



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA**  
**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS**

**TITULACIÓN**  
**Máster en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil**

**Trabajo Fin de Máster (TFM)**

---

**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL  
PROYECTO “ALPHABETIC TOWER” EN BATUMI (GEORGIA).  
COMPARATIVA ENTRE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL Y EL  
USO DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROCESO DE  
CONSTRUCCIÓN.**

---

**AUTOR**

**David Fernando Acevedo Morales**

**TUTOR**

**Alberto Domingo Cabo**

**Valencia, España**  
**6 de Septiembre del 2021**

## AGRADECIMIENTOS

Dedicado cada esfuerzo y dedicación para la obtención del título de master a mi familia, gracias a Dios que permitió tenerlos aún conmigo y poder vivir este logro juntos, sin Él seguro no se habría logrado nada. Con mayor hincapié, gracias a mi hermano, Julian Acevedo, por ser aquella persona que sin importar las circunstancias y los errores que cometí en mi caminar siempre me apoyó, nunca perdió la fe en mí, nunca olvidaré cada enseñanza que me haya dejado y espero que también las pueda recibir de forma reciproca por parte mía.

Cada camino no es fácil de andar, siempre se presentarán adversidades, agradezco a mi familia el haberme educado con visión siempre de seguir adelante y superar cualquier tropiezo con disciplina y confianza, valor que trascenderán de generación en generación. Ojos verdes, gracias por siempre confiar en mí y darme todo apoyo que incluso a veces se salía de tus manos, de la mano de Dios espero que sea el inicio de una increíble historia.

Infinitas gracias a toda nueva amistad que logré formar en este largo y extraño camino que cursé, inolvidables momentos y personas que espero poder seguir contando con ellas a lo largo de mi vida.

*... Por cada escalón que subas de éxito,  
sube dos de humildad...*

## RESUMEN

La metodología BIM se ha vuelto una necesidad ante la búsqueda de mitigar cualquier clase de entregas tardías, querer tener un acercamiento real al proyecto y hasta para controlar los sobrecostos. Frente a todo lo anterior, se ha buscado implementar esta metodología en más proyectos al pasar de los años, desde aplicativos simples o parciales, hasta en proyectos complejos donde se usa desde la misma concepción. Instrumentos que acerquen el proyecto ante sus clientes de una manera visual y realista, proceso de planificación que permita ver a todos los interesados tiempos y formas de entrega y herramientas que faciliten la obtención de cantidades, presupuesto y método constructivo; son algunos recursos de los cuales se tendrán a la mano al momento de aplicar la metodología BIM.

Como aplicativo de lo anterior y en busca de visualizar más claramente todos los recursos nombrados en un proyecto real, se aplicará esta metodología en el proyecto “Alphabetic Tower”, proyecto ya construido. Se busca identificar las diferencias en aspectos de gestión y planificación, comparando tiempos y procesos constructivos, así como las dificultades presentadas en la construcción tradicional, esto como base conceptual que ayude a mitigar las mismas al implementar la metodología BIM en cualquier proyecto. Se partirá de conocimientos y material real con el que realizó el proyecto, así como experiencias presentadas al momento de realizar la concepción y construcción del mismo. La metodología BIM será implementada desde un plan de ejecución (BEP) hasta la modelación digital del proyecto, manejando la correcta interdisciplinariedad de recursos y áreas necesarias para su puesta en marcha, programando y planificando los trabajos de los agentes involucrados.

En función de lo anterior, se logró visualizar una clara facilidad en los tiempos constructivos, en función de la construcción prefabricada aplicada en el proyecto de estudio; así mismo, se logró visualizar con anterioridad y de forma más real el proyecto terminado, con ayudas de visualización 3D se logró identificar elemento a elemento puesto a disposición de cualquier agente interesado. De igual forma con base en el BEP, se presentó una planificación que facilite el uso de esta metodología, aclarando los requerimientos mínimos que debe cumplir el proyecto como los tiempos de entrega de que verifiquen su correcta ejecución.

Así como facilita el proceso constructivo, cualquier cambio en el proyecto será fácilmente identificado, visualizado y actualizado en todas las áreas de estudio, evitando interferencias y retrasos de entregas.

Esta metodología BIM aunque ya presente varios años aplicativos, aún se está en ese proceso de uso y convencimiento a la otra de planificar un proyecto, se debe ser aventurando en este nuevo mundo el cual se volverá ya una necesidad, no se busca con esto lanzarse al vacío a ciegas, se pretende implementarla paulatinamente en busca de una aceptación y no rechazo o decepción. La metodología BIM es muy amplia en sus conceptos, permitiendo escoger entre ellos cual es más factible usar en el proyecto y a medida que se adquiera experiencia en su aplicación ir avanzando hasta lograr un su completo aplicativo. Aunque el objetivo principal de esta metodología sea facilitar y mitigar cualquier adversidad presentada durante la planificación y concepción de un proyecto, sus correctos resultados seguirán dependiendo de una disciplina y constancia por parte de los agentes involucrados del proyecto, no pretende ser una obligación si no ayuda siempre disponible al momento de hablar de la ingeniería civil.

## ABSTRACT

The BIM methodology has become a necessity in the quest to mitigate any kind of late deliveries, wanting to have a real approach to the project and even to control cost overruns. Faced with all the above, it has been sought to implement this methodology in more projects over the years, from simple or partial applications, to complex projects where it is used from the very conception. Instruments that bring the project closer to its clients in a visual and realistic way, a planning process that allows all interested parties to see times and forms of delivery and tools that facilitate obtaining quantities, budget and construction method; These are some of the resources that will be available when applying the BIM methodology.

As an application of the above and in order to more clearly visualize all the resources named in a real project, this methodology will be applied in the "Alphabetic Tower" project, a project already built. It seeks to identify the differences in management and planning aspects, comparing construction times and processes, as well as the difficulties presented in traditional construction, this as a conceptual basis that helps to mitigate them when implementing the BIM methodology in any project. It will be based on knowledge and real material with which the project was carried out, as well as experiences presented at the time of its conception and construction. The BIM methodology will be implemented from an execution plan (BEP) to the digital modeling of the project, managing the correct interdisciplinarity of resources and areas necessary for its implementation, programming and planning the work of the agents involved.

Based on the above, it was possible to visualize a clear ease in construction times, depending on the prefabricated construction applied in the study project; Likewise, it was possible to visualize the finished project in a more real way beforehand, with 3D visualization aids it was possible to identify element by element made available to any interested agent. Similarly, based on the BEP, a plan was presented that facilitates the use of this methodology, clarifying the minimum requirements that the project must meet, such as the delivery times to verify its correct execution. As well as facilitating the construction process, any change in the project will be easily identified, visualized and updated in all study areas, avoiding interferences and delivery delays.

This BIM methodology, although it already has several years of application, is still in the process of using and convincing the other to plan a project, it must be venturing into this new world which will already become a necessity, it is not sought with this to launch blindly into the void, it is intended to gradually implement it in search of acceptance and not rejection or disappointment. The BIM methodology is very broad in its concepts, allowing to choose among them which one is more feasible to use in the project and as experience is gained in its application, progress until its complete application is achieved. Although the main objective of this methodology is to facilitate and mitigate any adversity presented during the planning and conception of a project, its correct results will continue to depend on a discipline and perseverance on the part of the agents involved in the project, it is not intended to be an obligation if it does not help always available when talking about civil engineering.

## RESUMEIXEN

La metodologia BIM s'ha tornat una necessitat davant la cerca de mitigar qualsevol classe de lliuraments tardans, voler tindre un acostament real al projecte i fins per a controlar els sobre costos. Enfront de tot l'anterior, s'ha buscat implementar aquesta metodologia en més projectes en passar dels anys, des d'aplicatius simples o parcials, fins i tot en projectes complexos on s'usa des de la mateixa concepció. Instruments que acosten el projecte davant els seus clients d'una manera visual i realista, procés de planificació que permeta veure a tots els interessats temps i formes de lliurament i eines que faciliten l'obtenció de quantitats, pressupost i mètode constructiu; són alguns recursos dels quals es tindran a la mà al moment d'aplicar la metodologia BIM.

Com a aplicatiu de l'anterior i a la recerca de visualitzar més clarament tots els recursos nomenats en un projecte real, s'aplicarà aquesta metodologia en el projecte “Alphabetic Tower”, projecte ja construït. Es busca identificar les diferències en aspectes de gestió i planificació, comparant temps i processos constructius, així com les dificultats presentades en la construcció tradicional, això com a base conceptual que ajude a mitigar les mateixes en implementar la metodologia BIM en qualsevol projecte. Es partirà de coneixements i material real amb el qual va realitzar el projecte, així com experiències presentades al moment de realitzar la concepció i construcció d'aquest. La metodologia BIM serà implementada des d'un pla d'execució (BEP) fins al modelatge digital del projecte, manejant la correcta interdisciplinarietat de recursos i àrees necessàries per a la seua posada en marxa, programant i planificant els treballs dels agents involucrats.

En funció de l'anterior, es va aconseguir visualitzar una clara facilitat en els temps constructius, en funció de la construcció prefabricada aplicada en el projecte d'estudi; així mateix, es va aconseguir visualitzar amb anterioritat i de forma més real el projecte acabat, amb ajudes de visualització 3D es va aconseguir identificar element a element posat a la disposició de qualsevol agent interessat. D'igual forma amb base en el BEP, es va presentar una planificació que facilite l'ús d'aquesta metodologia, aclarint els requeriments mínims que ha de complir el projecte com els temps de lliurament que verifiquen la seua correcta execució. Així com facilita el procés constructiu, qualsevol canvi en el projecte serà fàcilment identificat, visualitzat i actualitzat en totes les àrees d'estudi, evitant interferències i retards de lliuraments.

Aquesta metodologia BIM encara que ja present diversos anys aplicatius, encara s'està en aqueix procés d'ús i convenciment a l'altra de planificar un projecte, s'ha de ser aventurant en aquest nou món el qual es tornarà ja una necessitat, no es busca amb això llançar-se al buit a cegues, es pretén implementar-la gradualment a la recerca d'una acceptació i no rebuig o decepció. La metodologia BIM és molt àmplia en els seus conceptes, permetent triar entre ells com és més factible usar en el projecte i a mesura que s'adquirisca experiència en la seua aplicació anar avançant fins a aconseguir un el seu complet aplicatiu. Encara que l'objectiu principal d'aquesta metodologia siga facilitar i mitigar qualsevol adversitat presentada durant la planificació i concepció d'un projecte, els seus correctes resultats continuaran depenent d'una disciplina i constància per part dels agents involucrats del projecte, no pretén ser una obligació si no ajuda sempre disponible al moment de parlar de l'enginyeria civil.

## RESUMEN EJECUTIVO

RESUMEN EJECUTIVO	
<b>Título</b>	Implementación de la metodología BIM en el proyecto "Alphabetic Tower" en Batumi (Georgia). Comparativa entre la construcción tradicional y el uso de la metodología BIM en el proceso de construcción.
<b>Autor</b>	David Fernando Acevedo Morales
<b>Planteamiento del problema</b>	<p>La inclusión de la metodología BIM en el mundo aún está en proceso de incorporación, ya sea por desconocimiento o por la simple costumbre que nos lleva a seguir haciendo las cosas de la misma forma de siempre; esta situación ha provocado un estancamiento generacional en el nuevo mundo de la innovación, desarrollo y sistematización del siglo XXI.</p> <p>A raíz de lo anterior se busca identificar concretamente las diferencias conceptuales y técnicas que presentan las metodologías enfrentadas, tradicional Vs BIM, permitiendo tener mucha más luz sobre la metodología BIM buscando lograr en los interesados un salto hacia esta nueva metodología. Para lograr esto, se realizará el estudio de un proyecto previamente construido con fin de definir esos beneficios al momento de enfrentar cualquier proyecto.</p> <p>Alphabetic Tower, será el proyecto de estudio de donde se definirán, luego de realizar su respectivo desarrollo BIM, las pautas comparativas de estas dos metodologías.</p>
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir conceptualmente las grandes diferencias en la ejecución de las metodologías (BIM - Tradicional) logrando ampliar los conocimientos de la primera en los ámbitos de gestión y planificación en proyectos constructivos</li> <li>- Realizar un plan de ejecución BIM para integrando las nuevas herramientas tecnológicas, junto con los conceptos de planificación y gestión al momento de materializar un proyecto</li> <li>- Elaborar modelación 3D y 4D del proyecto</li> <li>- Integrar las fases de un proyecto constructivos en uno solo con fin de facilitar la conceptualización del mismo</li> </ul>
<b>Estructura del proyecto</b>	La ejecución del presente se desglosará en capítulos que definirán toda una metodología BIM contextualizando el proyecto mismo como los resultados que se van obteniendo a medida que se cumplen con los objetivos
<b>Metodología</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diagnóstico del proyecto mediante recopilación de información previa, permitiendo dar inicio a la ejecución del trabajo</li> <li>2. Implementación de la metodología BIM al proyecto desde el desarrollo de un Plan de Ejecución con base en la metodología hasta la realización de modelos digitales 3D y 4D (simulación constructiva)</li> <li>3. Recopilación de resultados obtenidos enfrentado cada uno a la metodología tradicional con la que fue construido el proyecto</li> <li>4. Recomendaciones realizadas por el autor con el fin exponer generalmente parámetros conceptuales que le sirvan al interesado tener una mejor visión de la metodología BIM</li> </ol>

## RESUMEN EJECUTIVO

<b>Cumplimiento de objetivos</b>	- Se definieron las diferencias conceptuales entre las dos metodologías permitiendo tener una mejor visión aplicativa en la utilización de la metodología BIM
	- Se realizó el Plan de Ejecución BIM integrando cada fase a ejecutar dentro de la metodología mejorando la planificación y gestión del proyecto en sí
	- Se elaboraron los modelos 3D y 4D del proyecto
	- Se integraron las fases del proyecto constructivo entendiendo mejor la ejecución tanto en planificación conceptual como en la construcción del proyecto
<b>Contribuciones</b>	Con ayuda de ingeniero Alberto Domingo se permitió, hasta cierto punto, la recolección de material físico del proyecto, planos de diseño de las áreas de estudio
<b>Recomendaciones</b>	Debido a la construcción del proyecto en estudio, se busca tener guía de esto para futuras construcciones estructurales sin importar el uso que se le dé a cada una
<b>Limitaciones</b>	Debido a la antigüedad del proyecto, no se contó con planos constructivos al detalle de cada elemento del proyecto, y de la misma manera, con información referente a los procesos constructivos o algún registro de acontecimientos vistos durante su ejecución

## Tabla de Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	14
ALCANCE.....	15
OBJETIVOS DE ESTUDIO.....	15
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	16
Localization.....	16
Estructura.....	17
Adicionales.....	17
2. MARCO TEÓRICO.....	18
METODOLOGÍA BIM.....	18
PLAN DE EJECUCIÓN BIM.....	18
FAMILIA.....	18
3. BEP (PLAN DE EJECUCIÓN BIM).....	19
PLAN DE EJECUCIÓN.....	19
Objetivos.....	19
Alcance.....	19
Revisiones.....	20
PROYECTO.....	20
Datos del proyecto.....	20
Hitos del proyecto.....	21
Objetivos y requerimientos BIM del cliente.....	22
MODELO.....	22
Usos BIM.....	22
ENTREGABLES BIM.....	25
Listado de entregables.....	25
Nivel de detalle gráfico.....	25
ORGANIZACIÓN DEL MODELO.....	27
Estructura de datos de ficheros.....	27
Clasificación de elementos constructivos.....	27
Matriz de interferencias.....	28
Origen de coordenadas.....	30
Unidades modelo.....	30

VERIFICACIÓN DE ENTREGABLES .....	30
RECURSOS .....	31
Recursos humanos .....	31
Recursos materiales .....	33
GESTIÓN DE INFORMACIÓN .....	33
Gestión de datos.....	33
Estrategia de gestión documental y archivos digitales .....	34
Estrategia de comunicación.....	34
PROCESOS BIM .....	36
CIERRE.....	42
4. MODELACIÓN DIGITAL .....	43
MODELADO 3D .....	43
MODELADO 4D .....	57
Árbol de selección .....	57
Grupos de elementos .....	58
TimeLiner .....	58
Simulación.....	59
5. RESULTADOS .....	61
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	63
7. REFERENCIAS .....	65
8. ANEXO .....	66

## Índice de tablas

TABLA 1. MODIFICACIONES BEP.....	20
TABLA 2. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....	20
TABLA 3. HITOS RELEVANTES DEL PROYECTO.....	21
Tabla 4. OBJETIVOS Y REQUERIMIENTOS BIM DEL CLIENTE .....	22
Tabla 5. PRIORIDAD DE LOS USOS BIM EN LOS HITOS DEL PROYECTO .....	24
Tabla 6. INFORMACIÓN GENERAL ENTREGABLES BIM.....	25
Tabla 7. NIVEL DE DETALLE LOD POR ELEMENTO.....	26
Tabla 8. CLASIFICACIÓN OMNICLASS POR ELEMENTO.....	28
Tabla 9. CONTROL VERIFICACIÓN ENTREGAS .....	31
Tabla 10. ESPECIFICACIÓN DE HARDWARE Y SOFTWARE POR ENTREGABLE .....	33
Tabla 11. GESTIÓN DE DOCUMENTOS FÍSICOS Y DIGITALES.....	34
Tabla 12. GESTIÓN DEL ESTADO DE DOCUMENTOS.....	35

Tabla 13. GESTIÓN DE LAS REVISIONES .....	36
---	----

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA "ALPHABETIC TOWER" .....	16
Ilustración 2. ETIQUETAS GRAVEDAD DE INTERFERENCIA .....	28
Ilustración 3. MATRIZ DE INTERFERENCIA .....	29
Ilustración 4. FLUJO DE VERIFICACIÓN DE ENTREGABLES .....	30
Ilustración 5. ORGANIGRAMA EQUIPO DE TRABAJO .....	32
Ilustración 6. FLUJO GESTIÓN DE DATOS.....	34
Ilustración 7. PROCESO PARA LA GENERACIÓN DE MODELO BIM 3D.....	37
Ilustración 8. PROCESO PARA LA GENERACIÓN DE MODELO BIM 4D Y 5D.....	38
Ilustración 9. PROCESO PARA LA VERIFICACIÓN Y MODIFICACIÓN DEL MODELO..	39
Ilustración 10. PROCESO PARA EL INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN CON LOS AGENTES INTERESADOS .....	40
Ilustración 11. PROCESO PARA LA ENTREGA FINAL DEL PROYECTO AL PROMOTOR .....	41
Ilustración 12. REJILLAS .....	44
Ilustración 13. NIVELES .....	44
Ilustración 14. PLACA DE CIMENTACIÓN .....	45
Ilustración 15. CIMENTACIÓN EN 3D .....	46
Ilustración 16. CIMENTACIÓN EN PLANTA .....	46
Ilustración 17. COLUMNAS NÚCLEO EXTERNO .....	46
Ilustración 18. COLUMNAS NÚCLEO INTERIOR .....	47
Ilustración 19. COLUMNAS .....	47
Ilustración 20. REJILLA VIGAS .....	48
Ilustración 21. VIGAS .....	48
Ilustración 22. CERCHA NÚCLEO CENTRAL.....	49
Ilustración 23. CERCHA EXTERNA.....	49
Ilustración 24. CERCHA .....	50
Ilustración 25. CERCHA - COLUMNA EXTERNA.....	50
Ilustración 26. CERCHA DE PISOS .....	51
Ilustración 27. PISOS.....	51
Ilustración 28. ESCALERA TIPO .....	52
Ilustración 29. SECCIÓN DE ESCALERA .....	53
Ilustración 30. ESCALERA.....	53
Ilustración 31. NUCLEO CENTRAL ESFERA.....	54
Ilustración 32. ISOMETRICO BASE ESFERA.....	55
Ilustración 33. ESFERA.....	55

# 1. INTRODUCCIÓN

Se ha visto muy intermitente la aplicación de la metodología BIM en los proyectos constructivos, y en la mayoría de países latinoamericanos, la educación universitaria hasta ahora está aplicando los primeros brochazos al estudiante para que pueda enfrentarse al mundo profesional con algo de conocimiento. Estos conocimientos, seguro serán limitados, y no terminarán de convencer al nuevo profesional para que se arriesgue e intente implementar esta metodología, la cual tarde o temprano se volverá requisito. Buscando una forma de mejorar el aprendizaje y aclarar la razón de ser de esta metodología, se ha querido buscar un punto de partida que aclare los cambios positivos que presenta esta metodología en un proyecto constructivo. A partir de lo anterior, el presente abarcará la necesidad planteada y buscará lograr con el cometido de ayudar a implementar esta metodología en cualquier ámbito ingenieril.

Siempre se ha visto que la mayor escuela para un profesional es el mismo trabajo, en este los conocimientos se refuerzan y se empieza a clarificar el porqué de algunos conceptos académicos. Tener como guía un proyecto real que logré sacar de mil dudas en función de la forma en la que se debo y no, aplicar un conocimiento en un caso real, es la mejor metodología que se puede usar para afianzar los conceptos académicos. Este proyecto busca ser una guía que permita dar la confianza para poder enfrentarse un ingeniero a un primer proyecto con metodología BIM.

Se buscará como primera instancia identificar las grandes diferencias que conllevan la aplicación de los dos métodos, BIM y tradicional, partiendo del hecho de lograr visualizar posibles mejoras una con la otra y en función de escalar los conceptos, poder aplicarlos en diferentes proyectos civiles. Visualizar el proyecto evitando cualquier posible contratiempo y dimensionar fácilmente el producto final que será entregado. Comenzando con una organización documental con ayuda de un plan de ejecución BIM, pasando por un modelo 3D y finalmente presentando un modelo, serán los puntos importantes de aplicación que permita acercarse lo más posible a un concepto completo de metodología BIM. Estos parámetros serán aplicados al proyecto “Alphabetic Tower”, proyecto ya construido que por ese mismo hecho permitirá conocer las mejoras en un posible aplicado BIM, partiendo de experiencias reales y contraponiéndolas a la facilidad en cuestión de modelación, planificación y gestión.

## ALCANCE

Se incluirá dentro de esta implantación BIM la construcción del proyecto en las áreas estructurales y de cimentación únicamente; permitiendo la completa puesta en marcha de las anteriormente mencionadas constructivamente hablando. De igual forma toda concepción inicial en función de tiempos, recursos y planificación del proyecto serán presentadas, así mismo como la programación constructiva de las áreas en mención.

Se abarcarán los 3 pilares principales de la metodología BIM, un Plan de Ejecución que logre gestionar las entregas del proyecto junto con sus respectivos tiempos y responsables, de esta forma garantizar una ejecución completa y organizada mitigando lo mayor posible cualquier discrepancia causada durante la ejecución del proyecto; seguido a esto se presentará un modelo 3D completo del proyecto visualizando las áreas de cimentación y estructura identificando todos sus elementos según sus características basados en una categoría LOD que permita conocer el nivel de detalle de cada uno, y finalmente un modelo 4D, que incluya la simulación constructiva de acuerdo a una planificación en Project, que enlace los elementos modelados en 3D junto con los tiempos de ejecución en la construcción.

## OBJETIVOS DE ESTUDIO

- Implementar metodología BIM en un proyecto constructivo real.
- Realizar plan de ejecución BIM (BEP) controlando y planificando recursos y agentes que intervienen en la ejecución del proyecto nombrado
- Realizar modelación digital del proyecto 2D-3D-4D permitiendo la ejecución constructiva del mismo
- Definir niveles de detalle de cada elemento modelado de acuerdo a la importancia del mismo en el proyecto.
- Comparar metodologías contrarias (tradicional y BIM) en función de sus ventajas y mitigación de dificultades presentadas al construir.
- Realizar recomendaciones a partir de los resultados obtenidos del BEP y de la modelación digital

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

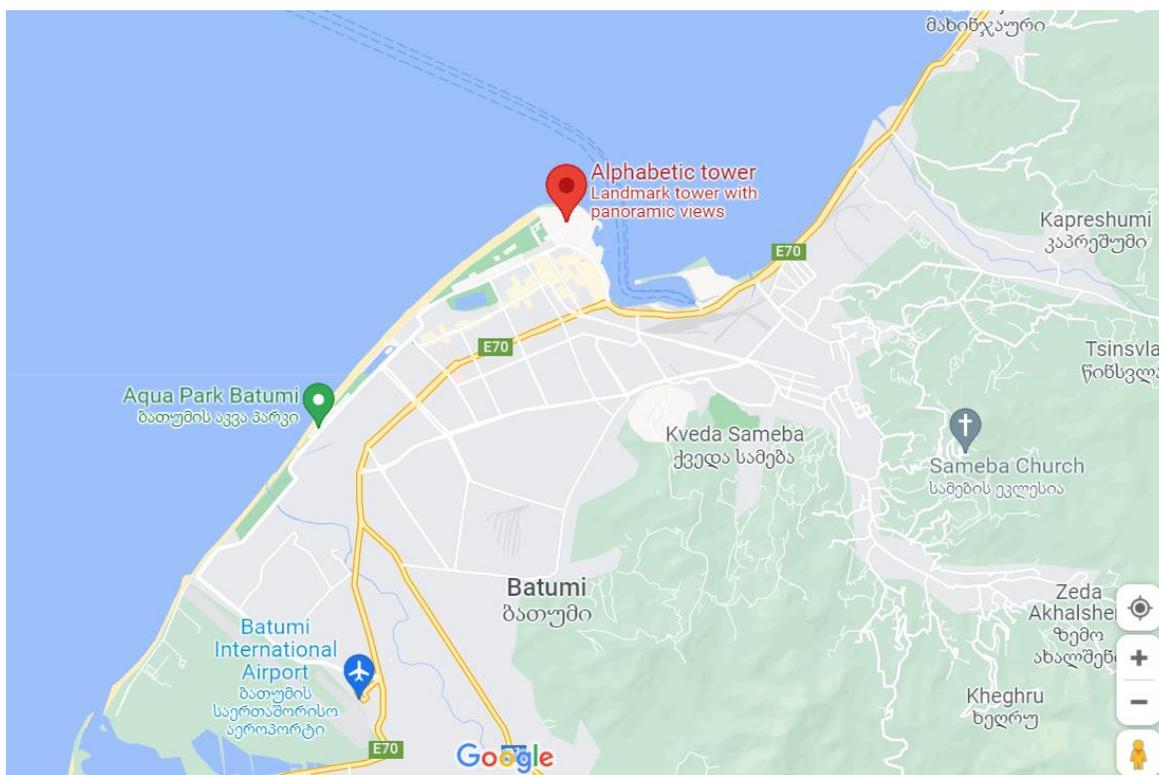
“Alphabetic Tower” proyecto de edificación tiene como objeto ser una insignia para el país, República de Georgia, queriendo mostrar orgullo por su alfabeto, permitiendo ser a la vez un mirador de la ciudad y un proyecto que permita ser un punto de inflexión para la ingeniería local.

Torre construida bajo el concepto de estructura metálica con metodología de construcción prefabricada, con una altura de 129.5 m sobre la base con una esfera geodésica como cubierta, formada por triángulos isósceles de cristal, varios pisos de observatorios, ascensor y escaleras de acceso, restaurante, zona de estudio y con el alfabeto gregoriano como toque arquitectónico.

### Localization

Está localizada en Batumi, República de Georgia, ubicada sobre una zona costera, a pocos kilómetros del aeropuerto sobre la zona turística de la ciudad. En la Ilustración 1 se visualiza geográficamente la ubicación del proyecto.

Ilustración 1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA "ALPHABETIC TOWER"



Fuente: Google Maps

## Estructura

- Cimentación: Cuenta con una losa de cimentación en forma poligonal con 17 m de diámetro del centro a uno de sus vértices, 4 m de profundidad mas 0.1 m de base de los cimientos, taludes a los costados con material de relleno para mejorar estabilidad que recibe por carga de empotramiento todo el peso de la estructura.
- Estructura metálica: Secciones en su mayoría simétricas con formada por columnas y vigas en secciones circulares con cercha en todo el contorno de los núcleos interno y externo. Secciones de 10.8 m de alto x 6.12 m la ancho, entre eje y eje. Cuenta con anillo de unión en cada sección, unidos estos con la estructura circular por uniones metálicas circulares que recibe toda la carga por cerchas.
- Losas: 5 pisos con carga viva distribuidos en restaurante, estudio y observatorios, unidos entre ellos por cerchas con piso en concreto en forma poligonal, estos ubicados dentro de la esfera.

## Adicionales

- Escaleras: Escaleras simétricas entre la planta 1 hasta cúspide de la torre, con barandillas en vidrio, con dos descansos entre par de niveles.
- Esfera: Esfera de 28 m de diámetro en estructura metálica con espacios intersticiales rellenos con vidrio en forma de triángulos isósceles, vista translúcida de adentro hacia afuera.
- Cercha externa: Cercha externa como soporte para la ubicación del alfabeto gregoriano, 33 letras en total, esto en forma de elipse rodeando la torre con dos astas. Cercha únicamente con perfiles verticales transversalmente a la cercha del núcleo externo. En esta se apoyarán las letras del alfabeto por uniones metálicas, están van ubicades desde la planta 1 hasta el extremo final de las columnas.

## 2. MARCO TEÓRICO

### METODOLOGÍA BIM

BIM (Building Information Modeling) valor agregado por el seguimiento constante en un proyecto mediante la recopilación e intercambio de modelos 3D, 4D, 5D, permitiendo compartir los datos ordenados, estructurados, gestionados que están vinculados entre ellos en función de manejar la interdisciplinariedad entre todos los agentes involucrados. (UK BIM Task Group. 2014).

### PLAN DE EJECUCIÓN BIM

Documento vivo adaptable a cada proyecto que busca organizar la información en función del ciclo de vida de un proyecto, facilitando la distribución entre los agentes interesados mitigando cualquier adversidad durante la ejecución del proyecto. (Spanish Journal of BIM, 2014)

### FAMILIA

Elemento o conjunto de elementos que comparten o tiene una o varias características particulares que permitirá identificar el momento de su uso en el proyecto, estas características van desde dimensiones como material.

### 3. BEP (PLAN DE EJECUCIÓN BIM)

#### PLAN DE EJECUCIÓN

##### Objetivos

- ✓ Definir las metodologías, estrategias y procesos requeridos según el cliente para la ejecución BIM del proyecto constructivo “Torre del Alfabeto”.
- ✓ Documentar cada uno de los procesos a ejecutar que permitan dar cumplimiento con los estándares BIM requeridos en el proyecto “Torre del Alfabeto”.
- ✓ Determinar los roles y responsabilidades de cada agente involucrado en la ejecución del proyecto, así como el alcance de la información y documentación manejada para dar cumplimiento con las especificaciones dadas.
- ✓ Prevenir y, en caso necesario, solucionar a tiempo cualquier contratiempo que genere obstrucción en el flujo continuo del proyecto, minimizado cualquier tipo de imprevistos durante la ejecución BIM.
- ✓ Unificar todos los agentes que participan en el proyecto para ver un constante trabajo en equipo y en concordancia unos con otros, permitiendo que durante el desarrollo del proyecto se presenten constantemente cadenas de trabajo.

##### Alcance

En función de dar cumplimiento con los objetivos del presente BEP, se incluirá en este mismo el completo desarrollo constructivo del proyecto “Torre del Alfabeto”, definido en 3 grandes áreas, cimentaciones, estructura y arquitectura; los anteriores darán cumplimiento hasta la fase 6 del ciclo de vida del proyecto (1. Estrategia, 2. Estudios previos, 3. Anteproyecto, 4. Proyecto básico, 5. Diseño y 6. Construcción).

El desarrollo del proyecto “Torre del Alfabeto” estará bajo un nivel 2 BIM, incluyendo en el mismo la modelación de costos y proceso constructivo. Cumpliendo con los parámetros requeridos para cumplir con la fase 6 del ciclo de vida del proyecto y con el nivel 2 BIM, se partirá de la información base del proyecto, ya sea requerimientos fijos hasta información previa relevante.

## Revisiones

Para realizar el seguimiento requerido al desarrollo del proyecto y al plan de ejecución BIM, se dispondrá de un formato de registro en donde se indiquen cualquier clase de cambio que este documento sufra, defino a la conexión directa de este documento con el modelo, es vital conocer los cambios constantes que se realizarán en la ejecución del proyecto.

Cada cambio que se realice deberá contener la versión actual, el responsable del cambio, la fecha actualizada y firma que autoriza y da viabilidad del cambio para que los agentes puedan hacer usos del documento mismo, así mismo, de forma resumida se justificará la razón del cambio de documento indicando la zona de los cambios. Se utilizará la TABLA 1 para dar cumplimiento al requerimiento.

*TABLA 1. MODIFICACIONES BEP*

<b>VERSIÓN</b>	<b>FECHA</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>MOTIVOS MODIFICACIÓN</b>	<b>AUTORIZA</b>
V1	DD/MM/AA	Nombre - Apellido - Cargo	Especificaciones y zona de cambio	Nombre - Apellido - Cargo
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
VF	DD/MM/AA	Nombre - Apellido - Cargo	Especificaciones y zona de cambio	Nombre - Apellido - Cargo

## PROYECTO

### Datos del proyecto

*TABLA 2. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO*

<b>PROYECTO</b>	Torre del Alfabeto
<b>UBICACIÓN</b>	Batumi, Adjara, República de Georgia
<b>FECHA DE INICIO</b>	Enero 2010
<b>FECHA DE FINALIZACIÓN</b>	Enero 2011
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Torre de 130 m de alto con una esfera de 31 m de diámetro ubicada en la punta de la torre, ésta tiene una distribución en forma de ADN con dos hélices que incluyen en ellas las 33 letras del alfabeto georgiano moderno.

## Hitos del proyecto

TABLA 3. HITOS RELEVANTES DEL PROYECTO

N.º	HITO	ENTREGABLE	FECHA INICIO	FECHA ENTREGA
<b>1</b>	<b>Acta de inicio del proyecto</b>			
	1.1	Gestión del proyecto		
	1.2	Reuniones e informes		
	1.3	Definición de entregables		
	1.4	Recopilación información		
<b>2</b>	<b>Prediseño</b>			
	2.1	Visita de campo		
	2.2	Estudio de alternativas		
	2.3	Diseño preliminar		
	2.4	Planos preliminares		
	2.5	Presupuesto base		
<b>3</b>	<b>Diseño</b>			
	3.1	Memorias de calculo		
	3.2	Planos		
	3.3	Presupuesto		
	3.4	Programación		
	3.5	Pliego		
<b>4</b>	<b>Licencia</b>			
	4.1	Documentación previa		
	4.2	Requerimientos		
	4.3	Aprobación		
<b>5</b>	<b>Construcción</b>			
	5.1	Preliminares		
	5.2	Topografía		
	5.3	Excavaciones		
	5.4	Cimentaciones		
	5.5	Estructura		
	5.6	Arquitectura		
<b>6</b>	<b>Entrega preliminar</b>			
	6.1	Entrega parcial Cimentación		
	6.2	Entrega parcial Estructura		
	6.3	Entrega parcial Arquitectura		
<b>7</b>	<b>Entrega final y recibido</b>			
	7.1	Entrega final		
	7.2	Recibido		
	7.3	Aprobado		

N.º	HITO	ENTREGABLE	FECHA INICIO	FECHA ENTREGA
<b>8</b>	<b>Finalización de la construcción</b>			
	8.1	Documentación		
	8.2	Revisión		
	8.3	Pólizas		
<b>9</b>	<b>Puesta en marcha</b>			
	9.1	Operación		

## Objetivos y requerimientos BIM del cliente

Con propósito de buscar una alta satisfacción del cliente en la elaboración de su proyecto, en la Tabla 4 se evidencian los requerimientos y objetivos que busca el cliente con la aplicación BIM en el proyecto; este enlistado de requerimientos y objetivos deben ser completamente medibles, de tal forma los agentes deben asegurar que se cumplan en su totalidad.

*Tabla 4. OBJETIVOS Y REQUERIMIENTOS BIM DEL CLIENTE*

OBJETIVOS - REQUERIMIENTOS (BIM)	COMPROBACIÓN	
	CUMPLE	NO CUMPLE
1. Minimizar los sobrecostos en la ejecución del proyecto		
2. Organizar toda la documentación en un solo lugar lo cual permita facilitar la revisión y seguimiento del proyecto		
3. Conocer con anterioridad el proyecto final real a nivel digital, dar validación o no de su estado final, conociendo también la forma de ejecución constructiva		
4. Facilitar el trabajo multidisciplinario de todos los agentes responsables del proyecto		
5. Optimizar el tiempo de ejecución del proyecto, enfocado en aquellas actividades que generen cambios en otras áreas y generen contratiempos según la proyección inicial		
6. Facilitar el estudio presupuestal del proyecto, a nivel de cotes y sobrecostos del proyecto		

## MODELO

### Usos BIM

#### I. Visualización

- Mejora del proceso de diseño y anticipar la toma de decisiones.
- Uso continuo de una maqueta digital que mejora la comprensión del proyecto desde etapas tempranas de ejecución.

- II. Coordinación 3D
  - Integración de diferentes modelos en uno solo, permitiendo la coordinación de todas las disciplinas (arquitectura, estructura, instalaciones, entre otras)
  - Comprobación de interferencias entre los elementos de los distintos modelos relacionando entre ellos los entes involucrados (arquitectura-instalaciones, estructura-instalaciones, arquitectura-estructura)
- III. Obtención de documentación 2D
  - Obtención de toda la información gráfica a partir de los modelos realizados, asegurando que cualquier cambio de realizado en el modelo este automáticamente efectuado en los planos
  - Los detalles serán estipulados de acuerdo a la relación esfuerzo-beneficio, ya que el nivel de estos detalles estará determinado por el uso requerido en el proyecto.
- IV. Obtención de mediciones
  - Cuantificación de los elementos para obtener el presupuesto del proyecto y asegurar la coherencia con el resto de la documentación
- V. Recorridos virtuales (AR-VR)
  - Obtención de videos con interacción virtual del proyecto
  - Facilidad al construir, tomar decisiones y comprender a detalle las fases de instalación y toma de decisiones en obra
- VI. Simulaciones constructivas
  - Permite conocer previo la construcción la forma virtual del plan de obra pensado, conociendo la forma de ejecución y los trabajos de la misma
  - Reduce riesgos e incertidumbre mediante la detección anticipada de posibles altercados
- VII. Replanteo de obra
  - Incorporación en el modelo de información geográfica, mejorando la precisión de coordenadas del proyecto, así como los elementos del mismo

VIII. Listado de repaso

- Utilización de dispositivos tecnológicos portátiles que faciliten la creación de informes y reportes frecuentes del estado actual del proyecto, dando control a deficiencias o incidencias

IX. Gestión de interesados

- Modelo utilizado también para la presentación del proyecto a todos los entes interesados, facilitando su interpretación y visualización del final.

X. Seguimiento de obra

- Controla el avance de la obra, mediciones y costes de contratistas o del mismo cliente

De acuerdo a los usos BIM expuestos anteriormente, en la Tabla 5 se expone la relación de cada uno con los hitos del proyecto, se incluirá el nivel de prioridad en cada uso, baja, media o alta.

*Tabla 5. PRIORIDAD DE LOS USOS BIM EN LOS HITOS DEL PROYECTO*

USOS BIM	HITOS DEL PROYECTO							
	Acta de inicio	Prediseño	Diseño	Licencia	Construcción	Entregas	Cierre	Puesta en marcha
Visualización	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Coordinación 3D	Alta	Alta	Alta	Baja	Alta	Alta	Alta	Alta
Documentación 2D	Media	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	Media
Mediciones	Media	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Baja
Recorrido virtual	Baja	Baja	Baja	Baja	Alta	Alta	Alta	Alta
Simulaciones constructivas	Baja	Media	Media	Baja	Alta	Alta	Alta	Baja
Replanteo	Media	Media	Media	Baja	Alta	Alta	Alta	Baja
Listado de repaso	Media	Media	Alta	Baja	Alta	Alta	Alta	Media
Gestión de interesados	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Seguimiento de obra	Media	Media	Media	Alta	Alta	Alta	Alta	Baja

## ENTREGABLES BIM

### Listado de entregables

En la Tabla 6 se enlistarán los entregables BIM incluyendo la fase del proyecto donde cada uno interviene y la información específica de la entrega. Cada connotar que las fechas de entregas pueden ir variando a medida que se ejecute el proyecto, esto debido a los diferentes incidentes que se puedan presentar.

Tabla 6. INFORMACIÓN GENERAL ENTREGABLES BIM

ENTREGABLE	FASE DEL PROYECTO	FECHA DE ENTREGA	RESPONSABLE DE LA ENTREGA	FORMATO DE ENTREGA	MÉTODO DE ENTREGA
Plan de ejecución BIM (BEP)	1-2-3	01-09-21	Ing. David Acevedo	PDF	DIGITAL
Modelado de cimentación	2-3-4-5	02-10-21	Ing. David Acevedo	RVT.	DIGITAL
Modelado estructural	2-3-4-5	15-10-21	Ing. David Acevedo	RVT.	DIGITAL
Modelado arquitectónico	2-3-4-5	30-10-21	Ing. David Acevedo	RVT.	DIGITAL
Modelo 4D (planificación constructiva)	5-6	15-11-21	Ing. David Acevedo	NWD-MPP	DIGITAL
Modelo 5D (costos y presupuesto)	5-6	30-11-21	Ing. David Acevedo	NWD-MPP	DIGITAL
Derivados del proyecto	4-5-6	20-12-21	Ing. David Acevedo	RVT.	DIGITAL - PAPEL

### Nivel de detalle gráfico

En caso que el promotor del proyecto no haya definido previamente los niveles de detalle del modelo, se tendrá que tener en cuenta este apartado como guía en el detalle de los elementos del proyecto a modelar. Para lo anterior se definirán los niveles, LOD (Level Of development), de acuerdo claramente a las necesidades requeridas. Se tendrán en cuenta los siguientes LOD (Bedrick, 2020):

- LOD 100: Representación genérica del objeto en el modelo, no son representaciones geométricas, son objetos que representen su existencia, pero no su composición geométrica
- LOD 200: Objeto representado geoméricamente, se reconocen los objetos que representa permitiendo determinar el espacio que representa en el modelo general.
- LOD 300: Esta representado tan cual esta esta diseñado, en función del tamaño, forma y ubicación no requiere anotaciones adicionales para conocer las especificaciones.

- LOD 350: Elementos representados con el objetivo de conocer la coordinación que tienen estos con otros elementos, se encuentran entre ellos conexiones y soportes, se representa su tamaño, forma y ubicación.
- LOD 400: Objeto modelado con el suficiente detalle y precisión para su fabricación, información como tamaño, forma y orientación son medibles directamente del modelo.

En la Tabla 7 se enlistan por disciplina los elementos que se van a modelar incluyendo su nivel de detalle LOD de acuerdo a las anteriores definiciones.

*Tabla 7. NIVEL DE DETALLE LOD POR ELEMENTO*

<b>DISCIPLINA / ELEMENTOS</b>	<b>NIVEL LOD</b>
<b>CIMENTACIÓN</b>	
Niveles	400
Zona	300
Rejilla	400
Zapatas	400
Anclajes	300
Perforaciones	300
Fundaciones	400
<b>ESTRUCTURA</b>	
Columnas	400
Vigas	400
Barras	400
Conexiones	200
Soporte alfabeto	350
Alfabeto Gregoriano	400
Escaleras	300
Ascensor	300
Esfera	400
Losas	350
<b>ARQUITECTURA</b>	
Habitaciones	350
Baños	300
Muros	350
Puertas	350
Mueblería	300
Ventanas	300
Carpintería	300
Detalles	300

## ORGANIZACIÓN DEL MODELO

### Estructura de datos de ficheros

Se describe a continuación la forma en la que se almacenan los archivos a presentar, describiendo el modelo de fichero del archivo.

- Código disciplina – Fecha modificación – Proyecto – Versión

La disciplina estará dividida en cimentación, estructura o arquitectura, con los códigos CIM, EST, ARQ respectivamente. La fecha de modificación será escribirá como día, mes y año. El proyecto siempre tendrá el mismo nombre “AlphabeticTower” y la versión siempre numérica 01-02-03 de acuerdo a los cambios efectuados. Como simplemente ejemplo de lo anterior ARQ-010821-ALPHABETICTOWER-01.

### Clasificación de elementos constructivos

Esta clasificación tiene como propósito mejorar la gestión de los modelos que se presentan, permitiendo tener los elementos del mismo organizados de acuerdo a una clasificación previa. Esta clasificación en caso de no estar especificada por el promotor, se realizará con base en la clasificación Omniclass (clasificación internacional de una industria de construcción norteamericana), está previamente avalada por los entes encargados y con propósito de facilitar empalmes con otras clasificaciones internacionales.

Omniclass cuenta con 15 tablas distintas de organización, cada una agrupa componentes específicos que garanticen el orden y la facilidad de interpretación de los elementos del proyecto. Se prevé utilizar únicamente 3 de las 15 tablas disponibles, tabla 41 (materiales), tabla 21 (elementos) y la tabla 12 (entidades del sistema constructivo).

Únicamente estarán asociadas a los elementos modelados para que faciliten su entendimiento en el modelo y en caso de requerir algún cambio, facilitar el mismo en la

Tabla 8 se enlistan 3 elementos del proyecto, pero dependerá del modelador que clasificación utilizar por elemento, la

Tabla 8 únicamente es una guía del proceso que debe llevarse a cabo.

*Tabla 8. CLASIFICACIÓN OMNICLASS POR ELEMENTO*

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	CÓDIGO	ELEMENTO
Omniclass Tabla 21	21-01 10 10 30	Columna de fundación
Omniclass Tabla 21	21-02 10 80 60	Escapes de incendios
Omniclass Tabla 21	21-04 10 10 10	Ascensores

### Matriz de interferencias

Esta matriz tiene como objeto comprobar todas las posibles interferencias presentadas entre los diferentes elementos del proyecto, parte de la filosofía BIM es poder identificar a tiempo estas interferencias dando solución a problemas de coordinación entre las diferentes disciplinas que maneja el proyecto.

Para evitar interferencias durante la ejecución o al menos identificarlas a tiempo, se debe priorizar la posibilidad de una interferencia entre elementos mediante etiquetas de gravedad donde se evidencien claramente la afectación de esta interferencia en la ejecución del proyecto, para que al tener esto claro, prestar más atención a dichos elementos y minimizar al máximo que se produzca la interferencia. En la Ilustración 2, obtenida de la guía transversal BIM implantado en España (esBIM), se visualiza las etiquetas tenidas en cuenta para identificar las interferencias mayor afectación en el proyecto.

*Ilustración 2. ETIQUETAS GRAVEDAD DE INTERFERENCIA*

		ÍNDICE DE GRAVEDAD		
		A	B	C
ÍNDICE DE GRAVEDAD	A	1	2	3
	B	2	3	4
	C	3	4	5

*Fuente: esBIM Guía transversal*

A partir de estas etiquetas de riesgo, se evaluará todas las posibles interferencias de todos los elementos incluidos en el proyecto y en el desarrollo del proyecto se enfocará el trabajo en estas. La guía esBIM, así como ofrece etiquetas de riesgo, realizó un análisis completo de las posibles interferencias vistas en un proyecto de construcción, de esta guía se extraerán las interferencias previstas directamente en este proyecto y de acuerdo al color de etiqueta evaluado por esBIM, se analizará su afectación.

En la Ilustración 3 se evidencia una fracción de la matriz que esBIM ofrece en su guía. Cada descripción esta etiquetada por una letra, estas letras determinaran la gravedad de la interferencia en caso que se produzcan. De acuerdo a la Ilustración 2 las etiquetas A-A que se cruzan representarán gran afectación en el proyecto, pero las etiquetas C-C tienen afectación mínima en el proyecto. Cada interferencia que se desee estudiar estará determinada por el modelador y los diferentes entes disciplinarios, como anexo a este documento, se presentará toda la matriz de interferencia esBIM, de acá se obtendrán las interferencias a estudiar.

Por cada caso de interferencia con gravedad alta, se debe verificar está en los diseños, garantizando que durante la ejecución el proyecto no se vaya a presentar, en caso de realizar la verificación y se percate la interferencia, el diseño debe cambiar cuantas veces sea necesario hasta garantizar la no interferencia.

Ilustración 3. MATRIZ DE INTERFERENCIA

		ÍNDICE DE GRAVEDAD															
ÍNDICE DE GRAVEDAD	CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS	ÍNDICE DE GRAVEDAD															
		A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C
	Código	Descripción	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C
O	ARC	Acondicionamientos.Drenajes.Canalizaciones															
C	ARC.E	Acondicionamientos.Drenajes.Canalizaciones.Estanca															
C	ARC.P	Acondicionamientos.Drenajes.Canalizaciones.Porosa															
O	C	Cimentaciones															
O	CC	Cimentaciones.Contenciones															
A	CCM	Cimentaciones.Contenciones.Muros															
A	CCP	Cimentaciones.Contenciones.Pantallas															
A	CCT	Cimentaciones.Contenciones.Taludes															
O	CP	Cimentaciones.Pilotes															

		ÍNDICE DE GRAVEDAD															
ÍNDICE DE GRAVEDAD	CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS	ÍNDICE DE GRAVEDAD															
		A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C
O	ARC	Acondicionamientos.Drenajes.Canalizaciones															
C	ARC.E	Acondicionamientos.Drenajes.Canalizaciones.Estanca															
C	ARC.P	Acondicionamientos.Drenajes.Canalizaciones.Porosa															
O	C	Cimentaciones															
O	CC	Cimentaciones.Contenciones															
A	CCM	Cimentaciones.Contenciones.Muros															
A	CCP	Cimentaciones.Contenciones.Pantallas															
A	CCT	Cimentaciones.Contenciones.Taludes															
O	CP	Cimentaciones.Pilotes															

Fuente: esBIM Guía transversal

## Origen de coordenadas

El sistema de coordenadas utilizadas para la ubicación del proyecto será UTM, coordenadas 41°39'21" N – 41°38'22" E.

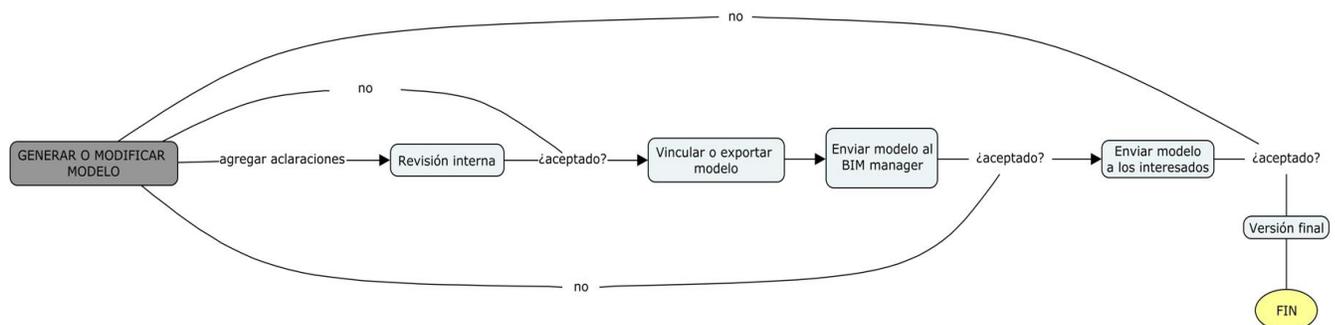
## Unidades modelo

Se manejarán como unidad principal el metro (m) con 3 decimales de exactitud para todas las medidas manejadas, en caso que algunos detalles dentro de los modelos presenten otras unidades de medida por dimensiones o demás, estarán explícitas en los planos finales.

## VERIFICACIÓN DE ENTREGABLES

La verificación de los entregables estará definida inicialmente por el alcance de cada uno, estipulado por el promotor o por el BIM manager. Al definir lo anterior se comprobará que haya cumplido satisfactoriamente con los requerimientos estipulados. En caso que el promotor no especifique un flujo de revisión para cada entregable, se tendrá en cuenta el flujo mostrado en la Ilustración 4 donde se especifica el paso previo que debe cumplir cada entregable antes de ser enviado a los coordinadores de disciplina para su aprobación.

Ilustración 4. FLUJO DE VERIFICACIÓN DE ENTREGABLES



Cada vez que no cumpla con el flujo el modelo tendrá que ser cambiado las veces que sea necesario, sin embargo, es posible estar modificando el modelo y a la vez tener que presentar un reporte de avance del mismo, por tal motivo se debe tener en cuenta un cuadro de seguimiento en el que se actualice continuamente y represente el estado actual de cada entrega.

Este mismo cuadro debe contener el proceso en el cual se encuentra el modelo y conocer el encargo de dicho proceso, de tal forma, controlar el tiempo de revisión y el tiempo de modificación.

En caso que el modelo cumpla de forma parcial los requerimientos también se debe identificar el caso, entre mayor sea la especificación del estado de la entrega más eficiente será su verificación. En la Tabla 9 se especifica el cuadro a seguir en caso que el promotor no especifique uno, la información ilustrada es únicamente guía.

*Tabla 9. CONTROL VERIFICACIÓN ENTREGAS*

<b>FECHA</b>	<b>ENTREGA</b>	<b>ESTADO</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
01-08-21	Modelo arquitectónico	Revisión	BIM manager	-
05-08-21	Modelo estructural	Modificación	Modelador	Incompleto
10-08-21	Modelo cimentación	Entregado	Promotor	Aceptado

## RECURSOS

### Recursos humanos

Es importante tener claro el equipo con el que se va a trabajar, así mismo como tener definidas sus responsabilidades y las intervenciones que tendrán en el proyecto. Las funciones de cada uno están definidas desde inicios del proyecto de acuerdo a sus habilidades y capacidades, están deben siempre cumplirse y garantizar el trabajo en equipo.

#### Director del proyecto:

- Desarrollar los protocolos BIM del cliente (alcance, acta de constitución y plan de gestión)
- Definir los objetivos y usos BIM
- Definir los agentes que intervienen en el proyecto
- Gestionar los cambios en el proyecto
- Mantener el proyecto en coste y plazos

#### Director técnico BIM:

- Dar cumplimiento al BEP
- Controlar el flujo de la información entre todos los agentes que intervienen en el proyecto
- Establecer los niveles de detalle
- Gestionar el modelo y los cambios en el mismo
- Canal de comunicación con el promotor
- Garantizar la interdisciplinariedad

Equipo disciplinario:

- Administrar el diseño
- Producción del diseño en una disciplina determinada

Coordinador BIM:

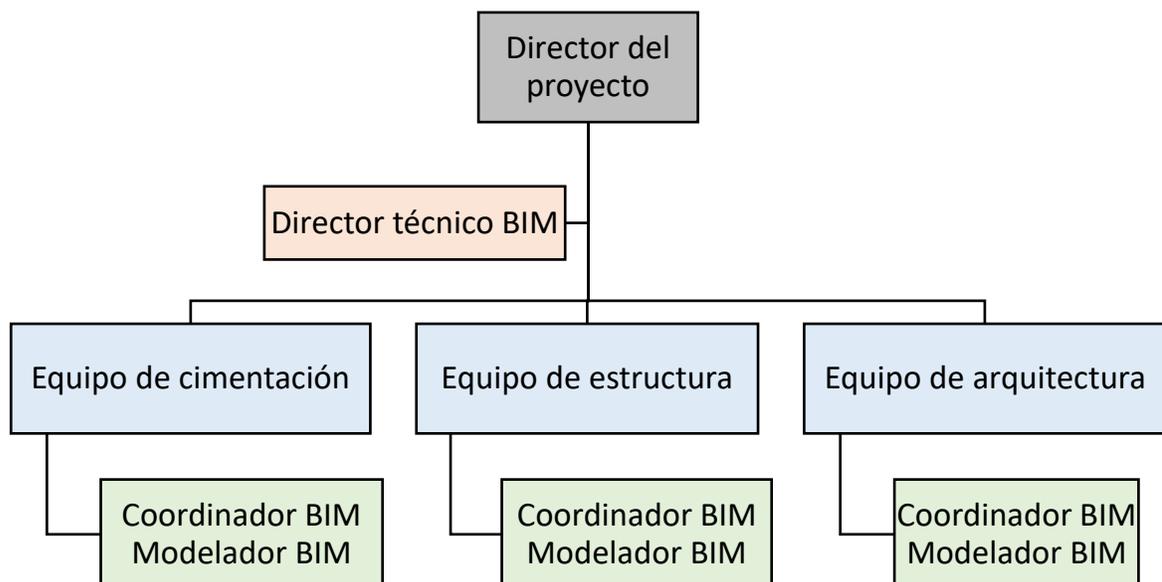
- Realizar el chequeo de verificación de calidad del modelo
- Asegurar compatibilidad del modelo BIM con las demás disciplinas del proyecto

Modelador BIM:

- Debe tener conocimientos en construcción
- Exportación de planos
- Creación de visualización 3D
- Garantizar los requerimientos del diseño
- Coordinar el trabajo con los entes externos que intervienen con el proyecto

De acuerdo con lo anterior, en la Ilustración 5. ORGANIGRAMA EQUIPO DE TRABAJO se muestra el organigrama del equipo de trabajo, teniendo en cuenta que dentro de los mismo habrá más de un rol.

*Ilustración 5. ORGANIGRAMA EQUIPO DE TRABAJO*



## Recursos materiales

De acuerdo a los entregables y en función de facilitar la visualización de los mismo ante cualquier interesado, en la Tabla 10 se visualiza el hardware y el software por entregable, así mismo como la versión de uso. Ante cualquier inconveniente con la lectura de un entregable, remitirse al encargado.

Tabla 10. ESPECIFICACIÓN DE HARDWARE Y SOFTWARE POR ENTREGABLE

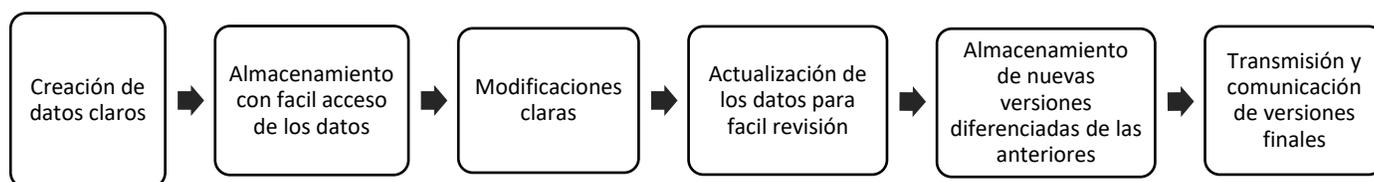
ENTREGABLES	HARDWARE	ESPECIFICACIÓN	SOFTWARE	VERSIÓN
Plan de ejecución BIM (BEP)	LENOVO ideapad 710S Plus	-Windows 10 - Intel Core i5 - 8192 MB RAM	Adobe Acrobat Reader	2019
Modelo de cimentación	LENOVO ideapad 710S Plus	-Windows 10 - Intel Core i5 - 8192 MB RAM	Revit	2019
Modelo estructural	LENOVO ideapad 710S Plus	-Windows 10 - Intel Core i5 - 8192 MB RAM	Revit	2019
Modelo arquitectónico	LENOVO ideapad 710S Plus	-Windows 10 - Intel Core i5 - 8192 MB RAM	Revit	2019
Modelación 4D (construcción)	LENOVO ideapad 710S Plus	-Windows 10 - Intel Core i5 - 8192 MB RAM	- Revit - Navisworks	2019
Modelación 5D (costos y presupuesto)	LENOVO ideapad 710S Plus	-Windows 10 - Intel Core i5 - 8192 MB RAM	- Revit - Navisworks - Excel	2019
Planos 2D	LENOVO ideapad 710S Plus	-Windows 10 - Intel Core i5 - 8192 MB RAM	- Revit - AutoCAD	2019
Informe final	LENOVO ideapad 710S Plus	-Windows 10 - Intel Core i5 - 8192 MB RAM	Adobe Acrobat Reader	2019

## GESTIÓN DE INFORMACIÓN

### Gestión de datos

Como objeto de organizar y dar control a la información del proyecto se prevé un proceso de flujo en donde se garantice que la información obtenida sea almacenada de tal forma que garantice su seguridad y fácil alcance a la misma, para cada dato extraído del proyecto se debe garantizar el proceso de la Ilustración 6 para su almacenamiento, modificación, revisión y comunicación.

Ilustración 6. FLUJO GESTIÓN DE DATOS



### Estrategia de gestión documental y archivos digitales

Para garantizar la gestión de los documentos tanto digitales como en papel, se debe cumplir con la presentación por documento de acuerdo a la Tabla 11. Estos documentos deben ser incluidos cada vez que se haga un cambio o actualización, ya sea documento nuevo o antiguo.

En caso de que haya más de un encargado del documento se deben enlistar todos, si no se tiene un lugar específico donde se ubiquen los documentos en papel, se debe especificar el número de archivo de los mismos. Si el promotor especifica una metodología diferente a la Tabla 11 para gestionar los documentos, se debe seguir las indicaciones del promotor. La información ilustrada solo es guía de algunos documentos que se presentarán en el proyecto, a medida que se vayan generando información estos documentos deben estar diligenciados en el formato.

Tabla 11. GESTIÓN DE DOCUMENTOS FÍSICOS Y DIGITALES

FECHA CREACIÓN	NOMBRE ARCHIVO	ARCHIVO ORIGINAL	TIPO DE FICHERO ALMACENADO	DOCUMENTO EN PAPEL	ULTIMA MODIFICACIÓN	ENCARGADO
01-08-21	Acta de inicio	Físico	.PDF	SI	05-08-21	Director del proyecto
-	Documentación general	Físico	.PDF	SI	-	-
-	Información previa	Digital - físico	.PDF	SI	-	-
-	Modelo estructural	Digital	.RVT	NO	-	-
-	Planos	Digital - físico	.DWG - .PDF	SI	-	-
-	Informe de avance	Digital	.PDF	NO	-	-

### Estrategia de comunicación

Para facilitar el proceso de comunicación del proyecto, ya sea información general, avances, incidencias, modificaciones, entre otras; se deberá presentar siempre el estado actual de la información, donde se identifique claramente el proceso en el que se encuentra. El estado de la información estará evaluado entre 4 opciones (en proceso, compartido, a disposición, publicado) y en manos de qué persona se encuentra en el momento. Luego de definir el estado, pasará por un proceso de aprobación definido de igual forma por 4 instancias (verificación, entregado, aprobado, archivo).

Para definir el estado del proyecto y el estado de evaluación, se seguirán con las siguientes definiciones.

- En progreso: Documentos en desarrollo, versión no verificada.
- Compartido: Documentos a disposición del equipo del proyecto luego se satisfacer el control de calidad.
- Publicado: Documentos ya disponibles a todos los agentes que intervienen en el proyecto
- Verificación: Documentos en revisión general, previo a ser enviado al promotor, garantizando el cumplimiento de los requerimientos
- Entregado: Documentos enviados al promotor a espera de la aprobación final, se espera garantizar con todas las solicitudes expuestas
- Aprobado: Documentos con el visto bueno del promotor, en proceso de firma legal requerida.
- En archivo: Documentos firmados y autorizados, almacenados en caso de ser requerido por algún ente.

Mediante la Tabla 12, que se actualizará a diario, se muestra la guía de seguimiento de la información y su encargado.

*Tabla 12. GESTIÓN DEL ESTADO DE DOCUMENTOS*

<b>DOCUMENTOS</b>	<b>ESTADO</b>	<b>ENCARGADO</b>	<b>FECHA ÚLTIMA DE MANIPULACIÓN</b>
Modelado 3D	En proceso	Modelador	01-08-21
Modelado 3D	Verificación	Coordinador BIM	01-09-21
Modelado 3D	Entregado	Promotor	15-09-21
Modelado 3D	Aprobado	Agentes legales	20-09-21
-	-	-	-

Como complemento a lo anterior, se definirán también los formatos en los cuales se presentarán los reportes requeridos por los interesados en cualquier momento durante el desarrollo. Para esto se definirá el contenido mínimo resumen de cualquier reporte, junto con la metodología de entrega de los mismos; en caso que se estipule lo contrario, cada reporte será presentado en una reunión formal. Estas reuniones deberán cumplir con acta, dejará constancia en todo momento de la revisión de la entrega

En la Tabla 13 se define estos conceptos, donde se combinan los reportes juntos con el formato de reunión por reporte, se contempla que en una reunión se presenten aviso reportes; se aclara que estas reuniones serán previamente agendadas y los asistentes deberán conocer el objeto con la misma anterioridad, importante aclarar en su totalidad el objetivo de la reunión para que al final de ella, la revisión de los entregable quede completamente subsanada. La Tabla 13 es únicamente guía de seguimiento de este requerimiento. En caso que los asistentes no puedan hacer parte de la reunión, se debe cancelar y reprogramar la presentación de la revisión, para mitigar esto, comunicar sobre la reunión con el mayor tiempo de anterioridad posible.

*Tabla 13. GESTIÓN DE LAS REVISIONES*

<b>FECHA DE REUNIÓN</b>	01-08-21
<b>HORA FIN</b>	9:00 h
<b>HORA INICIO</b>	13:00 h

<b>TIPO DE INFORME</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>CANAL</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>RECEPTOR</b>
Presentación modificaciones modelo 3D	De acuerdo a la corrección realizadas en el modelo, se presentará la versión final del mismo	Presencial	Coordinador Bim	Coordinador de proyecto
-	-	-	-	-

## PROCESOS BIM

Facilitando la ejecución del proyecto con base en la filosofía BIM, se definen los procesos BIM para cada uno de los posibles escenarios que se presenten cuando se empiece con la ejecución, se hace un barrido desde la generación de modelos 3D (Ilustración 7), modelos de 4D y 5D (Ilustración 8), proceso a seguir en caso que se requieran modificaciones luego de verificar las entregas (Ilustración 9), proceso para el intercambio de información con los agentes involucrados (Ilustración 10) y por último, proceso de presentación para la aprobación final de promotor (Ilustración 11).

La elaboración de estos mapas de procesos se realizó con ayuda del software gratuito en lineal DRAW.IO, cada uno incluye los responsables de cada fase y los entregables finales que se deben obtener luego de finalizar el proceso. Al ser este documento, un informe vivo, se está abierto a incluir procesos adicionales en caso de ser necesario.

Ilustración 7. PROCESO PARA LA GENERACIÓN DE MODELO BIM 3D

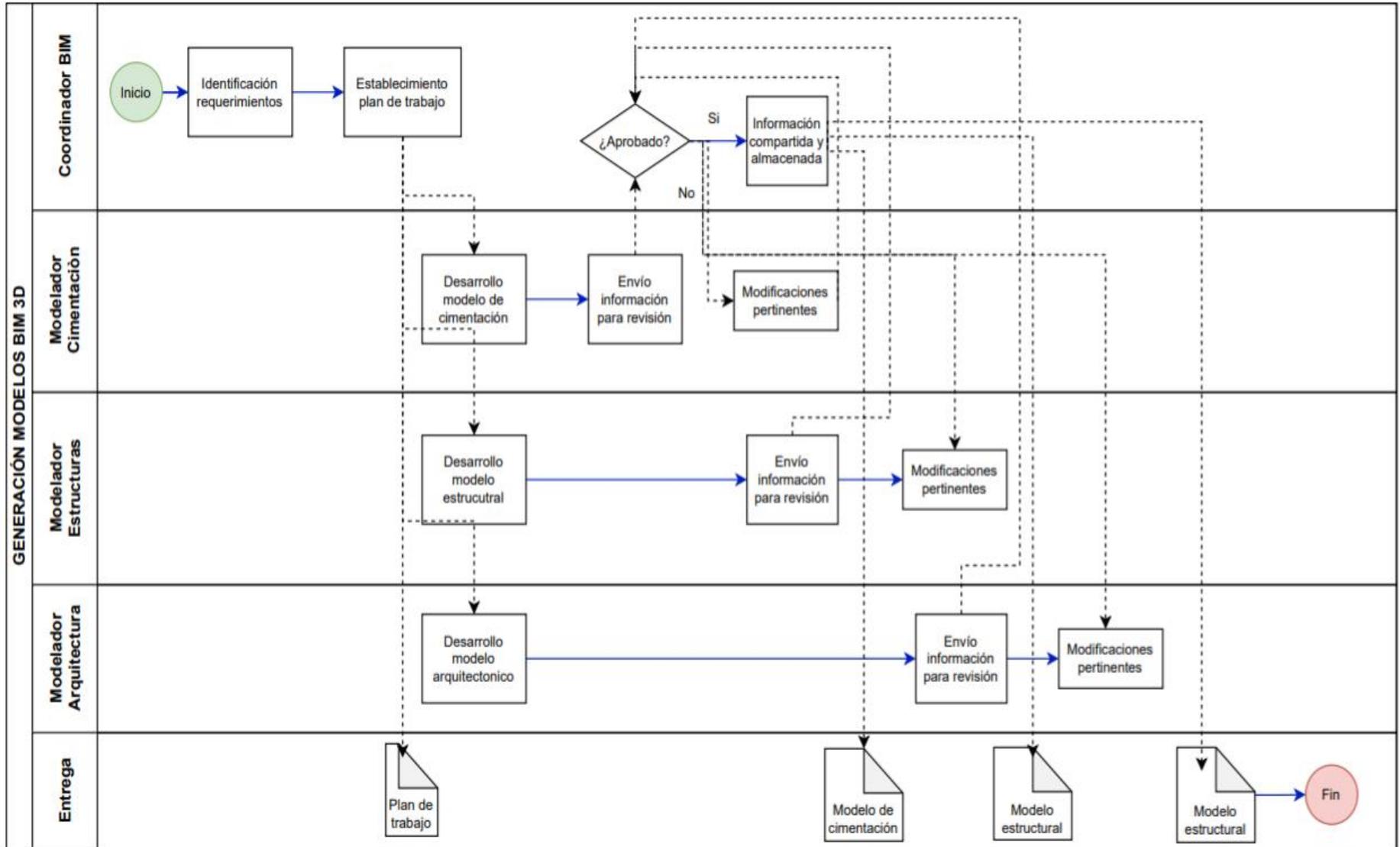


Ilustración 8. PROCESO PARA LA GENERACIÓN DE MODELO BIM 4D Y 5D

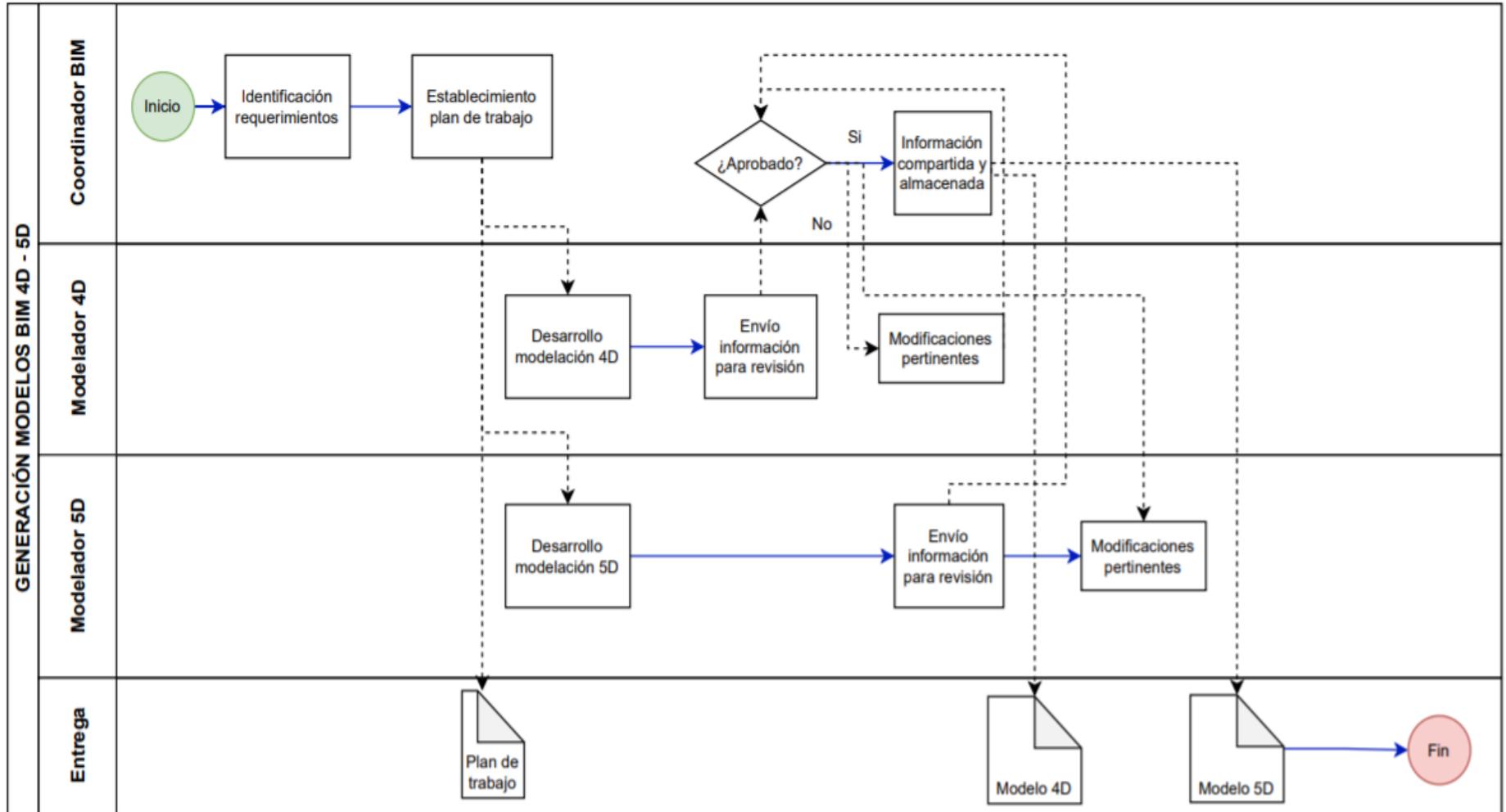


Ilustración 9. PROCESO PARA LA VERIFICACIÓN Y MODIFICACIÓN DEL MODELO

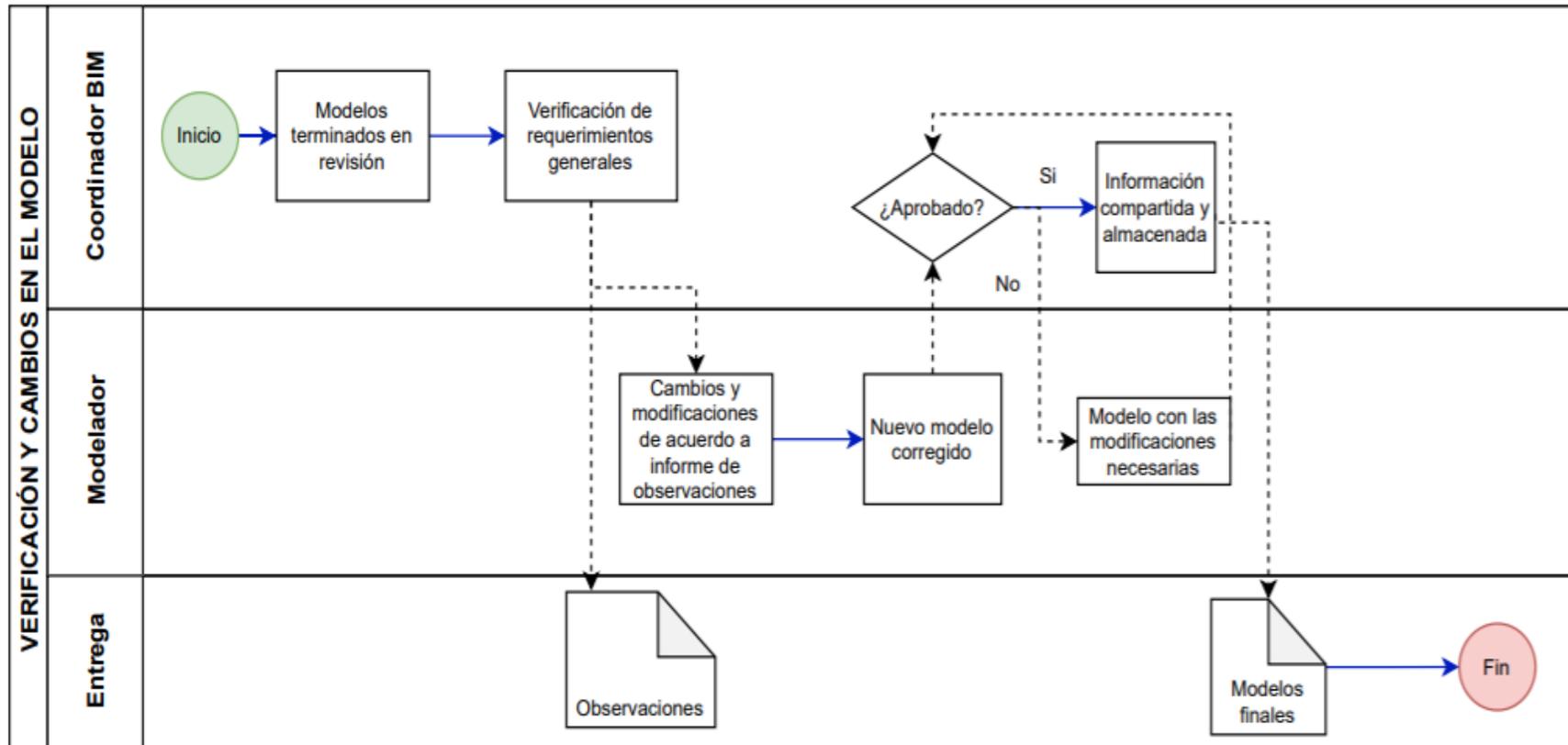


Ilustración 10. PROCESO PARA EL INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN CON LOS AGENTES INTERESADOS

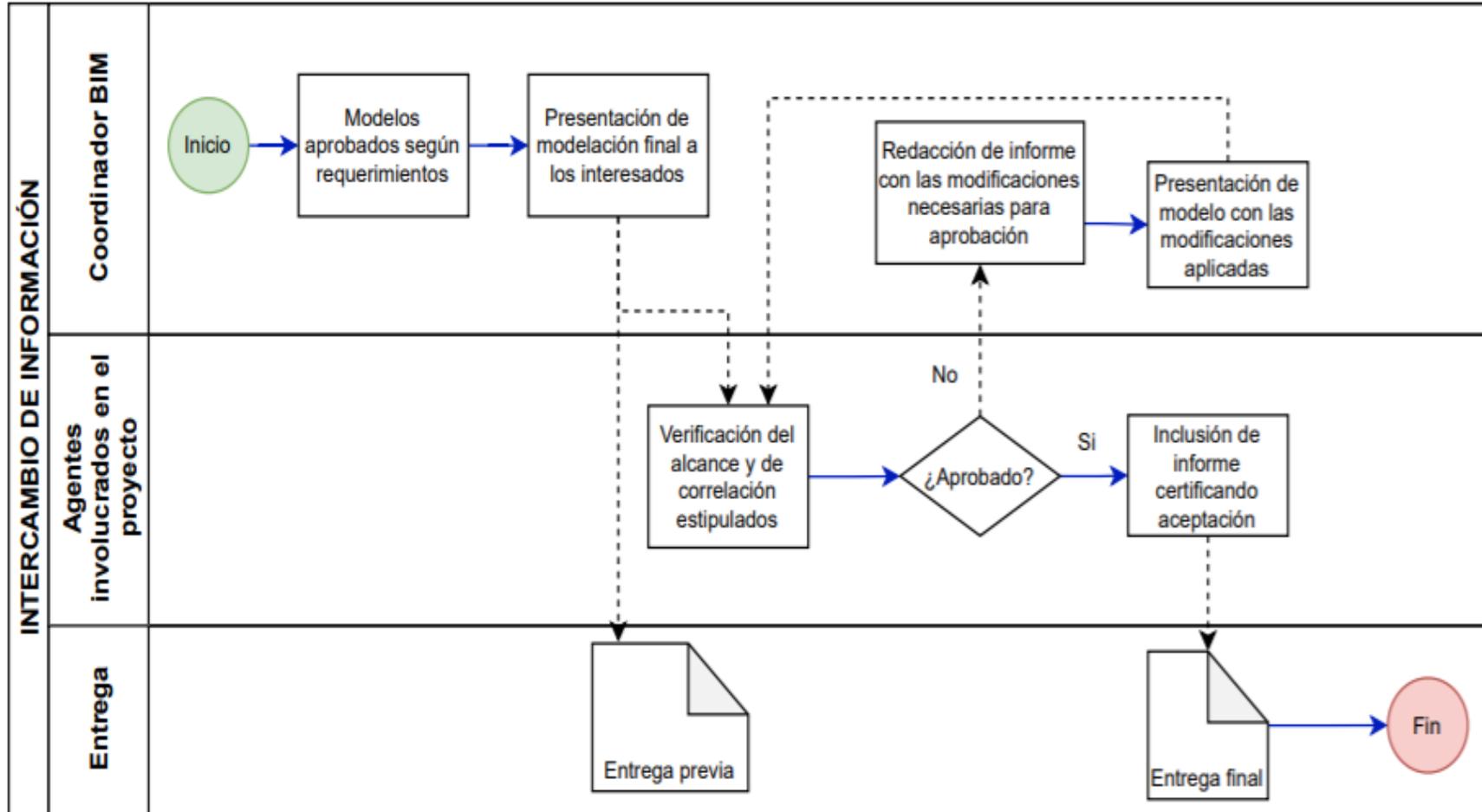
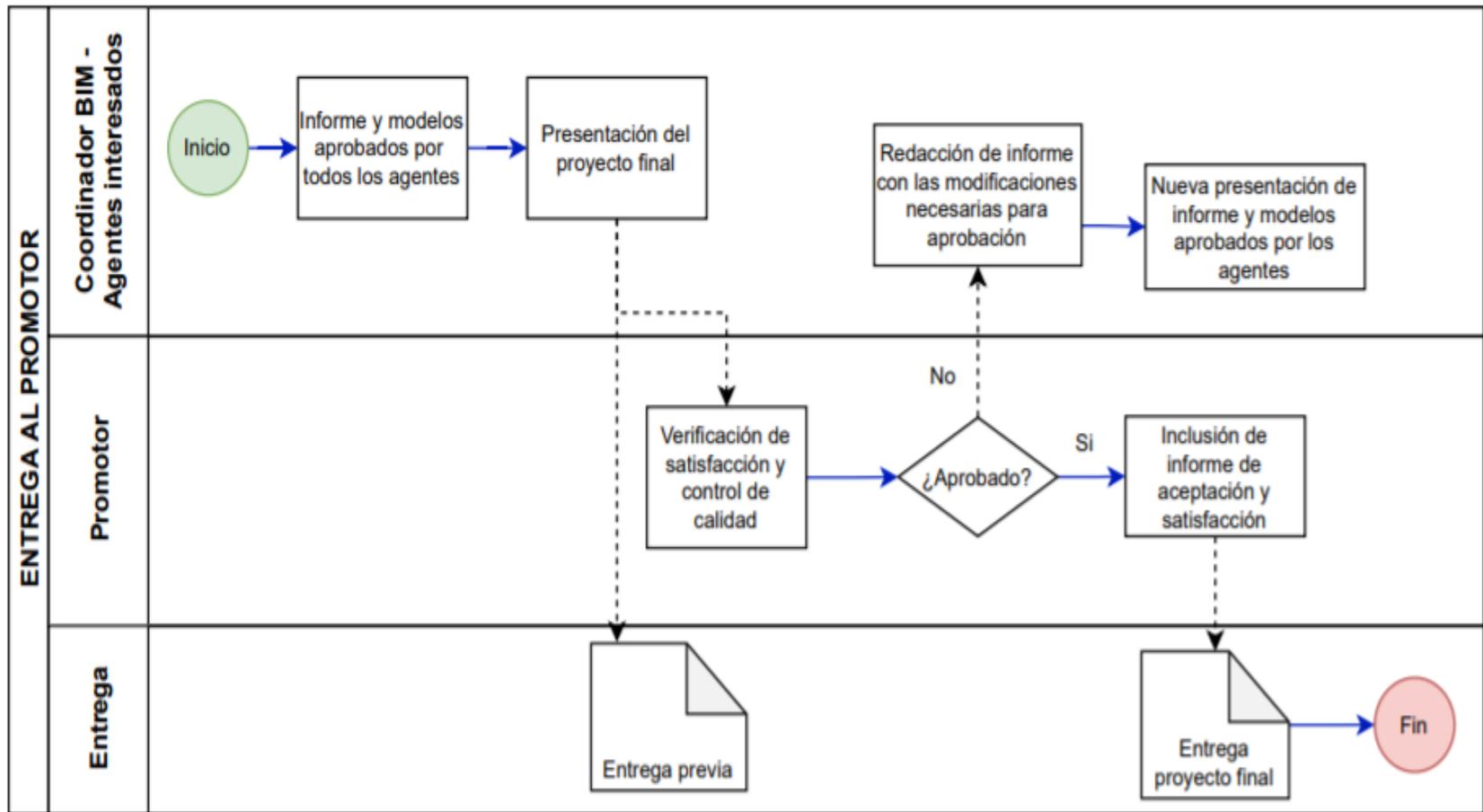


Ilustración 11. PROCESO PARA LA ENTREGA FINAL DEL PROYECTO AL PROMOTOR



## CIERRE

Este documento ha sido generado como seguimiento a todo el proceso BIM aplicado al proyecto en estudio, sin embargo, hasta no iniciar con el mismo no se conocerá de fondo el alcance total que el BEP puede tener al finalizar el proyecto, por esta razón es importante enfatizar en el término “documento”, en donde sin importar si está incluido o no alguna incidencia o algún proceso de ejecución siempre se estará dispuesto a completar o modificar el mismo.

Algunas tablas expuestas en el documento serán únicamente guía al momento de presentar algún proceso o información, estas están enfocadas al formato de registro más que al propio contenido expuesto, no se debe cerrar a lo último ya que producirá entregas incompletas de información relevante.

## 4. MODELACIÓN DIGITAL

### MODELADO 3D

La modelación en 3D se realizó con ayuda del software REVIT de la empresa Autodesk, se usó la licencia estudiantil y junto con información previa de planos constructivos facilitados por el tutor, se procedió a realizar el modelo. Con base en el alcance inicial del proyecto, no se contemplará ámbitos arquitectónicos en este estudio, únicamente estructural y de cimentación, enfoque que nos permite lograr con el objetivo principal de este informe.

La facilidad de contar con los planos 2D constructivos permitirá conocer varias características particulares de los elementos a modelar (tipo de perfil, longitudes, recciones, etc.) durante la ejecución de este modelado no se hablará de medidas o cálculos, se parte del hecho que los planos constructivos contienen toda la información necesaria para dibujar. Cabe aclarar que el procedimiento de dibujo coincidirá con la metodología constructiva, de esta misma forma se presentado el informe.

Para dar uso de los planos en 2D, se insertarán en el modelo desde el origen CAD, de esta forma facilitar el proceso de escala. Cada vez que se hable en el presente sobre la utilización de los planos 2D, se partirá de la premisa que estos ya fueron escalados correctamente para su uso de acuerdo a las dimensiones reales.

#### Rejilla (Plantas – Secciones)

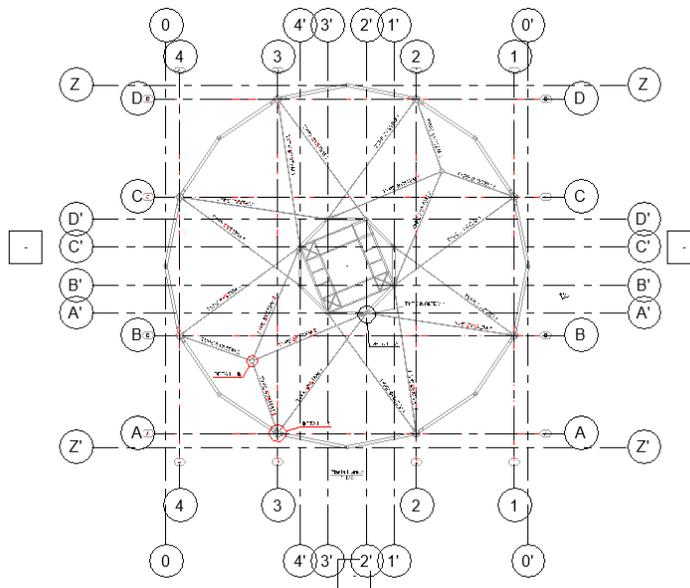
Para empezar con el modelado, se dibujaron los niveles y las rejillas necesaria, para ello se usaron los planos constructivos 2D, en estos se presentan los planos en planta y en perfil que nos guiarán para definir ejes y rejillas. Las vistas en perfil definirán los niveles que se crearán, estos niveles pueden estar separados por pisos, secciones o escogencia directa del modelador, para el caso del presente los niveles fueron creados de acuerdo a las secciones que los mismos planos 2D ilustraban. En la Ilustración 13 se visualizan el total de los niveles creados, la numeración será definida libremente.

Ilustración 13. NIVELES



Las vistas en planta de los planos en 2D, definirán la rejilla, en este sentido, las rejillas serán creadas de acuerdo a la intersección de las columnas como se ve en la Ilustración 13; identificando estas intersecciones simplemente se dibujarán las rejillas siguiendo el orden. De igual forma, el nombre de los ejes será escogidos libremente, es importante que se puedan identificar claramente la etiqueta de los niveles y las rejillas, que estas no coincidan ni sean similares, durante todo el proyecto se utilizarán.

Ilustración 12. REJILLAS



Cada vez que las secciones cambien de tipología, de la misma forma las rejillas deberán cambiar, de esta forma es importante crear estas rejillas desde la planta 0 para que puedan ser visualizadas en todos los niveles, por cada columna vista en planta se debe crear la intersección de la rejilla, si el diseño cambia desde cierto nivel, estas rejillas deberán contemplar esa variación.

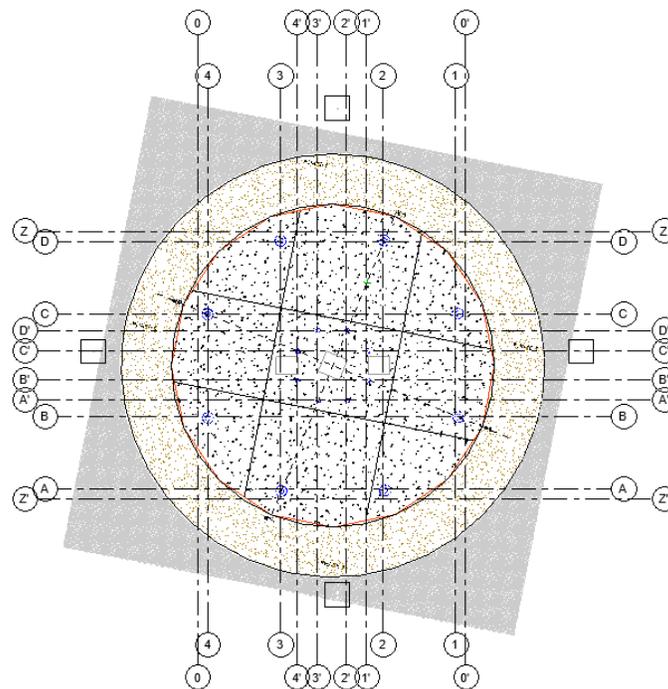
Para el caso del proyecto en estudio, se realizaron dos rejillas, internas y externas, ya que tenemos núcleo externo e interno en la torre; de esta forma completamos en total una rejilla de 10 x 10, contemplando las mismas en todos los niveles, en total el proyecto.

## Cimentación

La cimentación esta conformada por una losa de cimentación, de acuerdo a los planos, 4 m de espesor más una sobre placa de 0.1m como cama de la cimentación. De igual forma como se dibujaron las rejillas, la placa de cimentación será dibujada. Se define el nivel de inicio y el nivel al que va a llegar la cimentación, en este sentido, se define como nivel de inicio el nivel de “cimentación” proyectado hasta el nivel 1, cumpliendo así los 4.1 m.

El croquis de la placa de cimentación es poligonal, de tal forma se debe dibujar arista por arista, es acá donde el uso de planos de diseño es necesario, estos presentaran el contorno de la cimentación, Ilustración 14, y ahí mismo los ejes donde se ubicarán las columnas.

Ilustración 14. PLACA DE CIMENTACIÓN



Es importante tener en cuenta que para ubicar los planos 2D en el proyecto se debe referenciar un punto, de tal forma siempre coincidirán los elementos a diseñar de acuerdo a los planos constructivos. Estos puntos de referencias se buscan que sea un elemento a construir el cual garantice no se moverá de su punto. En la Ilustración 16 se visualiza la placa de cimentación luego de ser dibujada, dibujo realizado desde planta; en la Ilustración 15, se visualiza la placa desde una vista 3D.

Ilustración 16. CIMENTACIÓN EN PLANTA

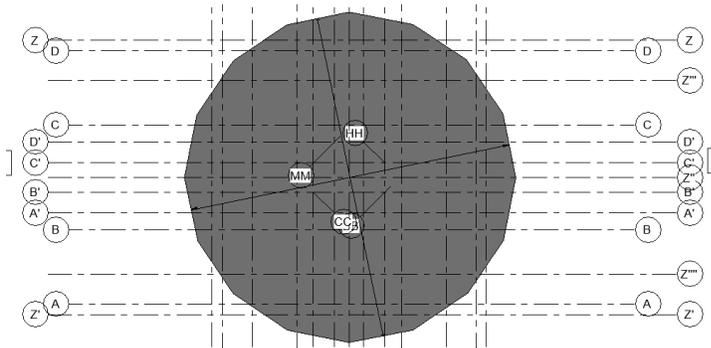
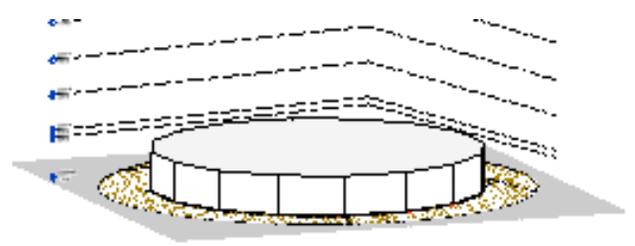


Ilustración 15. CIMENTACIÓN EN 3D

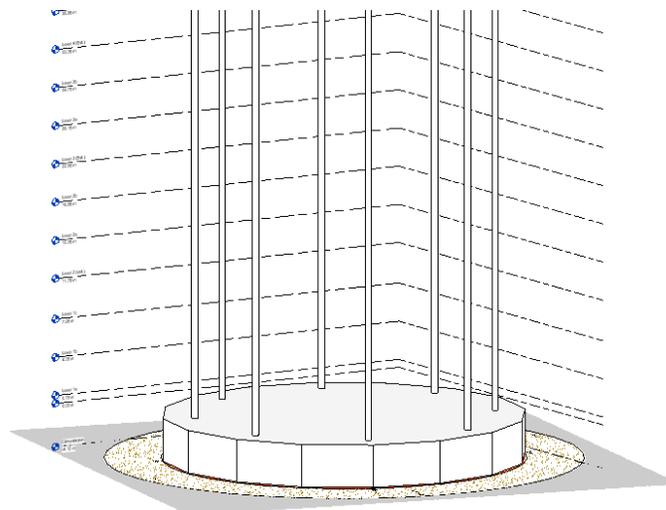


## Columna

Para la modelación de las columnas se debe tener en cuenta varios parámetros, entre el más importante, es la tipología de cada una, es importante tener en cuenta que tipo de perfil se va a utilizar y en caso que no exista, descargar la familia correspondiente para modelar.

Para modelar las primeras columnas, en este caso, externas, se partirá desde el nivel 1 hacia arriba, en los planos 2D se indicará el tipo de perfil a usar; en los mismos se identificarán si esa tipología se mantiene o varía a medida que se va subiendo en niveles. Al presentar el caso, se debe escoger hasta que nivel queremos que se dibuje la columna, este dibujo se deberá realizar sobre una vista en planta, debido a que es la única forma de definir un inicio y fin de la columna en niveles. En la Ilustración 17, se visualiza los primeros trazos de las columnas

Ilustración 17. COLUMNAS NÚCLEO EXTERNO



El punto inicial de las columnas serán las intersecciones de las rejillas, estos puntos al repetirse en los demás niveles, se facilitará la revisión de los mismos. Así como se dibujan las columnas del núcleo externo, se dibujan las columnas internas, teniendo la misma precaución, identificar en qué nivel las secciones de columna cambian. En la Ilustración 18 se visualiza de igual forma el inicio de las columnas del núcleo interno.

Ilustración 18. COLUMNAS NÚCLEO INTERIOR

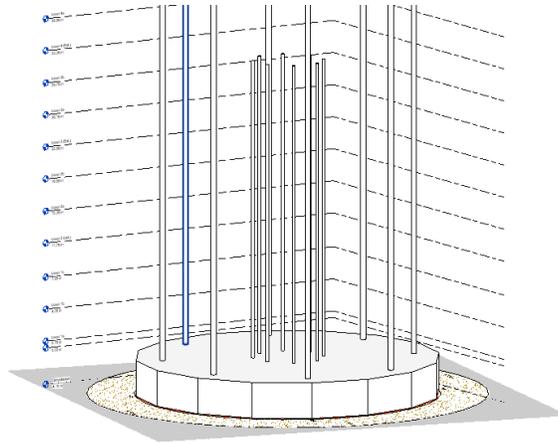
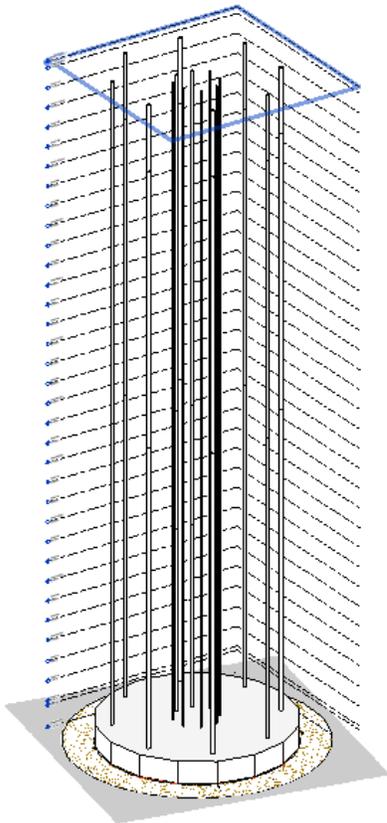


Ilustración 19. COLUMNAS



El desarrollo completo del modelado de las columnas se visualiza en la Ilustración 19. Es importante tener claro los diferentes tipos de secciones que podemos tener en una sola columna, los niveles ayudarán a conocer ese tope por sección. En caso que por algún motivo la altura de columna supere el último nivel, la sección no se modelará completa debido a que REVIT entiende que el tope máximo de dibujo es el último nivel, si ocurre, generar un nivel más o editar el último nivel y subirlo hasta que llegue al margen de la columna.

El modelo original contiene columnas adicionales en el núcleo externo, pero estas inician en un nivel más arriba, y en vista de cumplir con “dibujar como se construye”, luego de modelar las bases de estas columnas, se modelarán estas.

## Vigas

Para el modelado de las vigas se debe empezar con una rejilla adicional, esta rejilla debe indicar la posición de las vigas por cada nivel. Con ayuda de los planos 2D se conoce los puntos donde se ubicarán las vigas, en la Ilustración 20, se visualiza esta nueva rejilla que guiará el trazado de las vigas. Así como las rejillas anteriores se replicarán en todos los niveles, la rejilla de las vigas tendrá en mismo efecto.

Ilustración 20. REJILLA VIGAS

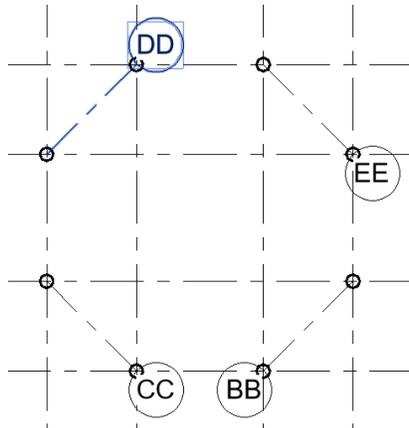
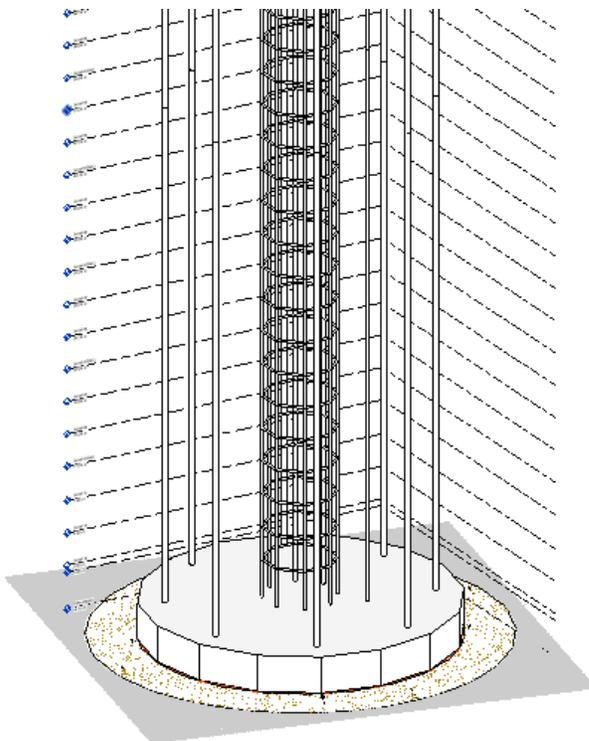


Ilustración 21. VIGAS

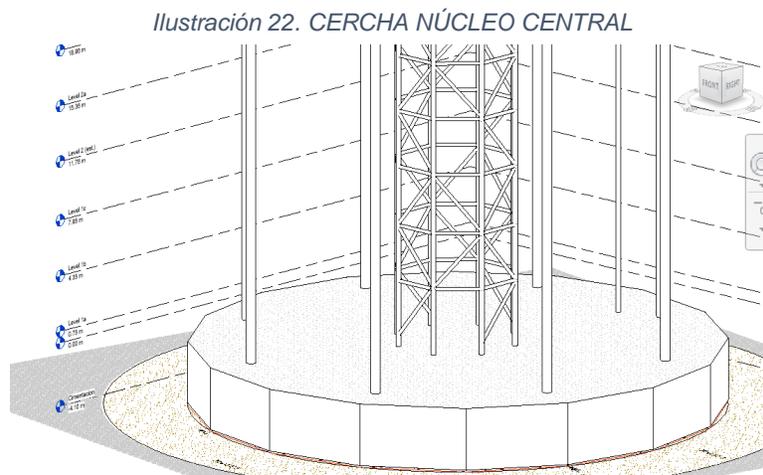


Para modelar todas las vigas del proyecto basta con dibujar las vigas de un nivel completo, aprovechando la simetría de la torre, basta con copiar y pegar estas vigas y ubicarlas en el siguiente nivel. Se debe tener en cuenta que al duplicar estas vigas y ubicarlas en otro nivel, se debe confirmar que la tipología sea la misma, en caso que se duplique una sección, pero en el nuevo nivel esta viga cambie, basta con seleccionar el elemento y en propiedades cambiara la sección o descargar una familia. En la Ilustración 21, se visualiza como las vigas quedan duplicadas luego la réplica.

## Cercha

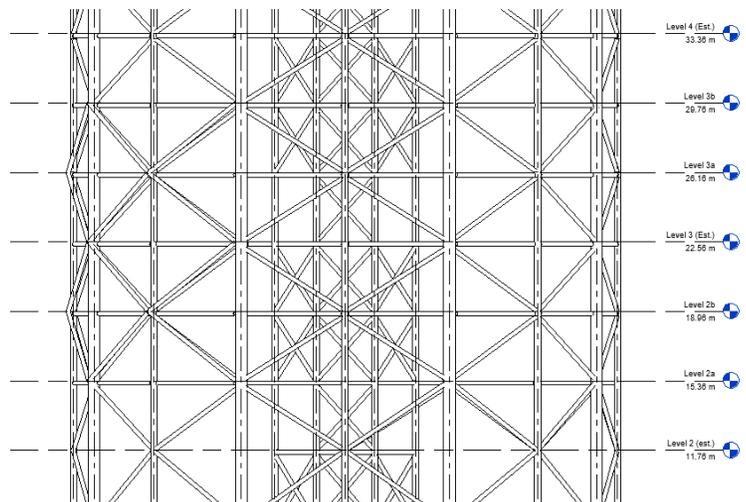
La modelación de la cercha presenta un proceso diferente al que se ha llevado a cabo, esto debido a que el dibujo de esta cercha se debe hacer desde una visita 3D, en esta vista se modelarán columnas no verticales, si no, diagonales, buscando unir de vértice a vértice entre las columnas y las vigas previamente dibujadas.

En la Ilustración 22, se visualiza la cercha del núcleo central del proyecto, la ventaja de este proceso de dibujo, es que se sigue presentado para dar uso a la herramienta de copiado y pegado, teniendo siempre cuidado con la tipología de esta cercha y si cambia con el pasar de los niveles.



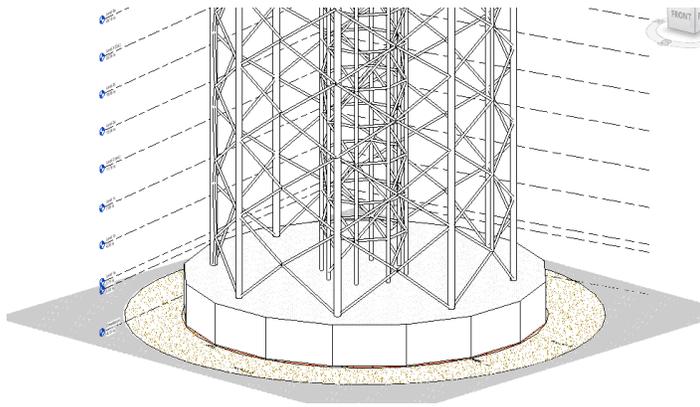
*Ilustración 23. CERCHA EXTERNA*

Para la modelación de la cercha exterior, se llevará el mismo proceso que con el núcleo central, se unirán los puntos entre las columnas y vigas de acuerdo al seguimiento de los planos 2D, para este caso la sección de 1 elemento de esta cercha no varía en la torre, así que se manejará el mismo en todo el proyecto. En la Ilustración 23, se visualiza la forma de la cercha exterior.



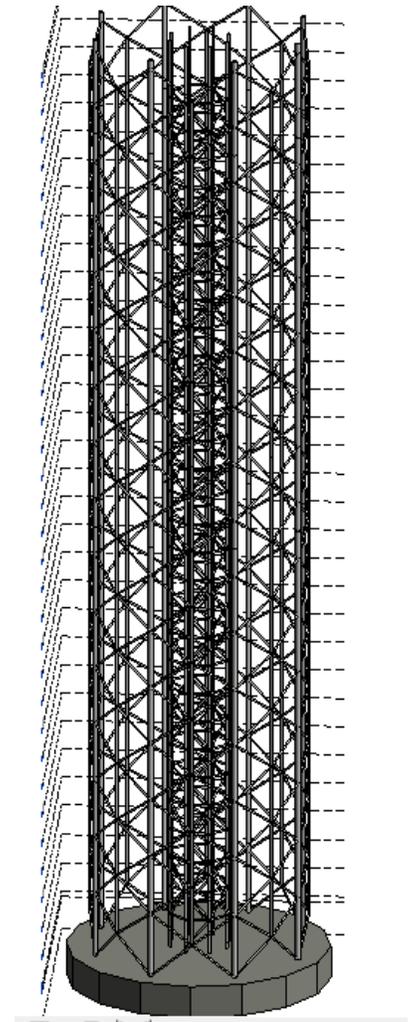
En la Ilustración 25, se visualiza la cercha externa junto con las columnas faltantes por modelar, estas columnas no fueron creadas antes porque no tenían el soporte donde van sostenidas, ahora que ya esta la cercha a la que va anclada, se puede modelar la columna tal cual se hicieorn con las columnas pasadas. Esta columna representa diferente sección.

Ilustración 25. CERCHA - COLUMNA EXTERNA



En la Ilustración 24, se identifica la forma final en la que el modela queda luego de terminar de modelar toda la cercha de la torre, junto con todas las columnas ya modeladas y las vigas en su totalidad presentadas.

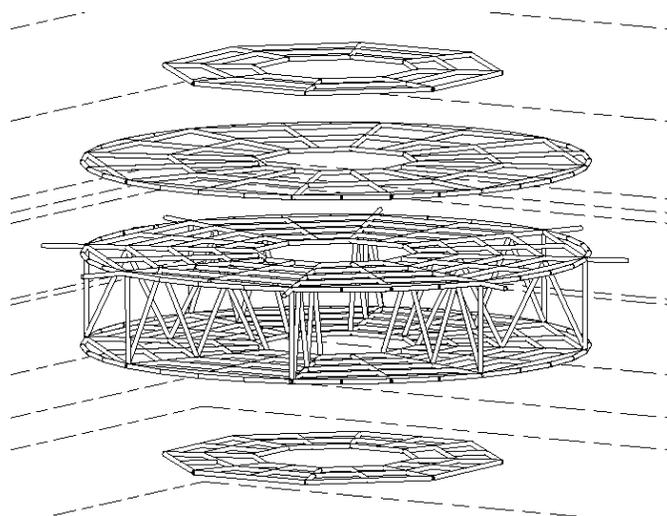
Ilustración 24. CERCHA



## Pisos

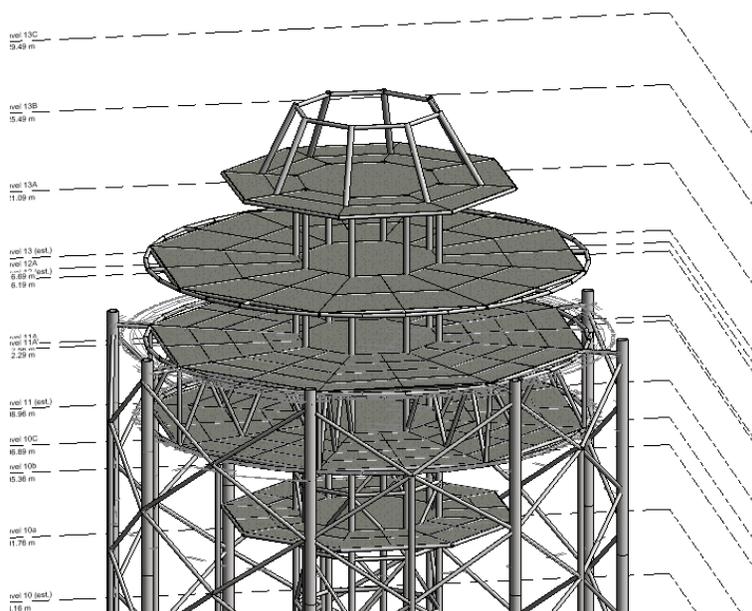
Los pisos serán únicamente vistos en 5 secciones durante todo el proyecto, estas 5 secciones serán las que, de acuerdo a los planos 2D, presentarán carga viva por cumplir un función correspondiente; entre ellas vemos, piso de restaurante, 2 pisos de observatorio, piso de estudio o y el piso de transformación de cargas. Estos pisos tendrán premiamente como base cercha metálica tal cual se visualiza en la Ilustración 26, esta cercha está unida al esqueleto general mediante perfilera circular y su modelado es exactamente similar al modelado de una viga como se ilustró en el paratado de vigas.

Ilustración 26. CERCHA DE PISOS



La cercha será la base en la que se forjarán las losas respectivas, las cuales se modelan como un contorno básico de una cimentación, escogiendo la característica tipo de la losa y dibujando el contorno visto en planta de cada piso. Debido a que el piso debe tener en el centro la luz, para que se puedan modelar las escaleras, el contorno que se debe dibujar debe ser el externo y el interno (el que define el tamaño de la luz), para que con esto REVIT pueda dimensionar la losa como las áreas que se encuentran entre los dos contornos y no modelara un piso completo. En la Ilustración 27 se visualiza la forma final en la que quedan modelado los pisos a partir de la cercha base.

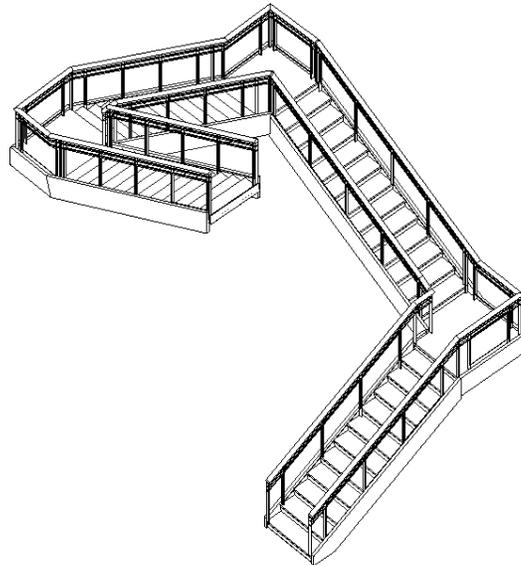
Ilustración 27. PISOS



## Escaleras

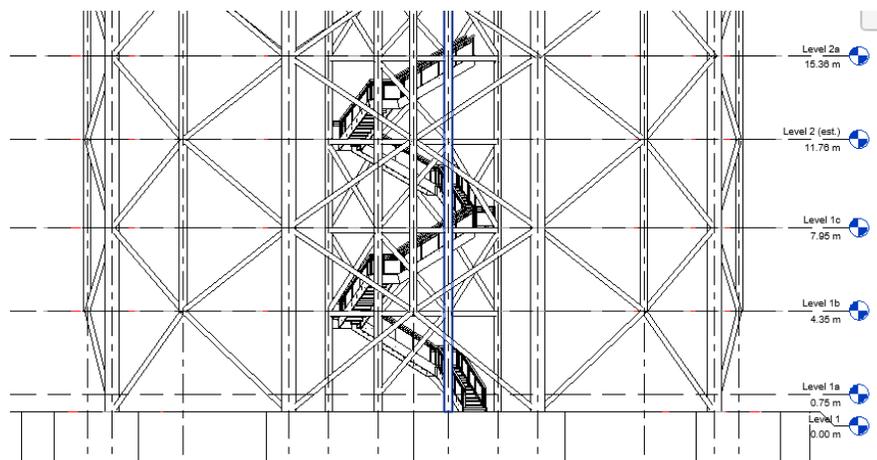
El modelado de la escalera se realiza de acuerdo a la guía mostrada por lo planos 2D, donde indica la altura en la que se encuentran y así mismo el tipo de escalera con sus respectivas barandillas y escalones previos ya diseñados. En primera instancia se escoge la tipología de escalera y barandilla, la primera de acuerdo a los planos, escalera cuadrada en forma de espiral y con barandillas en vidrio en todo su diseño. De acuerdo a esto, en la Ilustración 28, se visualiza la escalera tipo que se usa para este proyecto.

*Ilustración 28. ESCALERA TIPO*



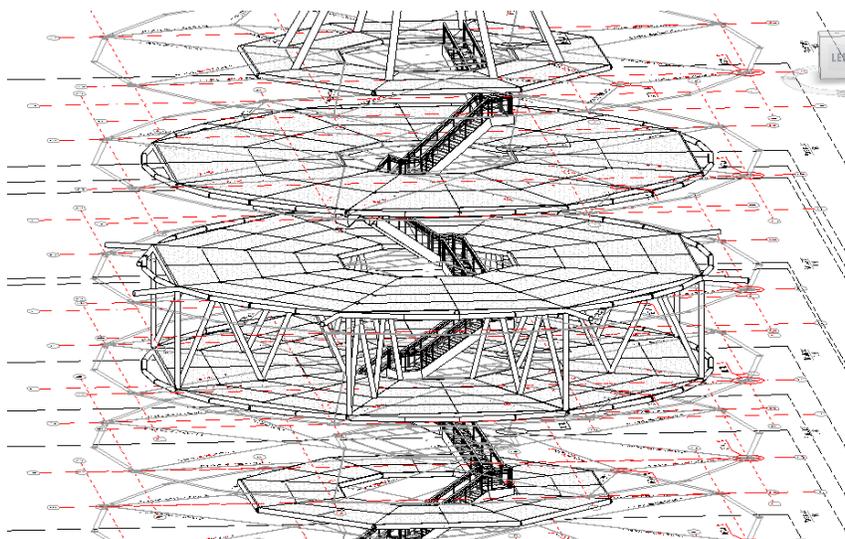
Definiendo el tipo, se procede a realizar el modelo en planta, este modelado se realiza en planta porque facilita su dibujo, ya que únicamente se necesita el eje central de la escalera y el contorno de la misma, definiendo el nivel de origen y el nivel final, automáticamente todos los demás parámetros son definidos automáticamente. Al modelar en planta las escaleras, los descansos entre los mismos son realizados de forma automática, cumpliendo con el mismo tipo de barandilla escogido y manteniendo la armonía con la escalera también. En la Ilustración 29 se visualiza una sección de escalera modelada.

Ilustración 29. SECCIÓN DE ESCALERA



Definiendo una sección de escalera previa y aprovechando la simetría del proyecto, basta con copiar y pegar las diferentes secciones definiendo únicamente un nivel de inicio cada vez que estas secciones sean duplicadas. EN la Ilustración 30, se visualiza la última sección de escalera modelada en el proyecto y de igual forma, se visualiza como esta pasa a través de la luz de los pisos que previamente se acaban de modelar.

Ilustración 30. ESCALERA



Cuando se termine de duplicar las secciones de escalera de todo el proyecto, se presentaran descansos sin modelar, estos descansos corresponden a los descansos entre secciones copiadas; para modelar estos descansos se dibujaran estos con el mismo procedimiento que se hizo con los pisos, dibujando un contorno con ayuda de los planos 2D.

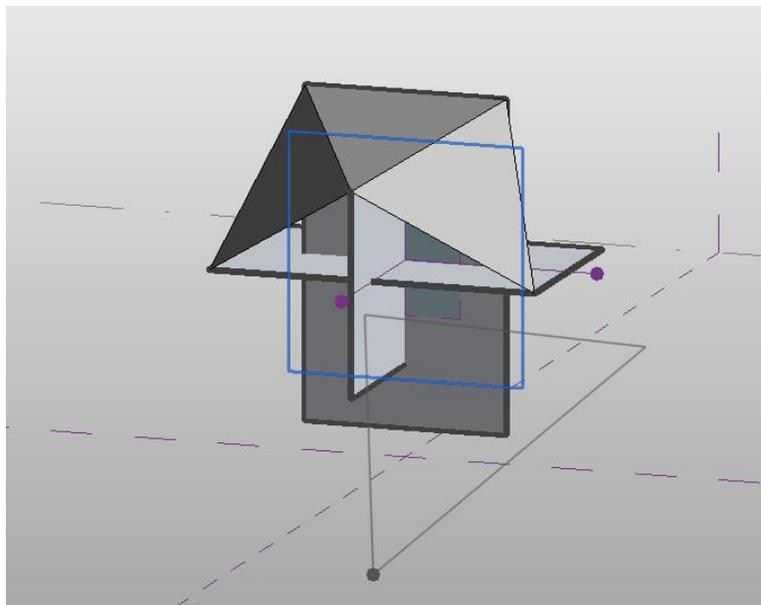
Las barandillas de estos descansos también serán modelados directamente desde la opción de barandilla y únicamente en tipo se escogerá el mismo con el que se modelaron las secciones de escalera.

## Esfera

La modelación de la esfera conlleva un proceso particular, este proceso se debe a que esta esfera es incluida en el proyecto directamente como familia, esto quiere decir que corresponde a un elemento independiente del modelo, elemento insertado como bloque el cual solo es modificado en cuestión de tamaño. Para crear esta familia, se seleccionó el campó necesario para esto que corresponde a “masa conceptual”, un espacio independiente del área de trabajo donde hemos venido modelando y que esta disponible únicamente para crear elementos y que estos sean cargados como familia.

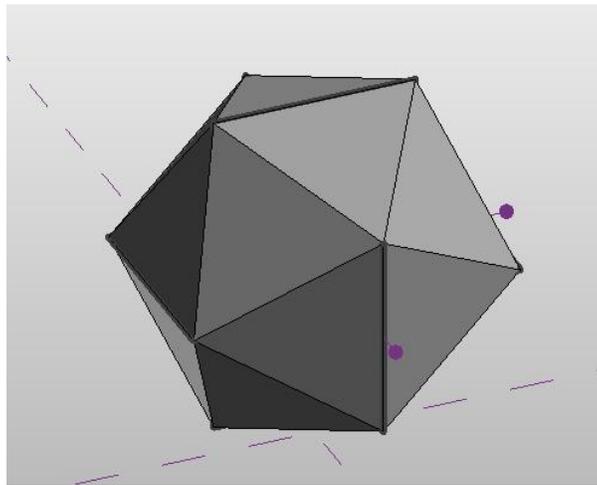
Estando en el área de trabajo de “masa conceptual”, se debe empezar definiendo un núcleo central de guía que ayudará a formar el primer isométrico, este primer isométrico deberá estar definido por triángulos ya que la esfera tiene este comportamiento. Definiendo este núcleo central de guía, como se visualiza en la Ilustración 31 se empieza a unir las aristas de cada lado del núcleo entre ellas mismas, siempre cumpliendo con el objeto de formar triángulos regulares.

*Ilustración 31. NUCLEO CENTRAL ESFERA*



Definido ya este primer núcleo y después de haber unido las aristas entre sí, se obtiene un isométrico visualizado en la Ilustración 32, este isométrico solo es la base con la que se modelará la esfera. El objeto de poder definir la esfera creándola desde familia, es que facilita el poder incluirle a estos parámetros geométricos que permitan identificarla como esfera y no como un objeto en el espacio irregular. Partiendo de esto, se buscará hacer de este isométrico lo mas esférico posible, partiendo sus caras cuantas veces sean necesarias y así formar aristas pequeñas que simulen un perímetro circular.

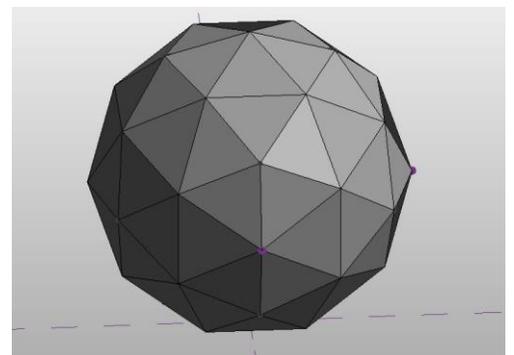
*Ilustración 32. ISOMETRICO BASE ESFERA*



Para lograr con lo anterior, se deberá dividir cada una de las caras triangulares en pequeños triángulos dibujados desde planta, es decir, reemplazar cada una de esas caras por 4 triángulos isósceles, con esto no solamente se generarán más vértices si no definiremos con mayor detalle la esfera final a la cual queremos llegar.

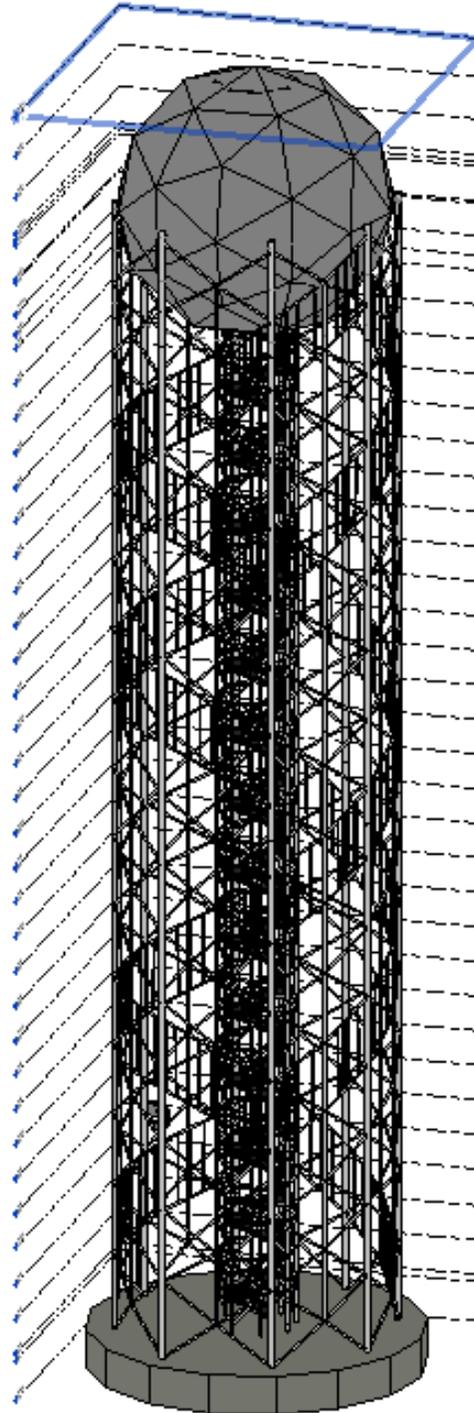
Se buscará poder definir la misma distancia del centro de la esfera a cualquiera de sus vértices, con objeto de asegurar su forma esférica, aquí la inclusión de parámetros de radio es fundamental para que REVIT entienda la instrucción, es por esta razón que la creación de este isométrico debía ser creado desde el campo de familia. Luego de aplicar lo anterior, la esfera queda lista para ser agregada en el proyecto final, en la Ilustración 33 se visualiza su estado final.

*Ilustración 33. ESFERA*



Al tener nuestro último elemento modelado, se agrupa todo en uno solo y de da por terminado nuestra modelación 3D, en la Ilustración 34 se visualiza el estado final del proyecto “Alphabetic Tower”

*Ilustración 34. TORRE DEL ALFABETO - ALPHABETIC TOWER*



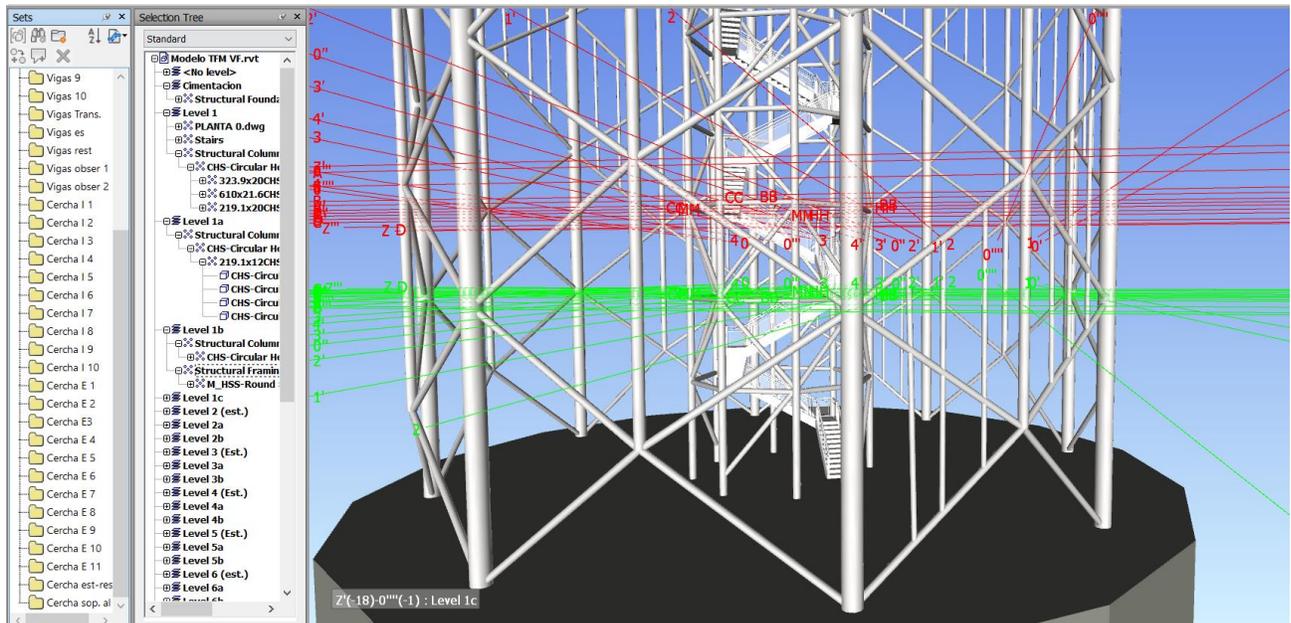
## MODELADO 4D

Luego de tener definido todo nuestro modelo 3D, se continua con la metodología BIM aplicando la modelación 4D, esta consiste en definir y simular de forma gráfica el proceso constructivo con el que se realizará el proyecto con ayuda del software NAVISWORKS de la empresa Autodesk, empezando con la integración de nuestro modelo 3D hasta concluir con una simulación del proceso constructivo mediante el enlace de las tareas constructivas elaborado mediante de una programación en Project.

### Árbol de selección

En primera instancia se deberá insertar el 3D de REVIT a NAVISWORKS, luego de tener el modelo insertado, se abrirá la pestaña de “árbol de selección”, esta pestaña mostrará todos los elementos modelados en REVIT por nivel, estos estarán definidos de acuerdo al nombre técnico del elemento. En la Ilustración 35 se visualiza el modelo insertado en NAVISWORKS y el árbol de selección del mismo.

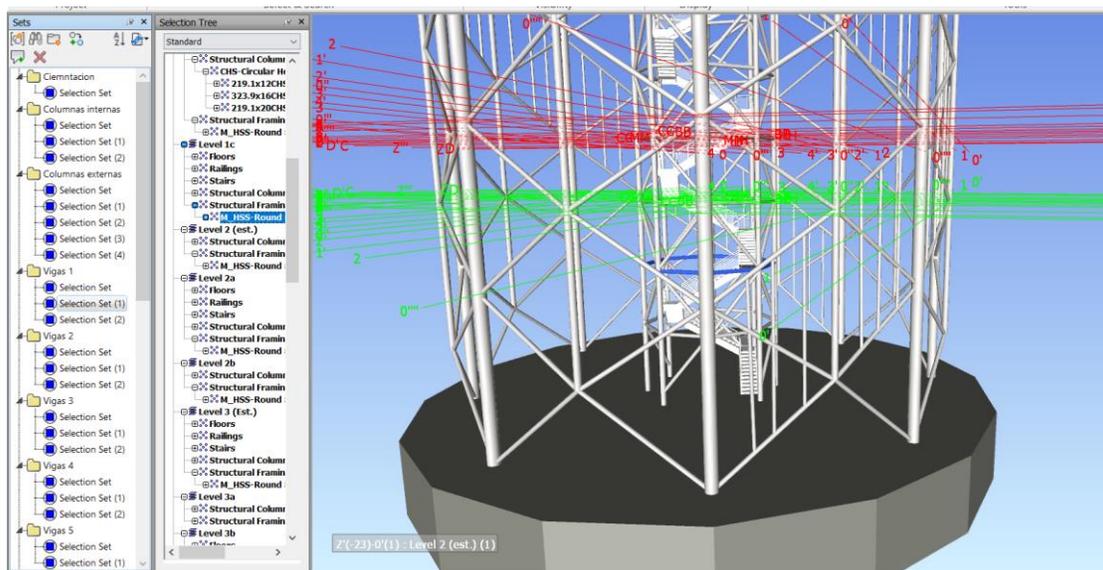
Ilustración 35. ARBOL DE SELECCIÓN



## Grupos de elementos

Con el árbol de selección abierto, se dispone a crear las carpetas de elementos, estas carpetas contendrán todos los elementos que corresponden a una tarea que tengamos presupuestada en el Project, es decir, que cada tarea del Project coincida con el nombre de la carpeta porque esta a su vez contendrá todos los elementos según la programación. En la Ilustración 36 se visualiza las carpetas creadas con sus respectivos elementos.

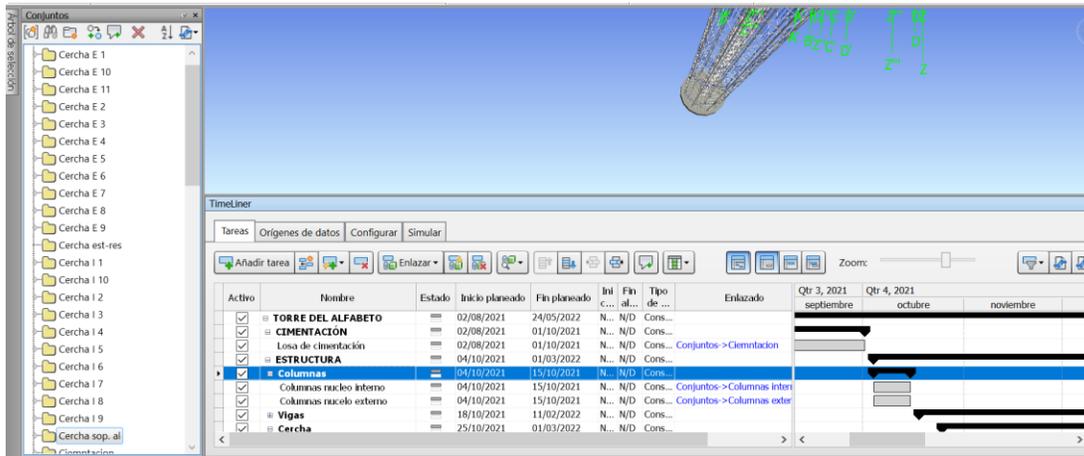
Ilustración 36. GRUPOS DE ELEMENTOS - CARPETAS



## TimeLiner

Cuando se tengan definidas las carpetas, se insertará el Project con la programación de obra del proyecto de estudio (en los anexos se presenta la programación de obra realizada). Para agregar la programación a NAVISWORKS se deberá activar la opción de “Timeliner” y en orígenes de datos seleccionar la opción de insertar “archivo de Project”. Cuando el Project esté insertado en el Timeliner confirmar que los tiempos y fechas coincidan con lo programado. En la Ilustración 37 se visualiza la programación de obra incluida en el Timeliner.

Ilustración 37. TIMELINER - PROJECT

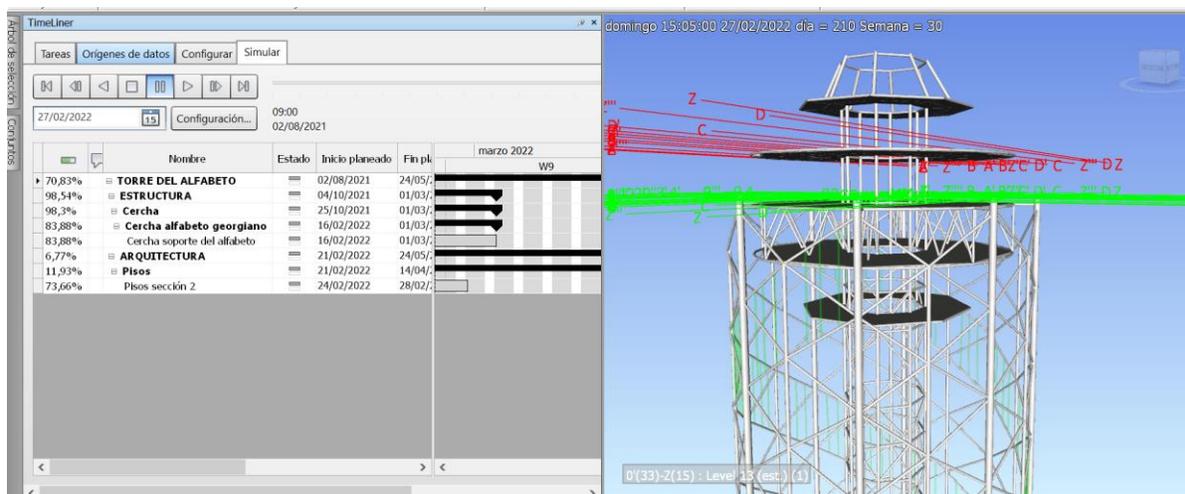


Luego De tener incluido el Project, se deberá enlazar las tareas de programación con sus respectivos elementos, acá en cambio de enlazar elemento por elemento, se enlazará la carpeta que contendrá los elementos. Para enlazar las tareas únicamente se ubica selecciona la casilla que desea enlazar, luego la carpeta que va a enlazar y finalmente hacer clic en “enlazar”. Cabe connotar que hay varias opciones para enlazar el Project al modelo, esta solo es una de ellas.

### Simulación

Con la el Project y los elementos enlazados, solo hace falta realizar la simulación y comprobar que los elementos sean construidos de acuerdo a nuestra programación. En la pestaña de “Simular” se dará play en el video y automáticamente empezará a ejecutar la construcción. En la Ilustración 38 se visualiza parte de la simulación realizada.

Ilustración 38. SIMULACIÓN PROYECTO



Finalizando y comprobando la simulación de acuerdo a la programación de Project, se da por terminado el modelado en 4D. En la Ilustración 39 se visualiza el proyecto luego de la simulación de programación.

Ilustración 39. MODELADO 4D



## 5. RESULTADOS

- Se modeló el proyecto cumpliendo con los objetivos planteados en un principio, generando el modelo 3D y 4D, junto con su Plan de Ejecución. En este último, se definieron todos los parámetros de entregas para cada área, estas entregas definidas de acuerdo al tiempo disponible de entrega y con revisiones constantes requeridas por el cliente o por el supervisor encargado.
- A partir de la modelación 4D, se definió el proceso constructivo permitiendo saber a priori, el mecanismo que se llevará a cabo y como será la evolución del mismo en el instante en el que se empieza a construir, de igual forma y con ayuda visual, se conoció cada elemento de la estructura y en qué tiempo real será instalado en la construcción.
- La modelación 3D, permitió definir cada una de los elementos con más precisión y así mismo poder materializar un poco más el proyecto antes de empezar su concepción en la construcción; el conocer con anticipación este modelado, permite controlar las posibles interferencias, tanto en elementos como entre disciplinas, y en caso de ser necesario reorganizar los tiempos o incluso modificar elementos del proyecto que pueden ser mejorados o están siendo inutilizados.
- Responsabilizar a los involucrados del proyecto mediante la asignación de tareas, tal cual se expresa en el BEP, permite tener mayor control del personal, conocer de fondo el rendimiento general de cada uno y al permitir acercarlos más al proyecto, poder lograr una identidad con el mismo para que su esfuerzo y dedicación sean la mejor posible.
- Cuando en la planificación de un proyecto las diferentes responsabilidades de gestión recalcan sobre uno solo, la distribución tareas esta mal ejecutada, caso ocurrido en el proyecto de estudio, donde uno solo debió ser el management de todas las áreas. La realización de un Plan de Ejecución permitirá distribuir estas cargas y mejorar la realización de las tareas, un árbol de distribución de personal, presentado en el BEP, puede ser una de las muchas herramientas que mejoren la coordinación de un proyecto.

- Para métodos constructivos por prefabricación, como es el caso real de este proyecto, la modelación 3D antes de empezar con la construcción es la herramienta más útil que se le puede ofrecer al proyecto, conocer a priori los elementos necesarios para instalar y definir con anterioridad al fabricante cantidades y tipologías de estos, mitigarán los tiempos de entregas tardíos e incluso, evitará aglomeración de material en el área de la obra, permitirá siempre tener flujo de material y no desperdicio de este.
- Cada zona de construcción siempre tendrá sus limitantes, ya sea en recursos o en espacio (para este proyecto el mayor limitante fue este, no podía superar la construcción una altura mayor a la que maneja la grúa disponible en obra), modelar previamente el modelo, conocer sus limitaciones previstas de acuerdo a los análisis vistos en la zona, en alguna ocasiones provocarán continuos cambios en los diseños constructivos que sin duda alguna provoca fastos en tiempo no previstos; ahora bien, con un modelo 3D y 4D, estos cambios podrán hacerse infinidad de veces y siempre podrán ser actualizados al instante, es más, realizar cambios en planos hasta obtener el más óptimo no conllevará todo el tiempo que conlleva los planos 2D, parte de esta modelación es facilitar la ediciones en las estructuras, en función de cumplir con los requerimientos, analizar varias alternativas y de estas tener completa segura que de todas las posibles siempre es de escoger la mejor.
- Cuando la construcción se realiza por subcontrataciones, caso real de la construcción de este proyecto, comunicar y recopilar la información entre áreas siempre presentará ineficiencias porque de fonde la correlación entre agentes nunca se ve claramente, esta mala praxis ocasiona estancamientos en la ejecuciones y tiempos muertos en unas mientras otras modifican los cambios pertinente; pero con la interdisciplinariedad que se maneja al aplicar esta metodología, cualquier cambio en el modelo o en la concepción del proyecto, será identificado ante todos los agentes involucrados en el mismo, siguiendo el procedimiento de entregas previsto en el BEP y relacionando el modelo 3D al 4D, los cambios serán actualizados al instante y no habrá tiempo muerto en ese canal comunicativo.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Aunque no se evaluaron todos los puntos específicos de lo que conllevó la construcción tradicional del proyecto descrito, se evaluaron los puntos más críticos, logrando entender las dificultades que se obtuvieron al momento de la concepción del proyecto, obteniendo para cada una, la mejor alternativa luego de aplicar la metodología BIM, recreando así múltiples soluciones aun mismo problema.
- En función de especificar y estudiar afondo, ya como metodología investigativa, el estudio comparativo arrojará más áreas de análisis, pero, aunque no se trate de identificar falencias de un proyecto, es clave, desde una visión de experiencia profesional, identificar las mejorar para ser aplicadas en futuros proyectos
- El trabajo de implementación de la metodología BIM debe ser un aplicativo constante a medida que se indica con su implementación, esta claro, que debido a que cada proyecto es completamente distinto, no es fácil tener una guía unificada para uso general, es importante de acuerdo a la experiencia y adversidades presentadas en los proyectos, que los conocimientos se afiancen cada vez más y optimizar al máximo la metodología BIM.
- Definir correctamente los niveles de detalle de los elementos a modelar, esto en función del alcance que se le quiere dar con ellos, partiendo del hecho que entre más detallado el modelo mejor su entendimiento, habrá siempre elementos que no son muy imprescindibles en función del objeto principal del modelo, recordar que cada cambio en l modelo será significa en todas las demás fases de la metodología BIM.
- Es clave empezar a estructurar un proyecto desde una correcta planificación, ser lo más detallada y realista posible, no pensar en cumplir tiempos si no en cumplir objetivos generales de satisfacción, estos claramente van más allá de una fecha; entre más detallado sea la plantificación más controlable serán las adversidades y ayudaran a identificar qué aspectos terminan siendo afectados para aislar, corregir y continuar con el proyecto

- La gestión de un proyecto constructivo, esta claro que no puede estar bajo responsabilidad de un solo agente, para de una correcta organización de los recursos humanos, se podrá aprovechar esas manos adicionales, llegar a enfrentarse con un proyecto teniendo claro el personal con el que se cuenta, facilitará la distribución de tareas y así mismo conocer la capacidad de rendimiento con la que se ejecutará toda la metodología BIM.
- Por más que se planifique, gestione u optimice todas las tareas de un proyecto, el trabajo humano será un factor incontrolable. Siempre se está expuesto a los errores humanos y dependerá de nosotros mismo la correcta ejecución de todo un plan de trabajo previsto para la ejecución de un proyecto constructivo. Es fundamental tener esto claro, que habrá decisiones humanas que seguro no están contempladas en nuestra planificación, es importante estar preparados para afrontarlo y en todo momento mitigar estas adversidades. El valor de identidad que una persona pueda tener sobre un proyecto, es el mejor camino para mitigar este factor humano, apoyo constante, seguimiento y aportes constructivos, deben ser los cimientos de esta identidad.

## 7. REFERENCIAS

1. Choclán Felipe, Severino Manuel, Gonzalez Ramon (2014). INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA BIM
2. Garcia Julio, Perez Manuel, Diaz Gaspar (2014). SPANISH JOURNAL OF BIM.
3. Jim Bedrick, Will Iherd, P.E, Jan Reinhardt (December 2020). LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) SPECIFICATION PART I & COMENTARY.

# 8. ANEXO

