etapa De Planificación. 03/05/2020, de Pontificia Universidad Católica del Perú Sitio web: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6414>
- McKinsey Global Institute (MGI). (2017). Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity. 03/05/2020, de McKinsey Global Institute (MGI) Sitio web: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/our%20Insights/Reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/MGI-Reinventing-construction-A-route-to-higher-productivity-Full-report.ashx>
- Hassan, Taib, Abdul. (2018). Diseño y construcción virtual: una nueva comunicación en industria de construcción. Japón: Association for Computing Machinery.
- Salih Sen. (2020). Impacto VDC/BIM. Architecture and the Build Enviroment, 1, 59.
- SUNASS. (2015). Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el Ámbito de Tratamiento de Aguas Residuales. 03/05/2020, de SUNASS Sitio web: <https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>
- ACCIONA. (2020). Tratamiento de Aguas Residuales. 03/05/2020, de ACCIONA Sitio web: <https://www.acciona.com/es/tratamiento-de-agua/depuracion/>
- Miriam Carballo, Esperanza Guelmes. (2016). Algunas consideraciones acerca de las variables en las investigaciones que se desarrollan en educación. 03/04/2020, de Scielo Sitio web: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202016000100021](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000100021)
- José Salinas, Guillermo Prado. (2019). Building Information Modeling (BIM) to

Manage Design and construction phases of peruvian public projects. 02/05/2020, de Escuela Técnica Superior de Edificación Universidad Politécnica de Madrid Sitio web: [http://polired.upm.es/index.php/building\\_management/article/view/3923](http://polired.upm.es/index.php/building_management/article/view/3923)

Moher, D. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Annals of Internal Medicine*, 151(4), 264. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>

Leonardo Ordóñez. (2007). El desarrollo tecnológico en la historia. 10/05/2020, de Scielo Sitio web: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1016-913X2007000200001](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1016-913X2007000200001)

Acciona. (2019). Depuración de aguas residuales. 15/06/2020, de Acciona Sitio web: <https://www.acciona.com/es/tratamiento-de-agua/depuracion/>

Sacyr. (2020). Canal de innovación. 15/06/2020, de Sacyr Sitio web: [http://www.sacyr.com/es\\_es/canales/canal-innovacion/](http://www.sacyr.com/es_es/canales/canal-innovacion/)

MEF. (2019). Plan Nacional de Infraestructura para la competitividad. 15/06/2020, de MEF Sitio web: [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_privada/planes/PNIC\\_2019.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_privada/planes/PNIC_2019.pdf)

Pro-Inversión. (2019). Cartera de Proyectos. 15/06/2020, de Pro-Inversión Sitio web: <https://www.proyectosapp.pe/default.aspx>

BIGLUS. (2015). Las dimensiones BIM. 10/07/2020, de BIGLUS Sitio web <http://biblus.accasoftware.com/es/las-dimensiones-del-bim-3d-4d-5d-6d-7d/>

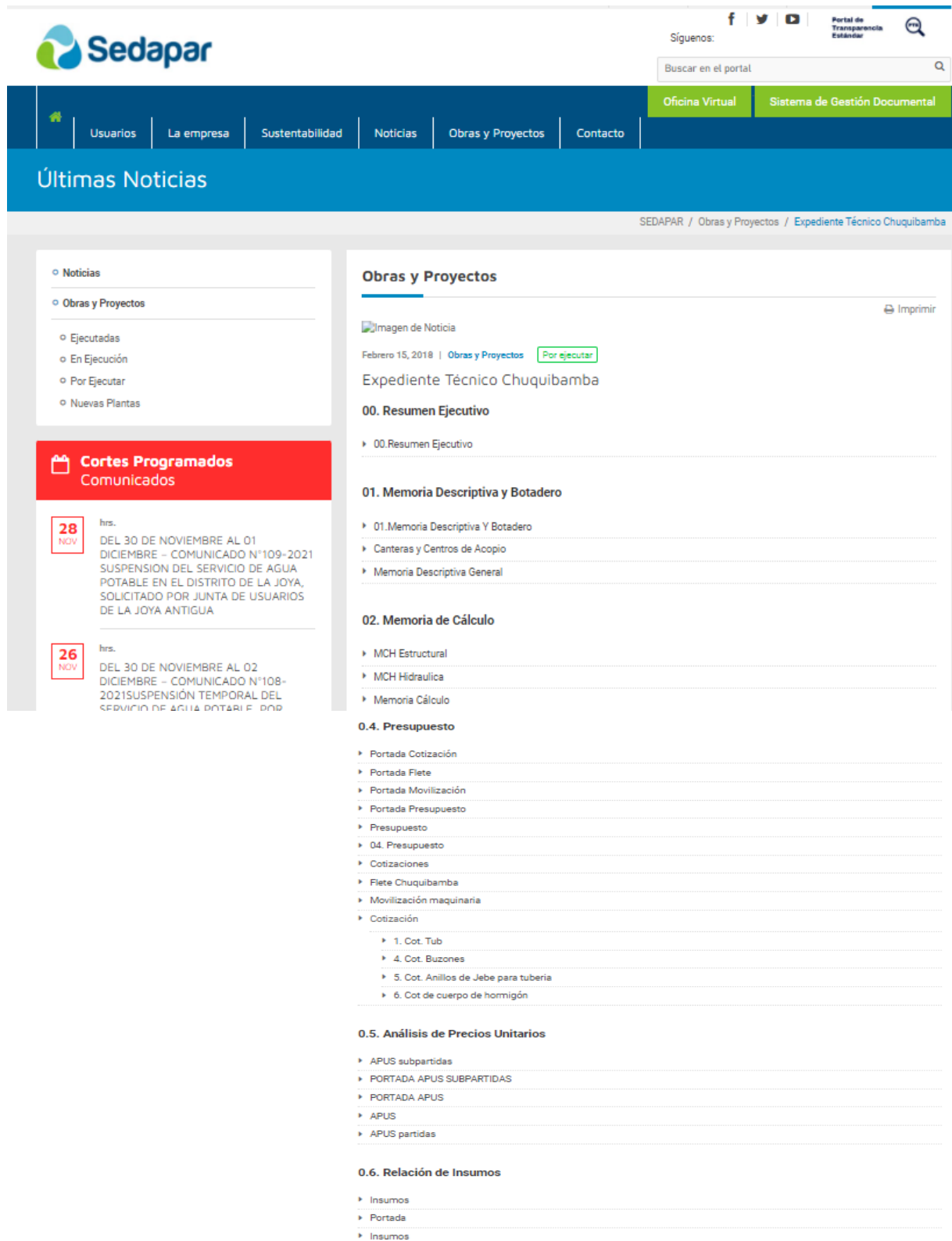
TABOADA, José y ALCÁNTARA, Paul (2015) Toma de decisiones y revisión de diseño a partir de la construcción digital y la aplicación de la metodología VDC. Lima – Perú

## ANEXOS

### ANEXO 1- Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE:  METODOLOGÍA VDC & BIM.	Varía y es la causa de otra variable, llamada dependiente, puede ser manipulada o seleccionada, continuas o categóricas	Uso del software Revit.	Modelado 3D del proyecto	Nominal
			Estimación de metrados más exactos.	Ordinal
		Uso de la metodología VDC & BIM.	Implementación de VDC & BIM.	Nominal
			Comunicación permanente con el entorno de trabajo.	Nominal
VARIABLE DEPENDIENTE:  GESTIÓN DE UNA PTAR EN AREQUIPA-2020.	Varía y es la consecuencia de otra variable, llamada independiente, puede ser continua o categórica.	CONTROL DE PROCESOS NO EFICIENTES	Identificación anticipada de procesos no eficientes.	Nominal
		GESTIÓN DEL COSTO	Costo de ejecución de una PTAR.	Númerica

## ANEXO 2: Expediente Técnico PTAR-CHUQUIBAMBA



The screenshot shows the Sedapar website interface. At the top, there is a navigation bar with the Sedapar logo, social media icons, and a search bar. Below the navigation bar, there is a blue banner with the text 'Últimas Noticias'. The main content area is divided into two columns. The left column contains a sidebar with a menu for 'Noticias' and 'Obras y Proyectos', and a red banner for 'Cortes Programados Comunicados' with two entries for water service suspensions. The right column features a 'Obras y Proyectos' section with a list of project items, including '00. Resumen Ejecutivo', '01. Memoria Descriptiva y Botadero', '02. Memoria de Cálculo', '0.4. Presupuesto', '0.5. Análisis de Precios Unitarios', and '0.6. Relación de Insumos'.

**Sedapar**

Síguenos: [f](#) [t](#) [v](#) [Portal de Transparencia Estándar](#)

Buscar en el portal

Oficina Virtual Sistema de Gestión Documental

Usuarios La empresa Sustentabilidad Noticias Obras y Proyectos Contacto

Últimas Noticias

SEDAPAR / Obras y Proyectos / Expediente Técnico Chuquibamba

**Obras y Proyectos** [Imprimir](#)

Imagen de Noticia

Febrero 15, 2018 | [Obras y Proyectos](#) [Por ejecutar](#)

Expediente Técnico Chuquibamba

**00. Resumen Ejecutivo**

- ▶ 00. Resumen Ejecutivo

**01. Memoria Descriptiva y Botadero**

- ▶ 01. Memoria Descriptiva Y Botadero
- ▶ Canteras y Centros de Acopio
- ▶ Memoria Descriptiva General

**02. Memoria de Cálculo**

- ▶ MCH Estructural
- ▶ MCH Hidráulica
- ▶ Memoria Cálculo

**0.4. Presupuesto**

- ▶ Portada Cotización
- ▶ Portada Flete
- ▶ Portada Movilización
- ▶ Portada Presupuesto
- ▶ Presupuesto
- ▶ 04. Presupuesto
- ▶ Cotizaciones
- ▶ Flete Chuquibamba
- ▶ Movilización maquinaria
- ▶ Cotización
  - ▶ 1. Cot. Tub
  - ▶ 4. Cot. Buzones
  - ▶ 5. Cot. Anillos de Jebe para tubería
  - ▶ 6. Cot de cuerpo de hormigón

**0.5. Análisis de Precios Unitarios**

- ▶ APUS subpartidas
- ▶ PORTADA APUS SUBPARTIDAS
- ▶ PORTADA APUS
- ▶ APUS
- ▶ APUS partidas

**0.6. Relación de Insumos**

- ▶ Insumos
- ▶ Portada
- ▶ Insumos

**ANEXO 3: Índices Unificados // Año 2017- octubre**

ÍNDICES UNIFICADOS DE PRECIOS DEL MES DE OCTUBRE DEL 2017													
ÁREAS GEOGRÁFICAS													
(Base : Julio 1992 = 100,0)													
Cod.	1	2	3	4	5	6	Cod.	1	2	3	4	5	6
01	811.68	811.68	811.68	811.68	811.68	811.68	02	488.45	488.45	488.45	488.45	488.45	488.45
03	469.92	469.92	469.92	469.92	469.92	469.92	04	545.90	935.73	1036.19	591.86	391.80	760.70
05	449.54	216.12	418.45	603.46	(*)	632.37	06	899.02	899.02	899.02	899.02	899.02	899.02
07	653.31	653.31	653.31	653.31	653.31	653.31	08	857.27	857.27	857.27	857.27	857.27	857.27
09	236.02	236.02	236.02	236.02	236.02	236.02	10	412.23	412.23	412.23	412.23	412.23	412.23
11	234.14	234.14	234.14	234.14	234.14	234.14	12	318.43	318.43	318.43	318.43	318.43	318.43
13	1270.34	1270.34	1270.34	1270.34	1270.34	1270.34	14	285.57	285.57	285.57	285.57	285.57	285.57
17	624.31	666.77	703.47	860.67	697.48	859.67	16	368.08	368.08	368.08	368.08	368.08	368.08
19	751.34	751.34	751.34	751.34	751.34	751.34	18	335.86	335.86	335.86	335.86	335.86	335.86
21	465.71	401.92	426.29	431.73	426.29	410.96	20	1533.84	1533.84	1533.84	1533.84	1533.84	1533.84
23	418.10	418.10	418.10	418.10	418.10	418.10	22	367.30	367.30	367.30	367.30	367.30	367.30
27	701.88	701.88	701.88	701.88	701.88	701.88	24	240.78	240.78	240.78	240.78	240.78	240.78
31	373.41	373.41	373.41	373.41	373.41	373.41	26	370.67	370.67	370.67	370.67	370.67	370.67
33	830.19	830.19	830.19	830.19	830.19	830.19	28	599.03	599.03	599.03	565.65	599.03	599.03
37	298.08	298.08	298.08	298.08	298.08	298.08	30	467.61	467.61	467.61	467.61	467.61	467.61
39	442.48	442.48	442.48	442.48	442.48	442.48	32	468.00	468.00	468.00	468.00	468.00	468.00
41	410.71	410.71	410.71	410.71	410.71	410.71	34	464.73	464.73	464.73	464.73	464.73	464.73
43	719.16	655.68	887.32	642.01	1088.94	884.54	38	428.42	960.95	864.26	568.39	(*)	656.62
45	322.70	322.70	322.70	322.70	322.70	322.70	40	378.13	412.96	443.25	340.12	272.89	331.41
47	580.90	580.90	580.90	580.90	580.90	580.90	42	284.22	284.22	284.22	284.22	284.22	284.22
49	293.18	293.18	293.18	293.18	293.18	293.18	44	376.71	376.71	376.71	376.71	376.71	376.71
51	305.83	305.83	305.83	305.83	305.83	305.83	46	474.55	474.55	474.55	474.55	474.55	474.55
53	680.84	680.84	680.84	680.84	680.84	680.84	48	363.30	363.30	363.30	363.30	363.30	363.30
55	500.65	500.65	500.65	500.65	500.65	500.65	50	693.13	693.13	693.13	693.13	693.13	693.13
57	385.56	385.56	385.56	385.56	385.56	385.56	52	300.40	300.40	300.40	300.40	300.40	300.40
59	238.53	238.53	238.53	238.53	238.53	238.53	54	405.60	405.60	405.60	405.60	405.60	405.60
61	236.63	236.63	236.63	236.63	236.63	236.63	56	488.10	488.10	488.10	488.10	488.10	488.10
65	235.92	235.92	235.92	235.92	235.92	235.92	60	295.99	295.99	295.99	295.99	295.99	295.99
69	389.45	327.82	428.87	488.52	269.39	451.51	62	462.33	462.33	462.33	462.33	462.33	462.33
71	645.41	645.41	645.41	645.41	645.41	645.41	64	319.97	319.97	319.97	319.97	319.97	319.97
73	544.62	544.62	544.62	544.62	544.62	544.62	66	707.19	707.19	707.19	707.19	707.19	707.19
77	321.23	321.23	321.23	321.23	321.23	321.23	68	259.97	259.97	259.97	259.97	259.97	259.97
							70	218.25	218.25	218.25	218.25	218.25	218.25
							72	426.35	426.35	426.35	426.35	426.35	426.35
							78	480.28	480.28	480.28	480.28	480.28	480.28

**ANEXO 4: Índices Unificados // Año 2021- octubre**

ÍNDICES UNIFICADOS DE PRECIOS DEL MES DE OCTUBRE DEL 2021													
ÁREAS GEOGRÁFICAS													
(Base : Julio 1992 = 100,0)													
Cod.	1	2	3	4	5	6	Cod.	1	2	3	4	5	6
01	1211.24	1211.24	1211.24	1211.24	1211.24	1211.24	02	802.66	802.66	802.66	802.66	802.66	802.66
03	798.59	798.59	798.59	798.59	798.59	798.59	04	641.95	1067.86	1194.49	610.17	358.11	816.96
05	491.74	244.75	460.18	601.28	(*)	679.50	06	1545.91	1545.91	1545.91	1545.91	1545.91	1545.91
07	1050.75	1050.75	1050.75	1050.75	1050.75	1050.75	08	1304.42	1304.42	1304.42	1304.42	1304.42	1304.42
09	426.33	426.33	426.33	426.33	426.33	426.33	10	562.46	562.46	562.46	562.46	562.46	562.46
11	280.48	280.48	280.48	280.48	280.48	280.48	12	346.74	346.74	346.74	346.74	346.74	346.74
13	2484.47	2484.47	2484.47	2484.47	2484.47	2484.47	14	312.00	312.00	312.00	312.00	312.00	312.00
17	808.12	1037.21	922.34	941.73	894.09	994.46	16	371.78	371.78	371.78	371.78	371.78	371.78
19	1226.95	1226.95	1226.95	1226.95	1226.95	1226.95	18	517.48	517.48	517.48	517.48	517.48	517.48
21	487.39	445.24	472.84	452.97	472.84	442.59	20	3048.53	3048.53	3048.53	3048.53	3048.53	3048.53
23	461.83	461.83	461.83	461.83	461.83	461.83	22		(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
27	570.25	570.25	570.25	570.25	570.25	570.25	24	278.85	278.85	278.85	278.85	278.85	278.85
31	392.71	392.71	392.71	392.71	392.71	392.71	26	409.93	409.93	409.93	409.93	409.93	409.93
33	990.58	990.58	990.58	990.58	990.58	990.58	28	707.92	707.92	707.92	663.15	707.92	707.92
37	382.56	382.56	382.56	382.56	382.56	382.56	30	642.27	642.27	642.27	642.27	642.27	642.27
39	494.23	494.23	494.23	494.23	494.23	494.23	32	507.42	507.42	507.42	507.42	507.42	507.42
41	638.30	638.30	638.30	638.30	638.30	638.30	34	665.62	665.62	665.62	665.62	665.62	665.62
43	899.6	959.24	1172.22	836.14	1317.24	1204.83	38	491.72	1133.76	1011.88	570.66	(*)	698.28
45	399.47	399.47	399.47	399.47	399.47	399.47	40	405.49	504.21	455.36	360.31	272.89	331.41
47	653.54	653.54	653.54	653.54	653.54	653.54	42	449.25	449.25	449.25	449.25	449.25	449.25
49	400.19	400.19	400.19	400.19	400.19	400.19	44	473.46	473.46	473.46	473.46	473.46	473.46
51	465.17	465.17	465.17	465.17	465.17	465.17	46	602.29	602.29	602.29	602.29	602.29	602.29
53	1066.96	1066.96	1066.96	1066.96	1066.96	1066.96	48	396.27	396.27	396.27	396.27	396.27	396.27
55	640.22	640.22	640.22	640.22	640.22	640.22	50	793.09	793.09	793.09	793.09	793.09	793.09
57	777.68	777.68	777.68	777.68	777.68	777.68	52	394.63	394.63	394.63	394.63	394.63	394.63
59	234.50	234.50	234.50	234.50	234.50	234.50	54	453.97	453.97	453.97	453.97	453.97	453.97
61	373.27	373.27	373.27	373.27	373.27	373.27	56	1158.53	1158.53	1158.53	1158.53	1158.53	1158.53
65	324.54	324.54	324.54	324.54	324.54	324.54	60	385.02	385.02	385.02	385.02	385.02	385.02
69	390.93	327.82	428.87	488.52	269.39	451.51	62	521.59	521.59	521.59	521.59	521.59	521.59



**Anexo 5 Metrados de Concreto – Expediente técnico PTAR-SEDAPAR**

SUSTENTO DE METRADO					
<b>5</b>	<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)</b>				
<b>5.1</b>	<b>CÁMARA DE REJAS</b>				
<b>5.1.3</b>	<b>CONCRETO SIMPLE</b>				
<b>5.1.3.1</b>	<b>Concreto Simple f'c = 100kg/cm2 para solados y/o sub bases</b>			<b>m3</b>	<b>0.33</b>
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal
	1.00	3.50	0.60	0.10	0.21
	1.00	2.72	0.45	0.10	0.12
<b>5.1.4</b>	<b>CONCRETO ARMADO</b>				
<b>5.1.4.1</b>	<b>Concreto Armado f'c = 280kg/cm2</b>			<b>m3</b>	<b>1.67</b>
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal
<b>Planta + Secc. A-A</b>					
Base	1.00	3.45	0.60	0.15	0.31
	1.00	2.73	0.45	0.25	0.31
Muros canal	1.00	3.10	0.15	0.78	0.36
	2.00	0.15	0.15	0.63	0.03
	2.00	0.27	0.15	0.71	0.06
	1.00	1.43	0.15	0.78	0.17
	1.00	0.50	0.15	0.48	0.04
	1.00	0.50	0.15	0.52	0.04
	1.00	0.63	0.15	0.78	0.07
Muros by-pass	1.00	2.73	0.15	0.51	0.21
	2.00	0.30	0.15	0.51	0.05
Losa superior	1.00	0.70	0.30	0.15	0.03
<b>SUSTENTO DE METRADO</b>					

5.2 DESARENADOR						
5.2.3 CONCRETO SIMPLE						
5.2.3.1 Concreto Simple f'c = 100kg/cm2 para solados y/o sub bases					m3	0.55
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal	
<b>Planta + Secc. A-A</b>						
	1.00	3.70	1.10	0.10	0.41	
	1.00	0.95	0.85	0.10	0.08	
	1.00	1.10	0.60	0.10	0.07	
5.2.4 CONCRETO ARMADO						
5.2.4.1 Concreto Armado f'c = 280kg/cm2					m3	3.29
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal	
<b>Planta + Secc. A-A</b>						
Base	1.00	3.70	1.10	0.15	0.61	
	1.00	0.95	0.85	0.15	0.12	
	1.00	1.10	0.85	0.15	0.14	
Muro central	1.00	0.71	1.00	1.10	0.78	
Muros laterales	2.00	3.43	0.15	1.10	1.13	
	2.00	0.98	0.15	0.80	0.24	
	2.00	1.11	0.15	0.80	0.27	
SUSTENTO DE METRADO						
5.3 PARSHALL, CANAL DE ENTRADA Y SALIDA- SISTEMA DE PRE TRATAMIENTO						
5.3.3 CONCRETO SIMPLE						
5.3.3.1 Concreto Simple f'c = 100kg/cm2 para solados y/o sub bases					m3	1.66
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal	
		2.76	0.6	1	1.656	
5.3.4 CONCRETO ARMADO						
5.3.4.1 Concreto Armado f'c = 280kg/cm2					m3	1.96
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal	



<b>Sección A-A + Planta</b>					
Losa	1.00	2.76	0.6	0.15	0.25
Muro	2.00	2.76	0.21	1.17	1.36
	2.00	1	0.15	1.17	0.35
<b>SUSTENTO DE METRADO</b>					
<b>5.4</b>	<b>BUZÓN REPARTIDOR</b>				
<b>5.4.1</b>	<b>CONCRETO SIMPLE</b>				
<b>5.4.1.1</b>	<b>Concreto Simple f'c = 100kg/cm2 para solados y/o sub bases</b>			<b>m3</b>	<b>0.08</b>
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal
<b>Planta + Secc. A-A</b>					
	1.00	0.90	0.90	0.10	0.08
<b>5.4.2</b>	<b>CONCRETO ARMADO</b>				
<b>5.4.2.1</b>	<b>Concreto Armado f'c = 280kg/cm2</b>			<b>m3</b>	<b>0.54</b>
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal
<b>Planta + Secc. A-A</b>					
Base	1.00	0.60	0.15	0.90	0.08
	1.00	0.45	0.15	0.90	0.06
Muros	1.00	0.90	0.15	1.01	0.14
	2.00	0.36	0.15	0.87	0.09
	2.00	0.30	0.15	1.01	0.09
	2.00	0.30	0.15	0.87	0.08
<b>SUSTENTO DE METRADO</b>					
<b>5.5</b>	<b>TANQUE IMHOFF</b>				

5.5.3 CONCRETO SIMPLE					
5.5.3.1 Concreto Simple f'c = 100kg/cm2 para solados y/o sub bases				m3	8.96
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal
<b>Secc. A-A + Secc. B-B</b>					
	8.00	1.76	1.00	0.10	1.41
	4.00	1.97	1.00	0.10	0.79
	12.00	0.40	1.00	0.10	0.48
	4.00	1.97	1.00	0.10	0.79
	16.00	0.98	1.00	0.10	1.57
	8.00	1.97	1.00	0.10	1.58
	4.00	0.81	1.00	0.10	0.32
	4.00	0.16	1.00	0.10	0.06
	4.00	8.70	0.36	0.10	1.25
	2.00	1.75	2.00	0.10	0.70
5.5.4 CONCRETO ARMADO					
5.5.4.1 Concreto Armado f'c = 280kg/cm2				m3	194.15
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal
<b>Secc. A-A + Secc. B-B</b>					
Base	4.00	1.76	1.00	0.35	2.47
	2.00	1.97	1.00	0.35	1.38
	6.00	0.40	1.00	0.35	0.85
	2.00	1.97	1.00	0.35	1.38
	8.00	0.98	1.00	0.35	2.75
	4.00	1.97	1.00	0.35	2.76
	2.00	0.81	1.00	0.35	0.57
	2.00	0.16	1.00	0.35	0.11
Muros	3.00	7.80	8.40	0.43	84.52
	2.00	7.80	9.10	0.43	61.04

Buzón de válvulas	4.00	1.90	0.20	3.10	4.71
	8.00	1.20	0.20	3.10	5.95
	4.00	1.20	1.90	0.20	1.82
Canaleta interior	2.00	9.25	6.31	0.20	23.35
Borde entrada	1.00	1.12	0.90	0.20	0.20
	2.00	1.12	0.65	0.20	0.29
<b>SUSTENTO DE METRADO</b>					
<b>5.6</b>	<b>FILTRO PERCOLADOR</b>				
<b>5.6.4</b>	<b>CONCRETO SIMPLE</b>				
<b>5.6.4.1</b>	<b>Concreto Simple f'c = 100kg/cm2 para solados y/o sub bases</b>			<b>m3</b>	<b>19.64</b>
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal
<b><u>Secc. A-A + Secc. B-B</u></b>					
Losa	1.00	9.90	19.55	0.10	19.35
	3.00	0.85	1.10	0.10	0.28
<b>5.6.5</b>	<b>CONCRETO ARMADO</b>				
<b>5.6.5.1</b>	<b>Concreto Armado f'c = 280kg/cm2</b>			<b>m3</b>	<b>93.33</b>
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal
<b><u>Secc. A-A + Secc. B-B</u></b>					
Base	3.00	9.90	0.25	0.25	1.86
	4.00	9.90	4.30	0.25	42.57
	2.00	9.90	0.80	0.25	3.96
	4.00	9.90	0.25	0.25	2.48
Muros	2.00	19.55	0.25	2.35	22.97
	3.00	9.40	0.25	2.10	14.81
<b><u>Planta + Secc. A-A</u></b>					
Buzón de drenaje - Base	2.00	1.10	0.85	0.25	0.47
Buzón de drenaje - Muros	6.00	0.85	0.25	2.45	3.12
	3.00	0.60	0.25	2.45	1.10

SUSTENTO DE METRADO					
<b>5.7</b>	<b>LECHO DE SECADO</b>				
<b>5.7.4</b>	<b>CONCRETO SIMPLE</b>				
<b>5.7.4.1</b>	<b>Concreto Simple f'c = 100kg/cm2 para solados y/osub bases</b>			<b>m3</b>	<b>8.78</b>
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal
<b>Planta</b>					
	1.00	10.25	8.15	0.10	8.36
<b>Secc. C-C + Planta</b>					
Dado de concreto	1.00	0.50	0.50	0.10	0.03
Inicio	1.00	0.75	2.55	0.10	0.19
Final	2.00	1.05	1.00	0.10	0.21
<b>5.7.5</b>	<b>CONCRETO ARMADO</b>				
<b>5.7.5.1</b>	<b>Concreto Armado f'c = 280kg/cm2</b>			<b>m3</b>	<b>10.38</b>
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal
<b>Secc. C-C + Planta</b>					
Dado de concreto	1.00	0.50	0.50	0.50	0.13
Inicio	1.00	2.55	0.25	0.65	0.41
	1.00	2.05	0.50	0.25	0.26
	2.00	0.50	0.25	0.65	0.16
Muro inicial	1.00	7.35	0.25	1.85	3.40
Muro final	1.00	7.35	0.25	2.15	3.95
Final	2.00	0.60	0.60	0.25	0.18
	2.00	1.00	0.20	2.15	0.86
<b>Secc. B-B + Planta</b>					
Muros Longitudinales	3.00	10.00	0.25	1.60	12.00
Base	4.00	10.00	1.40	0.25	14.00

Tubería de ventilación Base	2.00	10.00	0.50	0.25	2.50
	4.00	10.00	0.15	0.25	1.50
<b>SUSTENTO DE METRADO</b>					
<b>5.8</b>	<b>UNIDAD DE DESINFECCIÓN - POZO DE PERCOLADOR</b>				
<b>5.8.1</b>	<b>CONCRETO SIMPLE</b>				
<b>5.8.1.1</b>	<b>Concreto Simple f'c = 100kg/cm2 para solados y/o sub bases</b>			<b>m3</b>	<b>1.32</b>
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal
<b>Secc. A-A + Secc. C-C</b>					
Cámara de contacto	1.00	5.75	2.30	0.10	1.32
<b>5.8.1.2</b>	<b>Concreto Simple f'c = 210kg/cm2</b>			<b>m3</b>	<b>3.20</b>
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal
<b>Secc. B-B</b>					
Vereda	4.00	4.00	1.00	0.20	3.20
<b>5.8.2</b>	<b>CONCRETO ARMADO</b>				
<b>5.8.2.1</b>	<b>Concreto Armado f'c = 280kg/cm2</b>			<b>m3</b>	<b>12.33</b>
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal
<b>Secc. A-A + Secc. C-C</b>					
Cámara de contacto	1.00	5.75	2.30	0.25	3.31
	2.00	2.30	0.25	1.80	2.07
	2.00	5.25	0.25	1.80	4.73
	2.00	4.65	0.15	1.60	2.23
<b>5.8.2.2</b>	<b>Concreto Armado f'c = 210kg/cm2</b>			<b>m3</b>	<b>3.03</b>
Descripción	N°	Longitud	Ancho	Altura	Subtotal
<b>Secc. B-B</b>					
Caseta tanque	1.00	3.00	3.00	0.20	1.80
	2.00	3.00	0.15	0.30	0.27

	2.00	2.70	0.15	0.30	0.24
Columna	2.00	0.25	0.25	3.00	0.38
	2.00	0.25	0.25	2.70	0.34
<b>5.8.2.3</b>	<b>Encofrado y Desencofrado</b>			<b>m2</b>	<b>56.97</b>
Descripción	N°	Longitud	Altura		Subtotal
<b>Secc. A-A + Secc. C-C</b>					
Paredes externas	2.00	5.75	0.30		3.45
	2.00	2.30	0.30		1.38
Paredes internas	2.00	1.15	1.80		4.14
	2.00	0.50	1.80		1.80
	4.00	4.65	1.60		29.76
	2.00	0.15	1.60		0.48
Paredes caseta	4.00	3.00	0.30		3.60
	4.00	2.70	0.30		3.24
Columna	4.00	0.25	3.00		3.00
	4.00	0.15	3.00		1.80
	4.00	0.25	2.70		2.70
	4.00	0.15	2.70		1.62

**ANEXO 6 : Metrados de Acero – Expediente técnico PTAR-SEDAPAR**

SUSTENTO DE METRADO					
5	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)				
5.1	CÁMARA DE REJAS				
5.1.4.3	Acero de Refuerzo Fy =4200 kg/cm2			kg	63.75
Descripción	Diámetro	N° Barras	Kg/mL	Longitud	Subtotal
<b>Longitudinal</b>					
<b>Planta + Secc. A-A + Secc. B-B</b>	3/8"	4	0.56	0.71	1.59
	3/8"	4	0.56	0.96	2.15
	3/8"	6	0.56	2.83	9.51
	3/8"	2	0.56	0.57	0.64
	3/8"	4	0.56	1.5	3.36
	3/8"	2	0.56	0.6	0.67
	3/8"	7	0.56	3.5	13.72
	3/8"	4	0.56	1.2	2.69
<b>Transversal</b>					
<b>Planta + Secc. A-A + Secc. B-B</b>	3/8"	4	0.56	2.41	5.40
	3/8"	11	0.56	2.93	18.05
	3/8"	6	0.56	0.6	2.02
	3/8"	7	0.56	1.01	3.96
SUSTENTO DE METRADO					
5.2	DESARENADOR				
5.2.4.3	Acero de Refuerzo Fy =4200 kg/cm2			kg	149.05
Descripción	Diámetro	N° Barras	Kg/mL	Longitud	Subtotal

<b>Longitudinal</b>					
<b>Planta + Secc. A-A + Secc. B-B</b>	3/8"	10.00	0.56	5.53	30.97
	3/8"	16.00	0.56	3.65	32.70
	3/8"	7.00	0.56	3.85	15.09
	3/8"	8.00	0.56	0.75	3.36
	3/8"	12.00	0.56	0.55	3.70
<b>Transversal</b>					
<b>Planta + Secc. A-A + Secc. B-B</b>	3/8"	2.00	0.56	2.43	2.72
	3/8"	2.00	0.56	2.54	2.84
	3/8"	2.00	0.56	2.66	2.98
	3/8"	15.00	0.56	3.59	30.16
	3/8"	4.00	0.56	1.20	2.69
	3/8"	26.00	0.56	1.50	21.84
<b>SUSTENTO DE METRADO</b>					
<b>5.3</b>	<b>PARSHALL, CANAL DE ENTRADA Y SALIDA- SISTEMA DE PRE TRATAMIENTO</b>				
<b>5.3.4.3</b>	<b>Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2</b>			<b>m2</b>	<b>35.10</b>
Descripción	Diámetro	N° Barras	Kg/mL	Longitud	Subtotal
<b>Longitudinal</b>					
<b>Planta + Secc. A-A + Secc. B-B</b>	3/8"	8.00	0.56	3.02	13.53
	3/8"	2.00	0.56	1.56	1.75
	3/8"	2.00	0.56	0.69	0.77
	3/8"	2.00	0.56	1.31	1.47
<b>Transversal</b>					
<b>Planta + Secc. A-A + Secc. B-B</b>	3/8"	5.00	0.56	2.51	7.03
	3/8"	2.00	0.56	2.28	2.55
	3/8"	6.00	0.56	2.38	8.00



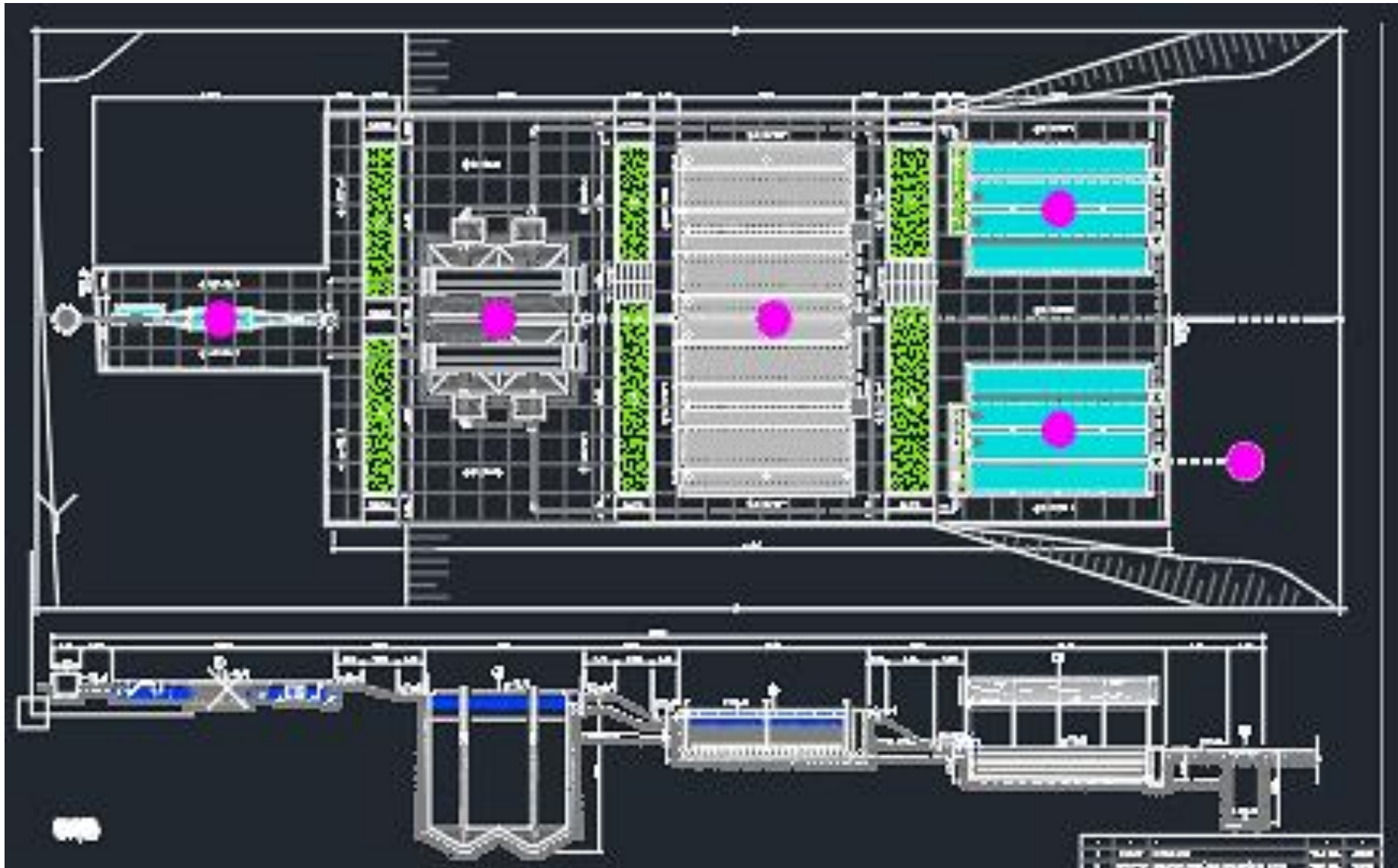
SUSTENTO DE METRADO					
5.4	BUZÓN REPARTIDOR				
5.4.2.3	Acero de Refuerzo Fy =4200 kg/cm2			kg	21.73
Descripción	Diámetro	N° Barras	Kg/mL	Longitud	Subtotal
<b>Planta + Secc. A-A</b>					
<b>Longitudinal</b>					
	3/8"	3.00	0.56	0.79	1.33
	3/8"	3.00	0.56	0.37	0.62
	3/8"	3.00	0.56	1.38	2.32
	3/8"	10.00	0.56	1.35	7.56
<b>Transversal</b>					
	3/8"	4.00	0.56	3.06	6.85
	3/8"	5.00	0.56	1.09	3.05
SUSTENTO DE METRADO					
5.5	TANQUE IMHOFF				
ÍTEMS	PARTIDAS			UND.	TOTAL
5.5.4.3	Acero de Refuerzo Fy =4200 kg/cm2			kg	21250.29
Descripción	Diámetro	N° Barras	Kg/mL	Longitud	Subtotal
<b>Sección A-A + Planta</b>					
<b>Longitudinal</b>					
Columnas	1"	264.00	3.973	7.30	7656.77
Vigas	1"	120.00	3.973	3.70	1764.01
Tanque superior	3/8"	88.00	0.56	2.60	128.13
	3/8"	88.00	0.56	3.50	172.48

<b>Transversal</b>					
Columnas	1"	60.00	3.973	8.40	2002.39
	1/2"	72.00	0.994	8.40	601.17
Vigas	1"	52.00	3.973	8.40	1735.41
Tanque superior	3/8"	82.00	0.56	8.80	404.10
<b>Seccion C-C'+ Seccion A-A'</b>					
<b>Longitudinal</b>					
	1"	120.00	3.973	9.10	4338.52
<b>Transversal</b>					
	3/4"	146.00	2.235	7.50	2447.33

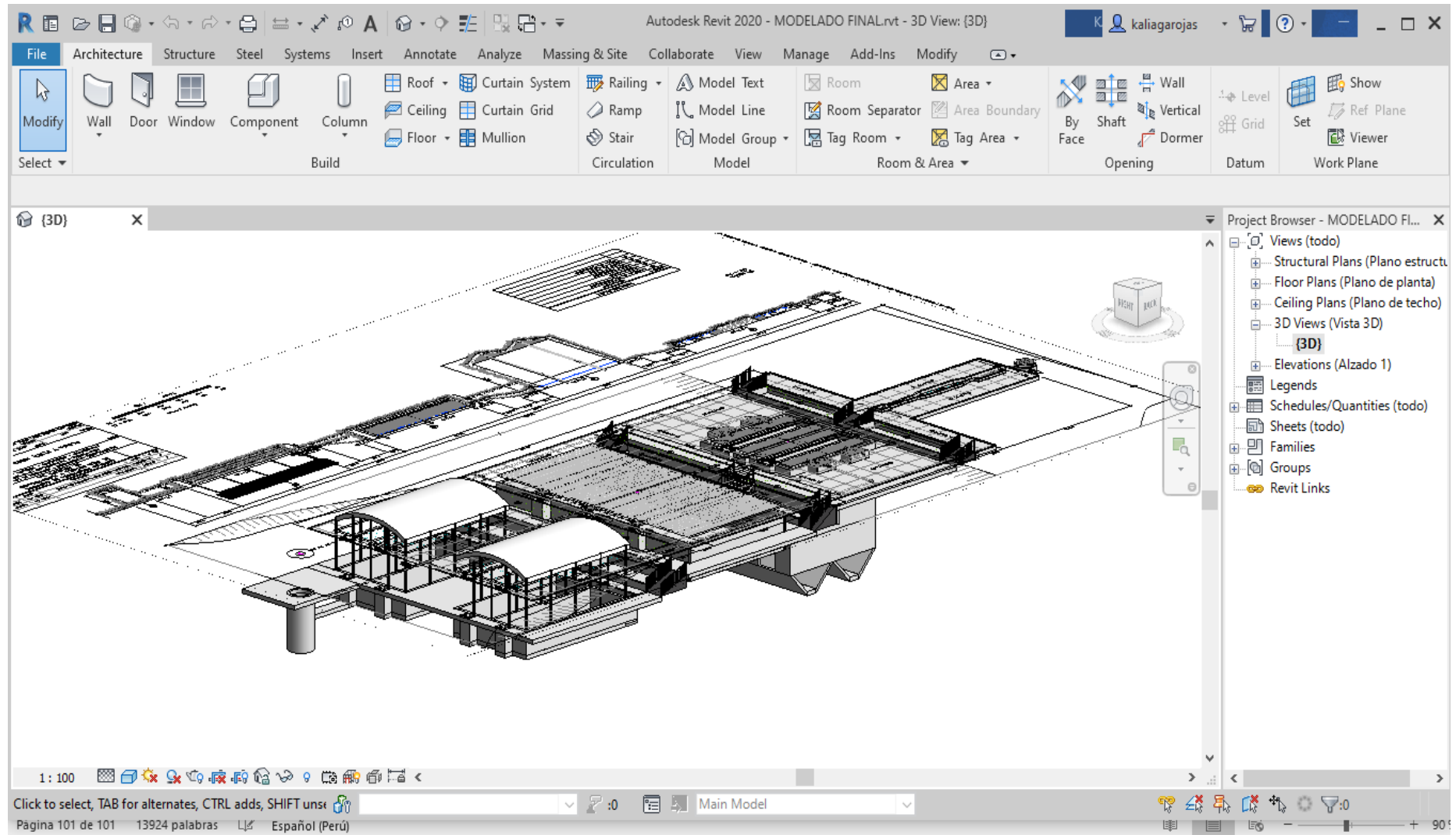
<b>SUSTENTO DE METRADO</b>					
<b>5.6</b>	<b>FILTRO PERCOLADOR</b>				
<b>5.6.5.3</b>	<b>Acero de Refuerzo Fy =4200 kg/cm2</b>			<b>kg</b>	<b>4666.91</b>
Descripción	Diámetro	N° Barras	Kg/mL	Longitud	Subtotal
<b>Sección B-B'+ Planta</b>					
<b>Longitudinal</b>					
Columnas	1/2"	228.00	0.994	2.55	577.91
Vigas	3/8"	94.00	0.56	19.55	1029.11
<b>Transversal</b>					
Columnas	1/2"	60.00	0.994	9.40	560.62
Vigas	3/8"	200.00	0.56	9.40	1052.80
<b>Planta + Sección A-A'</b>					
<b>Longitudinal</b>					
	1/2"	40.00	0.994	19.55	777.31
<b>Transversal</b>					

	1/2"	264.00	0.994	2.55	669.16
<b>SUSTENTO DE METRADO</b>					
<b>5.7</b>	<b>LECHO DE SECADO</b>				
<b>5.7.5.3</b>	<b>Acero de Refuerzo Fy =4200 kg/cm2</b>			<b>kg</b>	<b>2100.21</b>
Descripción	Diámetro	N° Barras	Kg/mL	Longitud	Subtotal
<b><u>Sección A-A'+ Planta</u></b>					
<b><u>Longitudinal</u></b>					
Columnas	1/2"	210	0.994	1.6	333.98
Vigas/Losa	3/8"	84	0.56	7.5	352.80
<b><u>Transversal</u></b>					
Columnas	1/2"	42	0.994	10.5	438.35
Vigas/Losa compresion	3/8"	30	0.56	10.5	176.40
Vigas/Losa tracción	3/8"	38	0.56	10.5	223.44
<b><u>Planta + Sección C-C'</u></b>					
<b><u>Longitudinal</u></b>					
	1/2"	100	0.994	1.95	193.83
Cajas	1/2"	6	0.994	2.15	12.82
<b><u>Transversal</u></b>					
	1/2"	32	0.994	7.35	233.79
Cajas	1/2"	12	0.994	11.3	134.79

**ANEXO 7 : Planta Base en Cad - PTAR**



### ANEXO 8 : Modelado Revit - PTAR



### Anexo 9 MODELADO REVIT 3D COMPATIBILIZADO

